



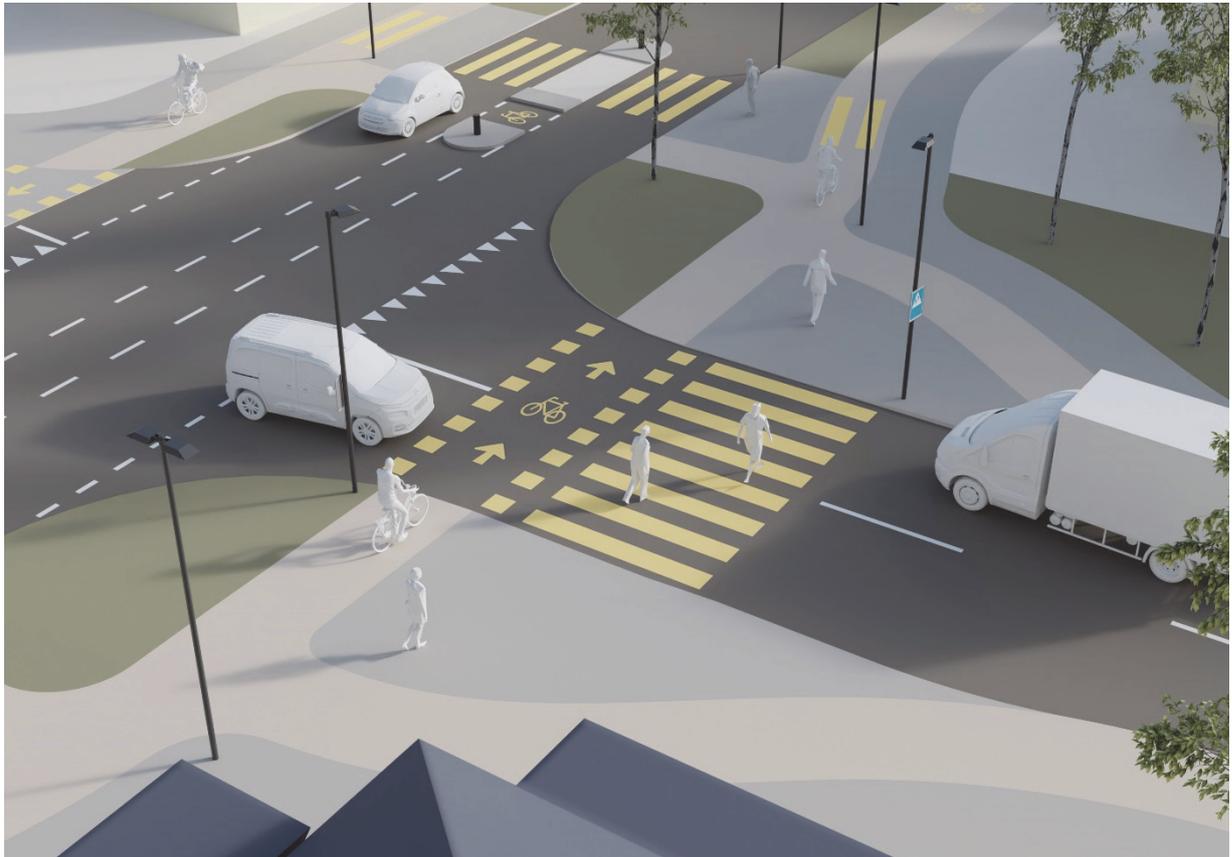
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

metron

TRIDÉE
BERATUNG FÜR NACHHALTIGE MOBILITÄT

zhaw
Architektur, Gestaltung
und Bauplanung
Institut Urban-Landschaft



Entflechtung der Veloführung in Kreuzungen

Studie

22. Februar 2022

Materialien Langsamverkehr Nr. 157

Impressum

Projektleitung

Bundesamt für Strassen ASTRA, Bereich
Langsamverkehr und historische Verkehrswege

Urs Walter

Bearbeitung

Metron Verkehrsplanung AG
Stahlrain 2, Postfach 5201 Brugg

Marco Starkermann

Oliver Maier

Matthias Oswald

Sylvie Thomann

ZHAW Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, Zur Kessel-
schmiede 35, 8400 Winterthur

Ruedi Häfliger

Tridée, Walenburgerplein 104, 3039 AN Rotterdam
Rotterdam

Marjolein de Jong

Mobycon, Hooikade 13, PO Box 2873, 2601 CW Delft, Niederlande

Lennart Nout

Begleitgruppe

Bundesamt für Strassen ASTRA, Bereich
Verkehrsregeln

Stefan Huonder

Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU

Sabine Degener

VSS NFK 5.2 Signale und Markierung

Stefan Thomann

Velokonferenz Schweiz

Kathrin Hager

Oliver Dreyer

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	5
I	Studiendesign	8
1	Ausgangslage	8
2	Vorgehen	9
3	Inhalt	11
II	Studie Ausland	14
1	Übersicht	14
2	A Radweg mit Vortritt	16
2.1	Ausgangslage	16
2.2	Erfahrungen im Ausland	16
2.3	Fazit	19
3	B Velofurt mit Vortritt	20
3.1	Einleitung	20
3.2	Anwendung Kreuzung ohne LSA	20
3.2.1	Ausgangslage	20
3.2.2	Erfahrungen im Ausland	20
3.2.3	Fazit	24
3.3	Anwendung Kreisel	25
3.3.1	Ausgangslage	25
3.3.2	Erfahrungen im Ausland	26
3.3.3	Fazit	32
4	C Velofurt ohne Vortritt	33
4.1	Ausgangslage	33
4.2	Ausgestaltungen im Ausland	34
4.3	Fazit	35
5	D Velofurt mit Lichtsignal	36
5.1	Einleitung	36
5.2	Erfahrungen im Ausland	36
5.3	Fazit	40
6	E Indirektes Linksabbiegen	42
6.1	Ausgangslage	42
6.2	Erfahrungen im Ausland	43
6.3	Fazit	46

III	Umsetzung Schweiz	47
1	Grundelemente	47
1.1	Markierung	48
1.2	Signalisation	49
2	Aufbau Knotenlösungen	51
3	A Radweg mit Vortritt	52
3.1	Grundelemente	52
4	B Velofurt mit Vortritt	55
4.1	Grundelemente	55
4.2	Anwendung bei Kreuzung ohne LSA	58
4.3	Anwendung Kreisel	61
4.4	Anwendung Querung auf freier Strecke	67
5	C Veloquerung ohne Vortritt	68
5.1	Grundelemente	68
5.2	Anwendung Kreisel	69
6	D Veloquerung mit LSA	70
6.1	Grundelemente	70
6.2	Anwendung Umlaufender Radweg	71
7	E Indirektes Linksabbiegen	74
7.1	Grundelement	74
7.2	Standard	75
7.3	Anwendung Gesamtknotensystem	77
8	Ausblick	79
8.1	Übersicht	79
8.2	Radweg mit Vortritt	82
8.3	Velofurt mit Vortritt	82
8.4	Velofurt ohne Vortritt	83
8.5	Velofurt mit Lichtsignal	83
8.6	Indirektes Linksabbiegen	83
8.7	Schlussbemerkungen	84
	Anhang	85
1	Quellenverzeichnis	85
2	Fotoverzeichnis	87
3	Verworfenne Markierungsansätze vortrittsberechtigte Velofurt	88
4	Verworfenne Markierungsansätze indirektes Linksabbiegen	88
5	Anschlüsse gemeinsame Fuss- und Radwege	89
6	Prüfung Höhenabwicklung bei 2m zurückversetzten Velofurten	89
7	Prüfung Kombination Minikreisel mit umlaufendem Radweg	90
8	Prüfung kreisrunde Ausbildung inkl. Fussgängerstreifen	90
9	Prüfung umlaufender Radweg mit Fussgängerführung auf Innenseite	91
10	Prüfung räumliche Integration Kreisel mit Radweg	91
11	Projektbeispiele	94

Zusammenfassung

In der Schweiz sind für das Velo verschiedene Formen der getrennten Führung auf der Strecke möglich (z.B. Radwege). Hingegen bieten das Gesetz und das Normenwerk kaum Werkzeuge für die Fortsetzung in Kreuzungen. Im Ausland, insbesondere auch in Ländern mit ausgeprägter Velokultur, bestehen dazu etablierte Lösungen. Die vorliegende Studie zur Entflechtung der Veloführung in Kreuzungen zeigt auf, welche Lösungen im schweizerischen Kontext weiterzuverfolgen sind und wie diese in die Schweizer Markierungssprache übersetzt werden können. In der anschliessenden Phase erfolgt anhand von Pilotprojekten der «Härtetest». Diese Auswertungen dienen der Anpassung von Gesetz und Normenwerk.

Ausgangslage

Dem Veloverkehr wird zur Bewältigung der zukünftigen Mobilitätsbedürfnisse ein grosses Potenzial beigemessen. Die aktuellen Entwicklungen unterstreichen die Bedeutung. Um das besagte Potenzial abzuschöpfen, muss eine Infrastruktur bereitgestellt werden, die für eine breite Nutzergruppe ausgelegt und attraktiv ist. Länder mit einer ausgeprägten Velokultur wie die Niederlande oder Dänemark setzen im Vergleich zur Schweiz auf der Strecke mehr auf getrennte Führungen. Im Knotenbereich erfolgt die Veloführung soweit möglich ohne Verflechtungen mit dem motorisierten Verkehr. Der Schweizer Werkzeugkoffer ist in dieser Hinsicht beschränkt. Bisher galt das Prinzip der Veloführung auf der Fahrbahn – konkret mit Radstreifen. Es fehlen normative und rechtliche Vorgaben für zweckmässige Lösungen mit Radwegen. Das ASTRA lancierte daher eine Studie mit dem Ziel, ausländische Lösungen zu untersuchen und deren Übertragbarkeit auf die Schweiz auszuloten.

Vorgehen

Die Studie ist in vier Phasen gegliedert. Die erste Phase diente einer Auslegeordnung zur heutigen Situation. Dazu wurde unter anderem eine Umfrage durchgeführt, um den Handlungsbedarf zu eruieren und die zu überprüfenden Knotenformen zu identifizieren.

In der zweiten Phase erfolgte das Studium von ausländischen Knotenlösungen. Dazu wurden wissenschaftliche Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Praxis durch Literaturanalysen und Gesprächen mit ausländischen Fachexperten (Schwerpunkt: NL, DE, DK) zusammengetragen. Durch die Analyse der Knotenlösungen vor Ort konnten die Erkenntnisse überprüft und präzisiert werden. Auf Basis dieser Arbeiten wurden erfolgsversprechende Knotenformen ausgewählt. Diese wurden in der dritten Phase in die schweizerische Gestaltungs- und Signalisationssprache übertragen, um entsprechende Grundelemente zu identifizieren. Darauf aufbauend wurde die Ausgestaltung von Knotensituationen entwickelt. Im Variantenstudium erfolgte die Prüfung verschiedener Ansätze und die Bestimmung weiterzuverfolgender Bestvarianten.

Die vierte Phase diente der Konsolidierung und Diskussion der Ergebnisse (u.a. im Rahmen eines Expertenworkshops).

Grundelemente und Knotenlösungen

Aus der Prüfung der ausländischen Knotenlösungen wurden für die Übersetzung in die schweizerische Markierungssprache folgende Grundelemente identifiziert:

Radweg mit Vortritt



Die vortrittsberechtigte Führung von Radwegen ist heute bereits wichtig und wird in Zukunft im Zusammenhang mit der Umsetzung von hochwertigen Velorouten (Velobahnen, Velovorzugsrouten etc.) noch stärker an Bedeutung gewinnen. Der Einsatz dieser Lösung ist heute möglich, jedoch gesetzlich eingeschränkt. Aus der Entflechtungsstudie resultiert die Empfehlung, Gesetz und Einsatzkriterien anzupassen.

Die Ausgestaltung wurde gegenüber der heutigen Normlösung weiterentwickelt. Durch klare Vorgaben soll schweizweit eine einheitliche Umsetzung erfolgen.

Velofurt mit Vortritt



Schlüsselement der Radweglösungen in Knoten ist die vortrittsberechtigte Velofurt (in Analogie zum Fussgängerstreifen). Mit Blick auf die Erfahrungen der Niederlande soll die Velofurt um 5 m zurückversetzt werden. Alternative Möglichkeit ist ein Rückversatz um 2 m, kombiniert mit einer Anrampung. Die

Einführung der neuen Vortrittsform bedeutet ein stufenweises, sorgfältiges Vorgehen. Im Rahmen von Pilotprojekten sollen Erfahrungen zum Einsatz und zur idealen Ausgestaltung gesammelt werden. Begleitend zur Einführung wird eine umfangreiche Informationskampagne zum richtigen Verhalten empfohlen.



Ein weiterer typischer Anwendungsfall der Velofurt mit Vortritt ist der Kreislauf. Die Veloführung erfolgt getrennt vom motorisierten Verkehr mit umlaufendem Radweg. In den Niederlanden ist diese Führungsform innerorts Standard. Das erreichte Sicherheitsniveau ist hoch. Dementsprechend werden in den Niederlanden Kreislauf mit umlaufenden Radwegen gegenüber Kreuzungen mit oder ohne Lichtsignalanlage (LSA) soweit möglich und sinnvoll bevorzugt.

In der Schweiz wird die Veloführung vor dem Kreislauf aufgelöst. Die daraus resultierenden Fahrmanöver im Mischverkehr mit dem MIV sind anspruchsvoll und werden nur teilweise so gefahren, wie von den Planenden angedacht. Die neue Führungsform wird als Chance erachtet, bei Kreislauf eine Veloinfrastruktur anzubieten, die von einer breiten Nutzergruppe angenommen wird. Erfahrungen zu Einsatzkriterien und idealer Ausgestaltung sollen in der nachgelagerten Pilotphase gesammelt werden. Dabei gilt es auch zu prüfen, wie oft die Lösung im schweizerischen Kontext eingesetzt werden kann.

LSA-Kreuzung mit umlaufendem Radweg



Aktuell werden in verschiedenen Ländern umlaufende Radwege bei LSA-gesteuerten Kreuzungen nach dem Vorbild der niederländischen Standardlösung getestet. Umlaufende Radwege sind mit heutigem schweizerischem Recht vereinbar. Die Studie zeigt die mögliche Ausgestaltung in Kombination mit der vortrittsberechtigten Velofurt auf. In den Niederlanden wird der Optimierung der Wartezeiten und -räume ein hohes Gewicht beigemessen. Beispielsweise werden für den Velo- und Fussverkehr zusätzliche Zwischenphasen geschaltet oder auch Velogrün im Standby-Modus angeboten.

Indirektes Linksabbiegen bei LSA-Kreuzungen



Das indirekte Linksabbiegen bietet ebenfalls eine Möglichkeit, die Kreuzung ohne Verflechtung mit dem motorisierten Verkehr zu queren. Velofahrende bleiben am rechten Fahrbahnrand und stellen sich im einmündenden Knotenarm auf. Bei der nächsten Phase wird die Kreuzung passiert. In Dänemark ist diese Führung als Grundprinzip im Verkehrsrecht verankert. Eine spezifische Markierung oder Beschilderung ist nicht notwendig. In Deutschland wird das indirekte Linksabbiegen nicht generell, sondern situativ angewendet und entsprechend deutlich markiert. In der Schweiz ist indirektes Linksabbiegen im untergeordneten Knotenarm bereits heute möglich und wird in verschiedensten Schweizer Städten praktiziert. Die Studie zeigt auf, wie die Ausgestaltung für eine intuitive Führung verbessert werden kann. In der Schweiz gilt es ausserdem die Möglichkeit zu schaffen, indirektes Linksabbiegen als Knotensystem und somit auch auf dem vortrittsberechtigten Knotenarm anzuordnen. Die geeignete Ausgestaltung dazu ist im Rahmen der nachgelagerten Pilotphase zu bestimmen.

Weiteres Vorgehen

Auf Basis der in der vorliegenden Studie dokumentierten Erkenntnisse ist ein zweigeteiltes Vorgehen angedacht. Zum einen sollen für die konsolidierten Lösungen die rechtlichen und normativen Umsetzungsschritte direkt angegangen werden. Zum anderen gilt es, für Lösungen mit offenen Fragen zur Sicherheit oder Umsetzbarkeit anhand von Pilotprojekten Erfahrungen zu sammeln. Die weiterverfolgten Lösungen erreichen im Ausland das angestrebte Sicherheitsniveau. Obwohl zahlreiche Untersuchungen zur Sicherheitsfrage vorliegen, lassen sich daraus keine belastbaren Schlüsse zur Übertragbarkeit in der Schweiz ziehen. Die Literaturanalyse ermöglicht es, die lokal untersuchten Lösungen einzuordnen und massgebliche Faktoren abzuleiten. Die Untersuchungen zeigen aber auch, dass die Ergebnisse immer stark von situativen Faktoren, vom umliegenden Kontext und auch von der vorherrschenden Velokultur geprägt sind. Eine direkte Übertragung der Studienresultate aus dem Ausland in den Schweizer Kontext ist nicht möglich. Die nachgelagerte Phase mit Pilotprojekten ist wichtig, bevor die Lösungen in den Schweizer Werkzeugkoffer aufgenommen werden.

Entscheidend ist in der nächsten Phase auch der regelmässige Austausch der Erfahrungen beim Planen und Umsetzen der neuen Lösungen im schweizerischen Kontext.

I Studiendesign

1 Ausgangslage

«Velosophie» in der Schweiz und im Ausland

In den Anfängen der Schweizer Veloförderung in den 1970er und 80er Jahren standen eine schnelle Umsetzung von Infrastrukturmassnahmen, eine direkte Veloführung und eine Gleichbehandlung mit dem Autoverkehr im Vordergrund. Aus dieser Haltung entwickelte sich die Schweizer Philosophie der Veloführung: Velos werden auf der Fahrbahn geführt, wo möglich und sinnvoll unterstützt durch Radstreifen. Auch in Kreuzungen werden Velofahrende in der Regel mit dem Motorfahrzeugverkehr geführt. Eine baulich getrennte Veloführung auf Radwegen wurde lange Zeit aufgrund der höheren Gefährdung an Knoten vor allem innerorts abgelehnt. Zudem kritisierten geübte Velofahrende die oft umständlichere Veloführung bei getrennten Lösungen. Wenn der Veloverkehr getrennt vom Motorfahrzeugverkehr geführt wird (z. B. ausserorts), geschieht dies oft im Mischverkehr mit Fussgängerinnen und Fussgängern.

In anderen Ländern stand hingegen bei der Entwicklung der Veloinfrastruktur die Sicherheit im Vordergrund, in den Niederlanden insbesondere die von Kindern. Vor diesem Hintergrund setzen z. B. die Niederlande, Dänemark oder Deutschland stärker auf baulich abgetrennte Lösungen als die Schweiz.

Bedarf nach getrennter Führung wächst

Für die Fahrbahnführung des Veloverkehrs gibt es gute Gründe. Die Markierungsmassnahmen sind relativ kostengünstig und – verglichen mit Radwegen – oft platzsparend; die Velofahrenden fahren im Sichtfeld der Autolenkenden und werden damit weniger übersehen; Radstreifen sind in der Regel zügig und geradlinig befahrbar und weisen dieselbe gute Oberflächenqualität wie die Fahrbahn auf; sie sind flexibel nutzbar sowohl für Autos als auch Velos (überholen, ausweichen, abbiegen); die Reinigung und Schneeäumung erfolgt im gleichen Zug mit jener der Fahrbahn.

Gerade wegen ihrer Flexibilität werden aber Radstreifen oft einfach unterbrochen, zum Beispiel in Engstellen oder an Kreuzungen. Zudem fühlen sich insbesondere weniger geübte Velofahrende weniger sicher als auf Radwegen.

Radwege in Kreuzungen sind gesetzlich schlecht verankert

Wegen des Grundsatzes «das Velo gehört auf die Fahrbahn» entwickelte sich in der Schweiz keine Radwegkultur, mit der Konsequenz, dass getrennte Veloführungen heute nur ungenügend in Gesetz und Normen verankert sind.

Studie zur Entflechtung der Veloführung in Kreuzungen

Mit einer spezifischen Studie soll nun die Thematik der Entflechtung der Veloführung in Kreuzungen im schweizerischen Kontext untersucht werden. Anhand ausländischer Beispiele und Erfahrungen sind erfolgsversprechende Infrastrukturlösungen zu identifizieren. Diese Lösungen gilt es im Hinblick auf eine Anwendung in die schweizerische Signalisation- und Gestaltungssprache zu übersetzen.

2 Vorgehen

Das Vorgehen gliedert sich in vier Phasen:

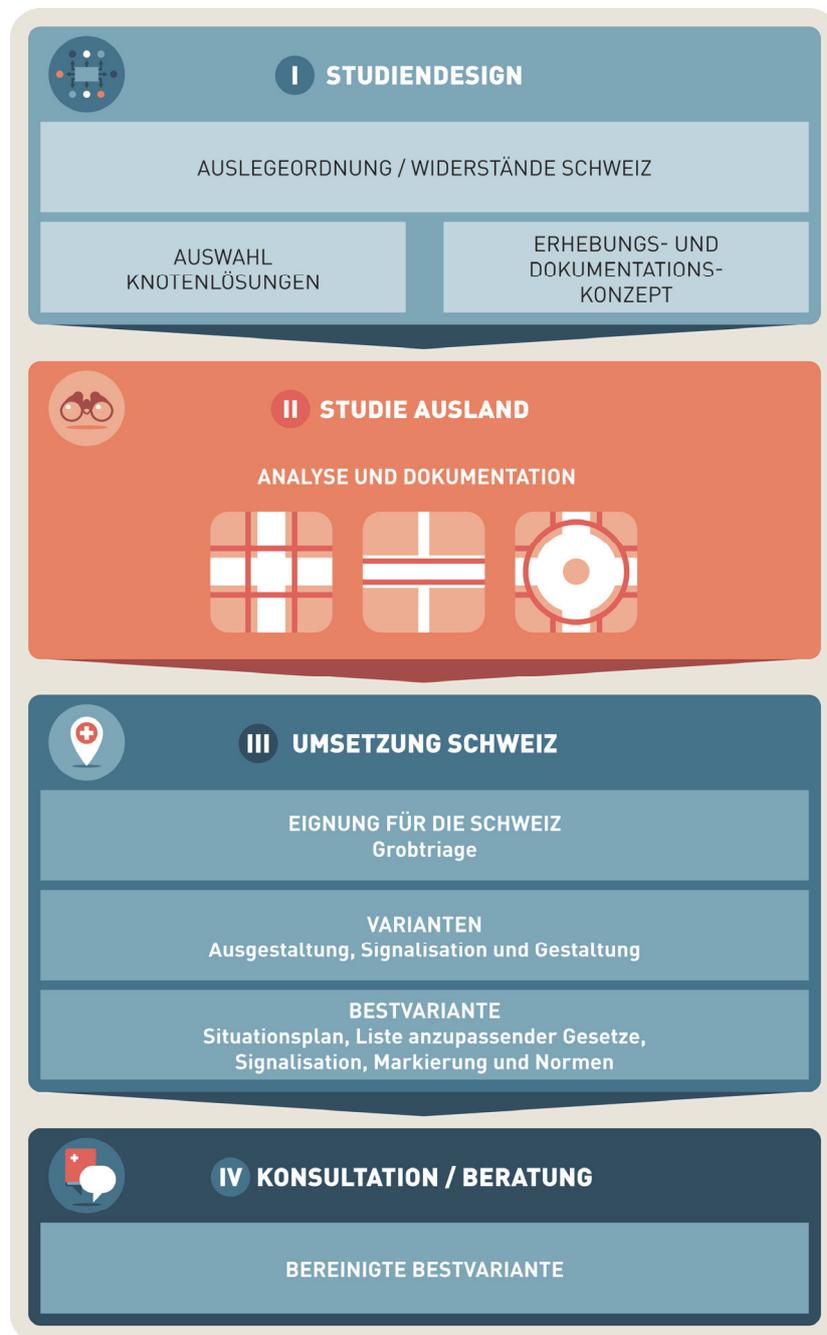


Abbildung 1: Übersicht Vorgehen

Die erste Phase diente einer Auslegeordnung zur heutigen Situation. Dazu wurde unter anderem eine Umfrage bei kantonalen und städtischen Fachstellen und Kommissionen durchgeführt, um den Handlungsbedarf zu eruieren und die zu überprüfenden Knotenformen zu identifizieren.

In der zweiten Phase wurden wissenschaftliche Erkenntnisse und Erfahrungen zu verschiedenen Knotentypen aus dem Ausland zusammengetragen. Sie resultierten aus Literaturanalysen und Gesprächen mit ausländischen Fachexperten (Schwerpunkt: NL, DE, DK). Das Studium der ausländischen Knotenlösungen fokussierte sich dabei auf die definierten Grundelemente und Knotenlösungen, wobei die Untersuchungen je nach Fragestellung in unterschiedlicher Tiefe erfolgten. Auf dieser Basis konnten erfolgsversprechende Knotenformen identifiziert und Hinweise für deren Gestaltung und Signalisation abgeleitet werden.

Diese erfolgsversprechenden Knotenformen wurden in der dritten Phase in die schweizerische Gestaltungs- und Signalisationssprache übertragen, um entsprechende Grundelemente zu identifizieren und die Ausgestaltung von Knotensituationen für Schweizer Verhältnisse zu entwickeln. Auf der Basis von Variantenstudien konnten die verschiedenen Ansätze geprüft und die weiterzuverfolgenden Bestvarianten bestimmt werden.

In der vierten Phase erfolgte die Konsolidierung und Diskussion der Ergebnisse (u.a. im Rahmen eines Expertenworkshops).

Begleitung und Konsolidierung

Die vorliegende Entflechtungsstudie wurde in einem Bearbeitungsteam mit in- und ausländischen Veloexperten erarbeitet. Das Bearbeitungsteam wurde von einer Begleitgruppe mit Mitgliedern aus den Fachgebieten Veloförderung, Verkehrssicherheit, Verkehrsrecht und Signalisierung unterstützt (Auflistung im Impressum). Das Projektteam und die Begleitgruppe, nachfolgend Projektgremium genannt, diskutierten und verabschiedeten zusammen die Inhalte der Entflechtungsstudie. Die Erarbeitung erfolgte im Rahmen von sechs Workshops.

Die Konsolidierung der Lösungen erfolgte im Rahmen eines Expertenworkshops. Ziel des Workshops war, die Umsetzung der Knotenlösungen für die Schweiz zu beurteilen und ihre Anwendung zu diskutieren. Folgende Mitglieder nahmen teil:

Name	Funktion
– Urs Walter	– ASTRA (Projektleitung)
– Viktoria Herzog	– Anwendung kantonale Behörde (Kanton Zürich)
– Michael Liebi	– Anwendung städtische Behörde (Stadt Bern)
– Lionel Fer	– Anwendung städtische Behörde (Stadt Genf)
– Hervé Vaucher	– Anwendung kantonale Behörde (Kanton Genf)
– Markus Störr	– Anwendung städtische Behörde (Stadt Basel)
– Daniel Sigrist	– Vertretung Velokonferenz Schweiz
– Wernher Brucks (Bilateraler Einbezug)	– Vertretung ACVS

Tabelle 1: Mitglieder Expertenworkshop

Die Knotenlösungen wurden ausserdem an der SIGFOR, dem Forum für Signalisation, vorgestellt und diskutiert.

Die weitere Konsolidierung der neuen Knotenlösungen soll umsetzungsorientiert im Rahmen von Pilotprojekten erfolgen (vgl. III Umsetzung Schweiz, Kap. 8).

3 Inhalt

Im Rahmen der Projektinitialisierung definierte ein entsprechendes Pflichtenheft sowohl die zu untersuchenden Knotenlösungen als auch die Referenzländer. Zur Überprüfung des Studiendesigns erfolgte in der ersten Phase eine Auslegeordnung von geeigneten Knotenlösungen aus dem Ausland sowie eine Umfrage in der Schweiz zu Handlungsbedarf und Widerständen. Der Fokus der Entflechtungsstudie wurde wie folgt festgelegt:

Zu untersuchende Knotenlösungen

- Kreuzungen
 - mit baulich abgetrennter Zuführung
 - Führung in der Kreuzung baulich getrennt auf Radwegen oder auf Fahrbahn
 - mit und ohne LSA
- Furten für den Veloverkehr
 - mit und ohne Vortritt
 - parallel zu Fussgängerquerungen und reine Veloquerungen
- Kreisel
 - mit baulich abgetrennter Zuführung des Veloverkehrs
 - Führung des Veloverkehrs im Kreisel getrennt auf umlaufenden Radwegen (mit und ohne Vortritt) oder markiert auf der Kreiselfahrbahn
- Indirektes Linksabbiegen
 - mit Zuführung auf Fahrbahn
 - markiert auf der Fahrbahn in einmündender Strasse

Zu berücksichtigende Länder

- Niederlande:
Hochwertige Umsetzung der Entflechtung bei allen Knotenformen, ausgeprägte Velokultur, Schwerpunkt der Studie im Ausland
- Dänemark:
Hochwertige Umsetzung der Entflechtung mit konsequenter Anwendung des indirekten Linksabbiegens bei LSA-geregelten Knoten, ausgeprägte Velokultur
- Deutschland:
Teilweise Umsetzung der Entflechtung; ältere Radwege oft ungenügend bezüglich Dimensionierung und Sicht. Mit der Schweiz teils vergleichbare Ausgangslage bezüglich Veloinfrastruktur, Velokultur, politischer Vorgaben und Entwicklungsziele. Vertiefte Untersuchungen zur Verkehrssicherheit verschiedenster Lösungen in Deutschland vorhanden.
- Punktueller Einbezug weiterer Länder für spezifische Knotenlösungen

Hinweise zur vorliegenden Entflechtungsstudie

- Begriff «Erwartungsmanagement»
In der Entflechtungsstudie wird «Erwartungsmanagement» im Sinn der niederländischen Auslegung verwendet. Ein hohes Erwartungsmanagement ist dann erreicht, wenn die Einschätzung der Verkehrsteilnehmenden in hohem Mass mit der effektiven Verkehrssituation übereinstimmt. Dadurch kann das Verhalten auf die Situation angepasst werden. In Bezug auf die Knoten bedeutet dies, dass die verschiedenen Infrastrukturlösungen möglichst reduziert und möglichst einheitlich ausgestaltet werden. Die Verkehrsteilnehmenden sollen klare und zuverlässige Informationen durch die gezielte, einheitliche Ausgestaltung erhalten.
- Stellenwert Prinzipskizzen und Visualisierungen
In der Entflechtungsstudie werden die ausländischen Knotenlösungen in die schwei-

zerische Markierungssprache übersetzt und mittels Prinzipskizzen und Visualisierungen dargestellt. Die Ausgestaltung stützt sich auf die Erfahrungen aus dem Ausland und die Erwägungen des Projektgremiums ab. Die gezeigten Markierungen sind als Entwürfe zu verstehen. Diese sind im Rahmen der Pilotphase und der Umsetzung der rechtlichen und normativen Vorgaben weiter zu vertiefen.

Abgrenzung

- Die Entflechtungsstudie zeigt standardisiert die Ausgestaltung der neuen Knotenlösungen auf. Die situationsbezogene Weiterentwicklung der Lösungen sowie die Definition von Einsatzkriterien, Einsatzgrenzen oder auch Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit erfolgen nach Abschluss der Studie. Aufgrund dieser Fragestellungen ist auch offen, wie oft die Lösungen in der Schweiz angewendet werden können. Dies wiederum ist entscheidend für das Erwartungsmanagement der Verkehrsteilnehmenden und somit für die Verkehrssicherheit der Lösungen. Das bedeutet, dass für Lösungen mit offenen Fragestellungen zur Verkehrssicherheit in der nächsten Phase auch Erfahrungen zur Umsetzbarkeit in der Schweiz gesammelt werden sollen.
- Ein Teil der neuen Knotenlösungen bedingt eine Anpassung der rechtlichen Grundlagen. Die Studie zeigt den Handlungsbedarf auf; die spezifischen Anpassungen erfolgen in einem separaten Prozess.

Umfrage Schweiz

Die Umfrage bei ausgewählten kantonalen und städtischen Fachstellen sowie Organisationen im Bereich Veloverkehr und Velosicherheit befasste sich mit sechs in der Schweiz nicht oder kaum angewendeten Knotenlösungen:

Knotenart	Kreuzung				Kreisverkehr	
Knotenlösung	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Veloführung	Abgesetzter Radweg	Indirektes Linksabbiegen (als Einzellösung und als Knotensystem)	Vortrittsberechtigte Führung von Radwegen über Einmündungen	Vortrittsberechtigte Querung von Hauptstrassen	Baulich abgesetzter Radweg um Kreisel	Radstreifen anliegend zur Kreisfahrbahn
Bemerkungen	Mit/ohne LSA	Mit LSA	Ohne LSA	Mit/ohne LSA	Kreisel	Kreisel

Tabelle 2: Knotenlösungen für die Befragung

Ziel der Umfrage war:

- Den Handlungsbedarf bei neuen Knotenlösungen zur Entflechtung zu erkennen.
- Heutige Widerstände gegen eine Umsetzung von Knotenlösungen zur Entflechtung zu identifizieren.
- Den Fokus der Entflechtungsstudie im Bezug zu Inhalt und Untersuchungsdesign zu reflektieren.
- Konkrete Situationen für eine Umsetzung der neuen Knotenlösungen zu sammeln.

Insgesamt wurden 22 Rückmeldungen ausgewertet. Folgende Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

- Die verschiedenen Knotenlösungen sind den Fachpersonen weitgehend bekannt.
- Die Einführung neuer Möglichkeiten zur Führung der Velofahrenden in Knoten wird sehr begrüsst.
- Eine Ausnahme stellt die Knotenlösung VI (Radstreifen anliegend zur Kreisfahrbahn) dar. Hier werden grössere Sicherheitsbedenken geäussert. Von einer Einführung wird abgeraten.
- Bei den weiterzuverfolgenden Knotenlösungen kamen verschiedene Punkte zur Sprache, die es im Hinblick auf eine Einführung zu klären gilt. Bei allen Knotenlösungen mehrfach genannt wurden die Themen Sicherheit, Sichtverhältnisse und Anwendungskriterien. Individuelle Themen je nach Knotenlösung sind:
 - I. Knotenlösungen mit abgesetztem Radweg mit LSA:
Auswirkungen auf Leitungsfähigkeit
 - II. Knotenlösungen mit indirektem Linksabbiegen:
Übersichtliche Markierung und Signalisierung, Auswirkungen Leistungsfähigkeit
 - III. Vortrittsberechtigige Führung über Einmündungen ohne LSA:
Sichtverhältnisse bei zurückversetzter Querung, Abstand zwischen Fahrbahn und Querung, Umgang mit Zweirichtungsradwegen
 - IV. Querung Radweg mit Haupt- oder Nebenstrasse – ohne LSA:
Verkehrsmengen bzw. Verhältnis zwischen MIV und Velofahrenden
 - V. Baulich abgesetzter Radweg um Kreisel:
Auswirkungen auf Kapazität, Platzbedarf
- Für alle Knotenlösungen wurde eine Vielzahl von möglichen Anwendungssituationen in der Schweiz genannt.
- Betont wurde die Wichtigkeit, eine Einführung oder einen Pilotversuch gut kommunikativ zu begleiten.

II Studie Ausland

1 Übersicht

Für die Entflechtung der Veloführung in Kreuzungen wurden aus dem Studium der ausländischen Lösungen folgende fünf Grundelemente abgeleitet:

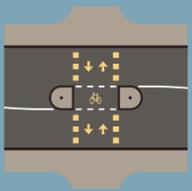
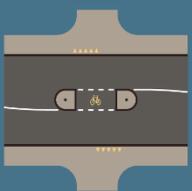
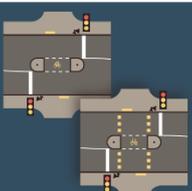
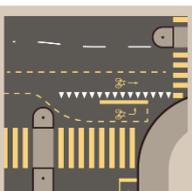
		STANDARD	BESCHRIEB		
QUERUNGSANLAGE	A		RADWEG MIT VORTRITT		Vortrittsberechtigte Fahrt entlang Radweg (Fahrbahn quert Radweg) <i>Einsatz bei frei geführten Radwegen (i.d.R. hochwertige Velorouten wie Velobahnen, Velovorzugsroute)</i>
	B		VELOFURT MIT VORTRITT		Vortrittsberechtigte Querung (Radweg quert Fahrbahn) <i>Einsatz bei Querungen im Bereich von Kreuzungen. Auf freier Strecke mit zusätzlichen Massnahmen möglich.</i>
	C		VELOFURT OHNE VORTRITT		Vortrittsbelastete Querung (Radweg quert Fahrbahn)
	D		VELOFURT MIT LICHTSIGNAL		Phasengeregelte Querung
	E		INDIREKTES LINKSABBIEGEN		Linksabbiegemanöver in zwei Etappen bei LSA-gesteuerter Kreuzung

Abbildung 2: Übersicht Grundelemente

In der Gliederung ist die wesentliche Unterscheidung zwischen Radweg mit Vortritt (A) und Velofurt mit Vortritt (B) abgebildet.

Beim Radweg mit Vortritt (A) handelt es sich um eine hierarchisch übergeordnete Infrastrukturanlage. Die Fahrbahn mit MIV-Verkehr ist untergeordnet und quert diese Anlage vortrittsbelastet. Entlang des Radwegs soll die vortrittsberechtigende Fahrt ohne Abbremsmanöver möglich sein, wie dies vergleichsweise bei der Fahrt entlang einer Hauptstrasse der Fall ist. Das Grundelement wird bei frei geführten Radwegen eingesetzt. Aufgrund der Bedeutung ist die Anwendung in der Regel bei hochwertigen Velorouten wie z.B. Velobahnen oder Velovorzugsrouten vorgesehen.

Bei der Velofurt mit Vortritt handelt es sich um eine Querungsanlage. Die Querung ist vortrittsberechtigt möglich, jedoch an klare Verhaltensregeln für den Veloverkehr geknüpft. Die Querung muss so erfolgen, dass die Fahrzeuge rechtzeitig anhalten können (analog VRV Art. 47 Abs.2). Dies bedeutet eine langsame An- und Überfahrt (5 – 8 km/h) und Blickkontakt. Die Velofurt mit Vortritt wird in der Regel im Bereich von Kreuzungen eingesetzt. Auf der freien Strecke ist ein Einsatz mit zusätzlichen Massnahmen möglich. Die Velofurt mit Vortritt kann in Analogie zum Fussverkehr mit dem Fussgängerstreifen verglichen werden.

2 A Radweg mit Vortritt

2.1 Ausgangslage

Die vortrittsberechtigige Führung von Radwegen wird sowohl im Kontext von frei geführten wie auch von strassenbegleitenden Radwegen angewendet. Aufgrund der unterschiedlichen Knotengeschwindigkeiten werden für die beiden Situationen in der Schweiz und im Ausland differenzierte Anwendungs- und Ausgestaltungs-kriterien festgehalten. Das nachfolgende Kapitel behandelt Kreuzungen mit frei geführten Radwegen.

In der Schweiz bestehen bisher kaum Erfahrungen zur vortrittsberechtigigen Führung von frei geführten Radwegen an Kreuzungen. Grundsätzlich wären die gesetzlichen Voraussetzungen im Sinn einer Ausnahme über Nebenstrassen gegeben.

Im Fokus des Studiums der Lösungen aus dem Ausland stehen die Erfahrungen hinsichtlich Ausgestaltung und Einsatzkriterien der vortrittsberechtigigen Führung über Nebenstrassen und über Hauptstrassen bzw. stärker belastete Strassen.

2.2 Erfahrungen im Ausland

Die vortrittsberechtigige Führung von Radwegen ist in den Niederlanden weit verbreitet. Die Lösung ist in der Standardliteratur, z.B. CROW (2016) [8], verankert. In den Niederlanden wird die vortrittsberechtigige Führung unabhängig von der Strassenkategorie angewendet – auch über Hauptstrassen.

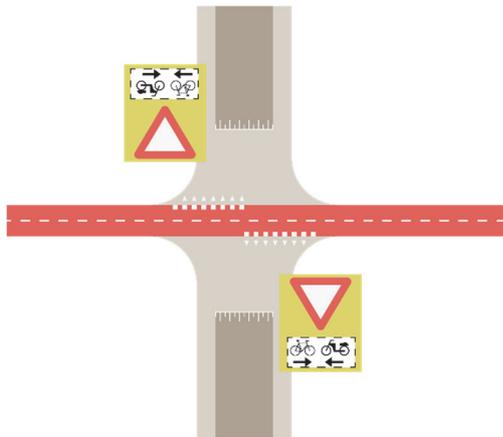


Abbildung 3: Prinzipskizze Radweg mit Vortritt

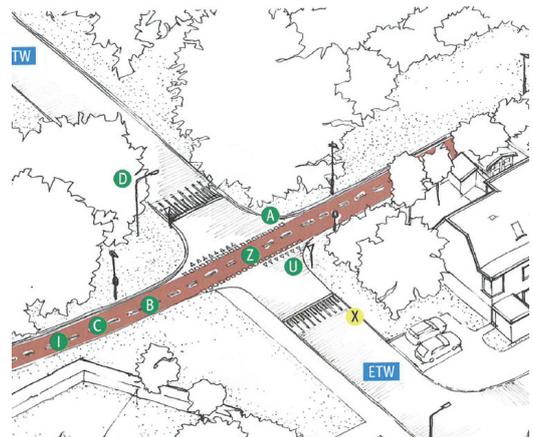


Abbildung 4: Ausgestaltung von Radwegen mit Vortritt, Quelle: CROW (2015) [7]

In der aktuellen Studie CROW (2020) [10] wurden über hundert verschiedene Knotenpunkte untersucht und daraus die Empfehlungen an die Anwendung und die Gestaltung abgeleitet. Kerninhalt der Empfehlungen ist nachfolgendes Schema, das anhand von Kriterien eine Eignungsbeurteilung vornimmt:



1. Ist es eine Hauptveloroute?
2. Erfüllt die kreuzende Strasse die folgenden Kriterien?
 - DTV querende Strasse < 10'000 Fz/Tag
 - Temporeduktion auf 30 km/h der querenden Strasse
 - Maximal eine Fahrspur quer
3. Ist das Verhältnis der Velofrequenzen mit den querenden Mfz-Frequenzen angemessen?
 - > 2000 Velofahrende /Tag
 - Velofahrende über den Tag verteilt
 - Weniger als 2 Mfz pro Velofahrer
4. Ist das Design der Kreuzung in Ordnung?
 - Niedrige Annäherungsgeschwindigkeit sicherstellen
 - Geschwindigkeit im Kreuzungsbereich auf 30 km/h begrenzen
 - Aufmerksamkeit der Velofahrenden auf die Querung (evtl. mit Massnahmen)
 - Sichtfelder auf die Kreuzung eingehalten
 - Sicht auf sich nähernde Velofahrende
 - Markierung gemäss Vorgaben
 - Parallel zur MIV-Fahrstrasse verlaufende Radwege müssen zur Verdeutlichung der Velofahrmanöver in einem genügenden Abstand erfolgen
 - Keine Ablenkung durch komplexe Verkehrsumgebung
 - Mittelinsel bei einer breiten Hauptstrasse

Abbildung 5: Anwendungsempfehlungen für vortrittsberechtigte Veloquerungen an Strassen im Siedlungsgebiet mit sinngemässer Übersetzung, Quelle: CROW (2020) [10]



- Folgende Ausgestaltung wird empfohlen:
- Durchgehend rötliche Einfärbung
 - Markierung Mittellinie
 - Markierung Richtungspfeile
 - Vertikalversatz: 8 – 12 cm auf Strasse
 - Gute Beleuchtung der Querung
 - Verengung der Strasse (Option)

Abbildung 6: Empfehlung zur Ausgestaltung der vortrittsberechtigten Veloquerungen



Abbildung 7: Ausführungsbeispiele vortrittsberechtigter Veloquerungen über Hauptstrassen

Deutschland

Der Fokus der Untersuchung in Deutschland wurde auf die Ausgestaltung gelegt. In Handbüchern einiger Bundesländer werden Standards zur Ausgestaltung von vortrittsberechtigten Radwegen aufgezeigt. Solche Lösungen werden bei Hauptverbindungen des Radverkehrs angewendet. Bei der Ausgestaltung wird die Vortrittsberechtigung des Veloverkehrs hervorgehoben: Es werden Piktogramme mit Richtungspfeilen markiert. Zudem werden auf der zu querenden Strasse verkehrsberuhigende Massnahmen vorgesehen (Vertikal-/Horizontalversatz). Die Führung wird durch weisse Linien markiert und der Querungsbereich des Velos teilweise rot eingefärbt. Teilweise wird eine Wartelinie markiert. Die Querungsstelle wird spezifisch signalisiert («Vorfahrt gewähren», Radfahrer kreuzen von rechts und links). In der ERA, 2010 [14] ist die Ausgestaltung der vortrittsberechtigten Radwegquerung auf der Strecke nicht spezifisch aufgeführt. Wesentliche Elemente lassen sich aus den Gestaltungsempfehlungen zur Führung von Fahrradstrassen über Knotenpunkte herleiten: Geschwindigkeitsdämpfende Massnahmen für den Mfz-Verkehr sind in der Regel notwendig, z.B. durch eine Anhebung der gesamten Kreuzungsfläche (Vertikalversatz).

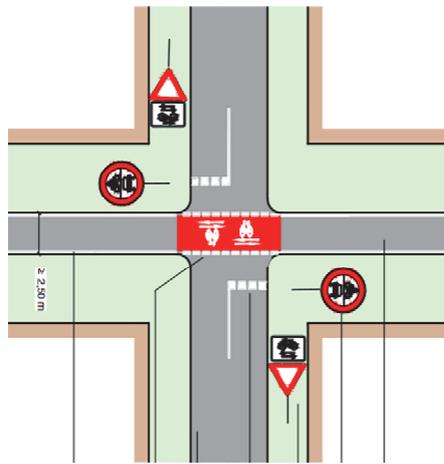


Abbildung 8: Ausgestaltung von Radweg mit Vortritt – Deutschland
Quelle: Brenner Bernard Ingenieure GmbH, 2017 [4]

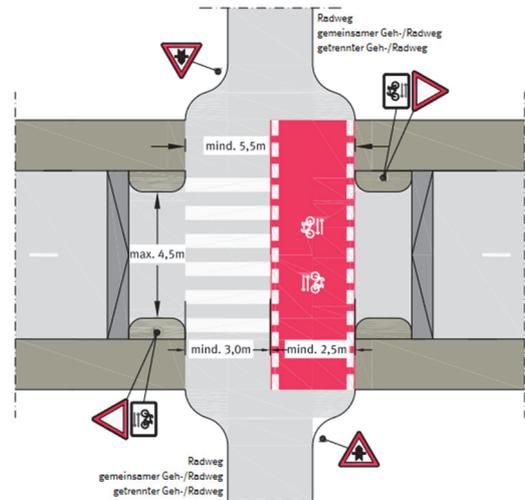


Abbildung 9: Ausgestaltung von Radwegen mit Vortritt mit Fussgängerquerung – Deutschland
Quelle: AGFS, 2013 [1]



Abbildung 10: Ausgestaltung von Radweg mit Roteinfärbung und Blockmarkierung



Abbildung 11: Beispiel einer vortrittsberechtigten Veloquerung mit Velopiktogramm und Richtungspfeilen

2.3 Fazit

In den Niederlanden ist die Lösung des Radwegs mit Vortritt weit verbreitet und in der Planung etabliert. Zur konkreten Ausgestaltung und Anwendung kann auf breite Erfahrungen und aktuelle Studien abgestützt werden. Auch in Deutschland sind Standards festgelegt und Umsetzungsbeispiele vorhanden. Im Zusammenhang mit dem Bau der Radschnellverbindungen gewinnt die Infrastrukturlösung zudem an Bedeutung.

Die Forschungen aus den Niederlanden zeigen, dass eine sorgfältige Anwendung und Umsetzung entscheidend sind. Durch die schmale Silhouette der Velofahrenden können ansonsten unsichere Situationen geschaffen werden.

In der Schweiz können Radwege als Ausnahme vortrittsberechtigt über Nebenstrassen geführt werden. Diese gesetzliche Eingrenzung «Ausnahme» und «Nebenstrasse» schränkt den Einsatz sehr stark ein. Die vortrittsberechtigte Führung von Radwegen wird in Zukunft im Zusammenhang mit der Umsetzung von hochwertigen Velorouten (Velobahnen, Velovorzugsrouten etc.) noch stärker an Bedeutung gewinnen.

Aufgrund der Erfahrungen ist für die Umsetzung in der Schweiz auf den Anwendungskriterien aus den Niederlanden aufzubauen. Insbesondere ist auch die Verteilung der Frequenzen und nicht die Strassenkategorie als Kriterium zu verwenden.

Schlussfolgerung für die Umsetzung in den schweizerischen Kontext (Studienphase III):

- Gestaltung und Anwendungskriterien aufzeigen (mit Verhältnis der Frequenzen von Velo und motorisiertem Verkehr als Hauptkriterium)
- Einheitliche und klare Ausgestaltung des Radwegs mit Vortritt

3 B Velofurt mit Vortritt

3.1 Einleitung

Die Strassenquerungen für den Veloverkehr, in der vorliegenden Studie Velofurt genannt, werden in der Regel im Bereich des Knotens, d.h. bei Einmündungen, Kreuzungen oder Kreisel angewendet. Es besteht allerdings auch die Einsatzmöglichkeit als Querung auf freier Strecke. Die Untersuchung der ausländischen Lösungen fokussiert auf Lösungen im Bereich der Knoten.

3.2 Anwendung Kreuzung ohne LSA

3.2.1 Ausgangslage

Ein typisches Anwendungsbeispiel für Veloquerungen mit Vortritt findet sich in Kreuzungen, bei denen ein strassenbegleitender Radweg vortrittsberechtigt über eine einmündende Strasse geführt wird.

In der Schweiz ist eine vortrittsberechtigte Führung nur als Radweg mit bis zu 2 m Abstand zur Fahrbahn möglich. Die Velofurt in Analogie zum Fussgängerstreifen ist im schweizerischen Recht und Normenwerk nicht verankert.

Das Studium der Lösungen im Ausland verfolgte das Ziel, Aufschluss über die Ausgestaltung und über Einsatzkriterien zu geben. Ein zentraler Punkt war dabei die Frage nach dem zweckmässigen Abstand zwischen Fahrbahn und Querung.

3.2.2 Erfahrungen im Ausland

Niederlande

In den Niederlanden werden folgende zwei Ausführungstypen angewendet:

- Vortrittsberechtigte Querung 5 m zurückversetzt als Idealfall
Ausgestaltung als Furt mit Blockmarkierung
- Vortrittsberechtigte Querung 2 – 5 m zurückversetzt
mit Vertikalversatz, um tiefe Geschwindigkeiten der abbiegenden Fahrzeuge zu gewährleisten.
Ausgestaltung als Radwegübergang (analog Trottoirüberfahrt in der Schweiz)
- Die Kombination von vortrittsbelasteten und vortrittsberechtigten Radwegübergängen beim gleichen Knoten ist möglich.

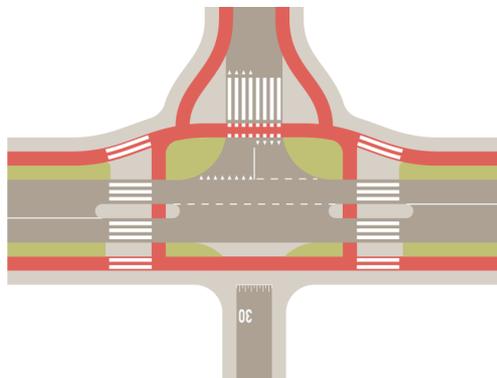


Abbildung 12: Prinzipkizze mit 5 m (oben) und 2 m (unten) zurückversetzter Velofurt

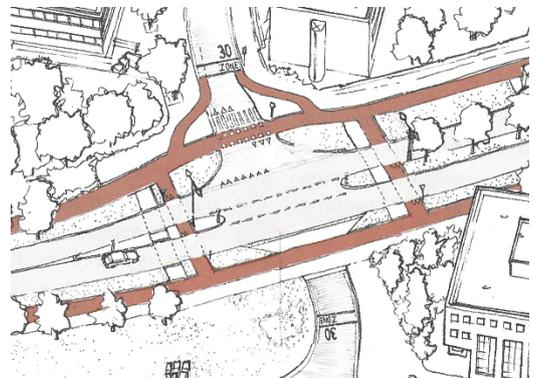


Abbildung 13: Ausgestaltung vortrittsberechtigter Velofurt gemäss CROW (2015) [7]



Abbildung 14: Vortrittsberechtigter Veloführung über Einmündung in den Niederlanden, als Radweg 5 m zurückversetzt



Abbildung 15: Vortrittsberechtigter Veloführung über Einmündung in den Niederlanden, als Trottoirüberfahrt 2 – 5 m zurückversetzt

Die Forschung in den Niederlanden bezieht sich auf verschiedene Untersuchungen. Eine niederländische Studie (Schepers et al., 2011) [21] untersuchte die Sicherheit der Velofahrenden anhand von 540 Vortrittsknoten im Siedlungsgebiet. Es zeigte sich, dass Velofurten im Abstand von 2 bis 5 m zur Fahrbahn deutlich das kleinere Unfallrisiko gegenüber fahrbahnanliegenden Querungen und Velofurten im Abstand bis 2 m aufweisen. Eine weitere Erkenntnis der Studie war, dass Unfälle mit vortrittsberechtigten Velofahrenden bei Zweirichtungswegen häufiger auftreten als bei Einrichtungswegen. Die Unfälle mit vortrittsberechtigten Velofahrenden lassen sich durch erhöhte Radwege (Vertikalversatz) oder andere geschwindigkeitsreduzierende Massnahmen verringern.

In einer weiteren Studie (Schoon et al. 2008) [22] wurden im Zusammenhang mit Velounfällen mit abbiegenden Lastwagen die Ursachen und mögliche Massnahmen untersucht. Dazu wurden registrierte Velounfälle an Knoten in den Niederlanden aus den Jahren 1997 bis 2007 analysiert, Verkehrsbeobachtungen gemacht und eine Umfrage unter Velofahrenden und Lkw-Lenkenden erstellt. Nahezu alle dieser Unfälle entstehen bei rechtsabbiegenden Lastwagen und geradeausfahrenden Velos. Gemäss dieser Studie ereignen sich solche Unfälle oft, wenn Lastwagen bei einer LSA oder beim Einbiegen in eine vortrittsberechtigte Strasse anhalten müssen. Im Fahren haben die Lkw-Lenkenden eine bessere Übersicht. Nach dem Anhalten können Velofahrende übersehen werden, da die Komplexität zunimmt und auch der übrige Verkehr im Auge behalten werden muss. In den Jahren 2006/2007 wurden 53 Velounfälle an Knoten im Zusammenhang mit abbiegenden Lastwagen registriert, 22 davon auf Radwegen, 15 auf Radstreifen und 16 auf der Fahrbahn. Die meisten dieser 22 Unfälle auf Radwegen geschahen bei Querungen im Abstand von unter 1 m zur Fahrbahn. Es gab keinen registrierten Unfall mit Lkw bei Knoten, bei denen die Velofurt einen Abstand von über 2 m hatte.

In der Diskussion wird als wesentlicher Vorteil der zurückversetzten Veloquerung genannt, dass die Abbiegemanöver in Etappen unterteilt werden können und der Fokus in der zweiten Etappe auf querenden Fuss- und Veloverkehr gelegt werden kann (Abbildung 16).

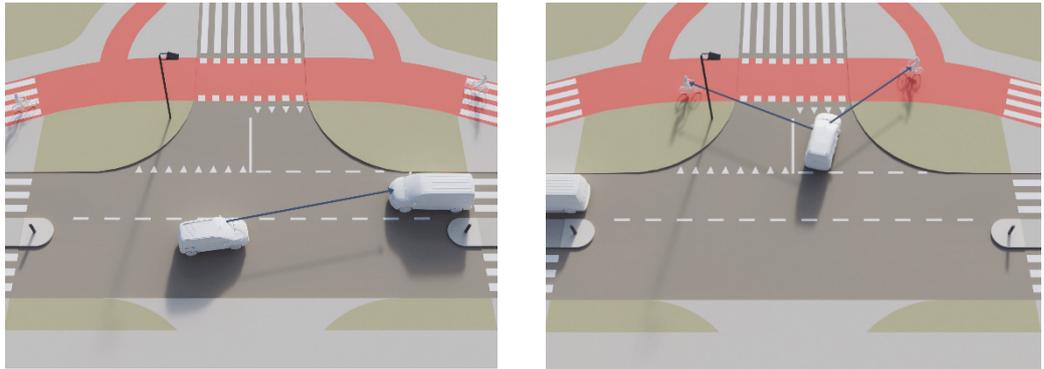


Abbildung 16: Zurückversetzte Veloquerung erlaubt ein Abbiegen in Etappen. Dadurch können sich Autolenkende allein auf den querenden Fuss- und Veloverkehr konzentrieren.

Ein weiterer Vorteil der um 2 m bis 5 m abgesetzten Querung besteht darin, dass für linksabbiegende Velos das Abbiegen über Furten ermöglicht wird. Diese Form des Linksabbiegens entspricht der niederländischen Normlösung (CROW, 2016 [8]). Bei fahrbahnanliegenden Querungen fehlen die dazu notwendigen Warteräume. Als Alternative kann dann das direkte Linksabbiegen angeboten werden. Dies bedeutet jedoch einen Verflechtungsbereich, der wiederum besser mit der Führung mit Radstreifen als mit Radwegen zu vereinbaren ist.

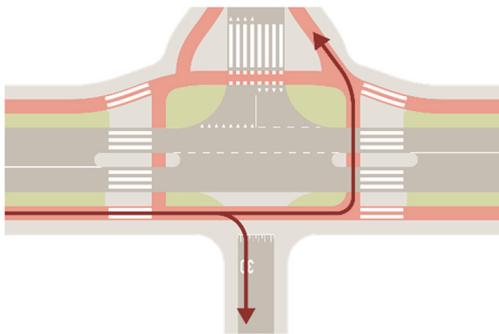


Abbildung 17: Indirektes Linksabbiegen über Furten bei abgesetztem Radweg

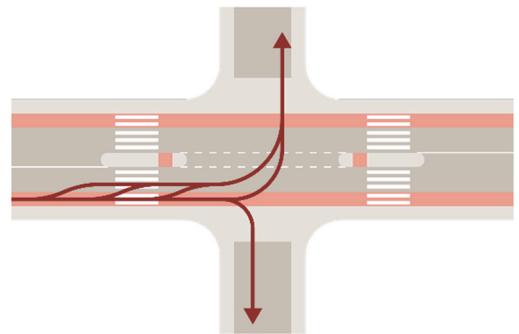


Abbildung 18: Direktes Linksabbiegen bedingt Absenkung des Radweges im Bereich der Verflechtungsstrecke

In den Niederlanden bestehen auch Situationen, bei denen die Velofurt einen Abstand zur Fahrbahn von unter 2 m aufweist. Solche Infrastrukturlösungen werden jedoch möglichst vermieden. Ist aufgrund der Rahmenbedingungen eine Velofurt mit einem Abstand von unter 2 m zwingend, so werden zusätzliche Massnahmen geprüft, um tiefe Geschwindigkeiten der abbiegenden Fahrzeuge gewährleisten zu können.

Bei stark beengten Platzverhältnissen, z.B. in historischen Zentren, werden Radstreifen mit fahrbahnanliegender Führung analog dem heutigen Grundsystem der Schweiz angeboten. Der Belag der Radstreifen ist – ebenso wie die Radwege – auch rötlich eingefärbt.

Deutschland

Vortrittsberechtigte Velofurten werden in Deutschland verbreitet angewendet. In der ERA [14] finden sich Hinweise für die Anwendung und die Gestaltung. Es wird zwischen Radwegüberfahrten und Radverkehrsfurten unterschieden (siehe Abbildung 19). Die Radwegüberfahrt ist gegenüber der einmündenden Strasse erhöht. Die vortrittsberechtigte Radverkehrsfurt ist mit einer Breitstrichmarkierung (0,25 m breit, Strichlänge

0.5 m, Lückenlänge 0.25 m) versehen. Im Bereich der Einmündung wird empfohlen, die Radverkehrsfurten zusätzlich mit einem Velopiktogramm zu verdeutlichen. Grundsätzlich wird die fahrbahnanliegende Führung empfohlen, da sich der Veloverkehr im direkten Sichtfeld der abbiegenden Motorfahrzeuge befindet. Bei Einmündungen sind Velofurten im Abstand bis 5 m zur Fahrbahn grundsätzlich vortrittsberechtigt.

Gemäss den rechtlichen Rahmenbedingungen hat ein abgesetzter Radweg von mehr als 5 m keinen Vortritt gegenüber einmündenden Strassen. Es besteht die Möglichkeit, dass der zurückversetzte Radweg mittels Vortrittssignalen vortrittsberechtigt geführt wird (Abbildung 20).

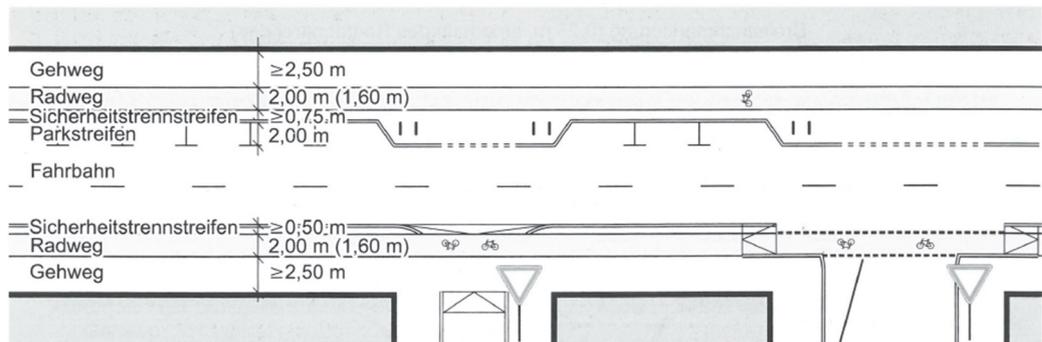


Abbildung 19: Vortrittsberechtigter Radwegüberfahrt und vortrittsberechtigter Radverkehrsfurt Quelle: ERA (2010) [14]

Auch vortrittsberechtigten Furten bei Zweirichtungsradswegen können im Ausnahmefall angewendet werden. Es bedarf allerdings einer sorgfältigen Prüfung insbesondere der Konflikte mit Einmündungen und Grundstückszufahrten. Zweirichtungsradswege sollten bei Einmündungen in der Regel erhöht und durch eine durchgehende Materialwahl erkennbar sein. Die Radverkehrsfurt wird mit Velopiktogrammen und Richtungspfeilen markiert.

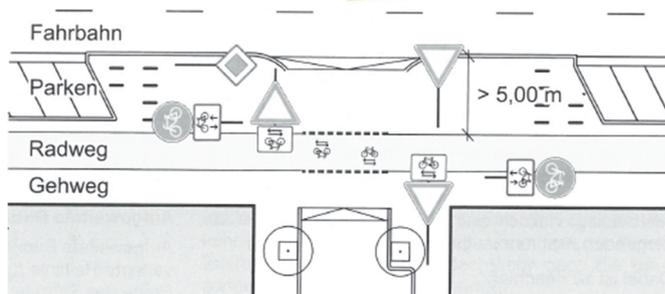


Abbildung 20: Vortrittsberechtigter Radverkehrsfurt bei Zweirichtungsradsweg und abgesetzter Führung von mehr als 5 m Quelle: ERA (2010) [14]

Die Forschung in Deutschland ist vielschichtig. Im Zusammenhang mit der Einführung von «Schutzkreuzungen» wird die Verkehrssicherheit der unterschiedlichen Absetzmassen intensiv diskutiert. In Studien werden um 5 m abgesetzte Furten ohne LSA-Signalisation als kritisch beurteilt. Aufgrund der besseren Sichtbarkeit der Radfahrenden wird eine Führung auf der Fahrbahn oder eine fahrbahnahe Führung empfohlen (Schreiber et al. 2012) [24]. Zudem sind Lkw-Warnsysteme für Abbiegemanöver auf die fahrbahnbegleitende oder -nahe Führung ausgelegt.

In einer anderen Studie (Franke et al. 2020) [15] wird festgehalten, dass bei genauer Betrachtung der untersuchten Fallbeispiele bei weit abgesetzter Furt sehr häufig Sichthindernisse vorhanden waren. Darin wird auf die Studie Kolrep-Rometsch (2013)

[16] verwiesen, welche die Sichthindernisse bei weit abgesetzten Furten an unsignalierten Knotenpunkten beziffert. Im Schnitt bestanden bei 40 % der untersuchten Kreuzungen Sichtbehinderungen. Bei den Kreuzungen mit zurückversetzten Radfurten waren es sogar 80 % der Kreuzungen. Daraus wird geschlossen, dass die Ergebnisse der erwähnten Studien nicht verwendet werden dürfen und der Wissensstand in Deutschland wenig Belastbares hergebe.

Unterschiedliche Auffassungen bestehen nicht nur zu den Schlüssen aus den Unfallanalysen, sondern auch zu Sichtfeldstudien beim Abbiegevorgang. Die beiden Sichtfeldstudien Franke et al (2020) [15] und Ortlepp (2020) [19] weisen unterschiedliche Resultate auf. In der Diskussion wird bei beiden Studien kritisiert, dass die Dynamik während des Abbiegevorgangs zu wenig berücksichtigt wurde. Offen ist auch die Frage, inwiefern Abbiegeassistenzen bei weit abgesetzten Furten Radfahrende erkennen können.

Einerseits stehen in Deutschland einige Fachinstitutionen aus Sicherheitsgründen der Einführung von «geschützten Kreuzungen¹» nach dem Vorbild der Niederlande skeptisch gegenüber. Andererseits zeigen viele Kommunen grosses Interesse an der neuen Radwegführung. Die neue Führungsform wird als Chance betrachtet, den Radverkehr sicherer und zugleich komfortabler über den Knoten zu führen. Die Bundesanstalt für Strassenwesen BAST hat den Handlungsbedarf erkannt und eine Forschung unter dem Titel «Sicherheit und mögliche Einsatzbereiche von geschützten Kreuzungen» ausgeschrieben. Ziel der Forschung ist, die Auswirkungen von «geschützten Kreuzungen» auf die objektive und subjektive Sicherheit, das Verkehrsverhalten sowie auf die Attraktivität unterschiedlicher Verkehrsarten zu untersuchen. Vorgelagert zur Forschung führt die BAST Fahrversuche von Lkw mit Abbiegeassistenzen durch. Aktuell wurden für die Lösung nach dem Prinzip der Schutzkreuzungen auch zwei Pilotprojekte in den beiden Städten Berlin und Darmstadt (SQUADA) gestartet.

3.2.3 Fazit

Vortrittsberechtigte Velofurten sind in den Niederlanden und in Deutschland weit verbreitet und etabliert. Auch in weiteren europäischen Ländern wie beispielsweise Belgien, England, Schweden, Norwegen, Österreich und Spanien werden vortrittsberechtigte Velofurten angewendet. Zur Thematik des zweckmässigen Abstands zwischen Velofurt und Fahrbahn bestehen unterschiedliche Haltungen: Vorteile des anliegenden Radwegs sind der geringere Flächenverbrauch und die bessere Sichtbarkeit der Velofahrenden im Annäherungsbereich. Zudem sind Lkw-Warnsysteme für Abbiegemanöver auf diesen Fall ausgelegt. Der Vorteil der zurückversetzten Veloquerung liegt darin, dass die Abbiegemanöver in Etappen unterteilt werden können und der Fokus in der zweiten Etappe auf den querenden Fuss- und Veloverkehr gelegt werden kann. Der Abstand ermöglicht, dass Velofahrende zu einem gewissen Grad auf ein unverhofftes Manöver eines abbiegenden Fahrzeugs reagieren können. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass für ein indirektes Linksabbiegen genügend Warteraum zur Verfügung steht. Zudem ist bei modernen Autos die Sicht nach hinten oft erschwert; ein Versatz von 5 m erleichtert die Sicht auf Velofahrende.

In den Niederlanden besteht ein klares Bekenntnis zu zurückversetzten Querungen als Ideallösung. Diese Führungsform hat sich über Jahrzehnte etabliert und wurde im Verlauf der Jahre durch verschiedene Studien gestützt. In Deutschland sind verschiedene Haltungen feststellbar. In den letzten Jahren wurden die Diskussionen über den zweckmässigen Abstand intensiv geführt. Einig ist man sich hinsichtlich des Forschungsbedarfs, der nun durch zwei BAST-Forschungsprojekte [28] angegangen wird.

¹ Abgesetzte Führung als Velofurt

Vor dem Hintergrund der Bestrebungen für eine bessere Entflechtung bei Knoten sind zurückgesetzte Furten ein wichtiger Baustein. Dadurch lässt sich die abgesetzte Radwegführung auch über den Knoten hinweg konsequent umsetzen. Auch das Linksabbiegen kann indirekt über Furten erfolgen. Auch wenn die Sicherheitsfrage nicht abschliessend geklärt werden kann, beurteilt das Projektgremium (Projektteam und Begleitgruppe) die zurückgesetzte Anordnung als Chance für eine sichere und komfortable Veloverkehrsanlage. Bei der Sicherheitsbeurteilung wird der Vorteil, dass die Abbiegemanöver in Etappen unterteilt werden können und der Fokus in der zweiten Etappe auf querenden Fuss- und Veloverkehr gelegt wird, als gewichtig eingestuft. Am deutlichsten dürfte sich der Sicherheitsvorteil bei Zweirichtungswegen auswirken. Die heutige, in der Schweiz in der Regel angewendete strassenbegleitende Führung, ist unfallträchtig.

Die Erfahrungen aus Deutschland zeigen, dass für die Verkehrssicherheit die hochwertige Umsetzung von abgesetzten Furten entscheidend ist. Zentraler Punkt ist die Freihaltung der Sichtzonen. Die entstehenden Freiflächen bergen die Gefahr, von mobilen oder festen Elementen zugestellt zu werden.

Zurückversetzte Furten werden idealerweise mit einem Abstand von 5 m ausgebildet. Bei dieser Form ist die Sichtbarkeit zwischen Mfz-Lenkenden und den Velofahrenden optimiert. PKW-Lenkende können sich ohne Verkehrsdruck nachrückender Fahrzeuge auf der Hauptfahrspur auf den querenden Fuss- und Veloverkehr konzentrieren. Das Studium der ausländischen Knotenlösungen zeigt jedoch, dass für durchgehende Radweglösungen auch Velofurten mit 2 m Rückversatz wichtig sind. Für solche Querungsanlagen werden zusätzliche Ausstattungselemente empfohlen.

Schlussfolgerung für die Umsetzung in den schweizerischen Kontext (Studienphase III):

- Zurückversetzte Furten weiterverfolgen. Absetzmass von 5 m als favorisierter Standard, 2 m als mögliche Alternative mit Bedarf an zusätzlichen Ausstattungselementen
- Laufende Forschungen in Deutschland zu «geschützten Kreuzungen» sowie zu den Abbiegeassistenten von Lkw können für die Schweiz wertvolle Erkenntnisse liefern und sind entsprechend zu verfolgen
- Gestaltung und Anwendungskriterien aufzeigen
- Einheitliche und klare Ausgestaltung ist wichtig.

3.3 Anwendung Kreisel

3.3.1 Ausgangslage

Die Veloinfrastruktur – meist Radstreifen – wird in der Schweiz bis vor den Kreisel geführt. Im Kreisel selbst besteht Mischverkehr mit dem motorisierten Verkehr. Um gut sichtbar zu sein, sollten Velofahrende bei der Einfahrt in den Kreisel und im Kreisel selbst in der Fahrbahnmittte fahren. Um dies zu erreichen, empfiehlt die Norm eine Breite der Zufahrt von 3 – 3.5 m. Aufgrund der Schleppkurven wird häufig von der Norm abgewichen. Die Hintereinanderformation wird in der Praxis oft nicht erreicht, Velofahrende werden an den Rand gedrängt. Auch die empfohlene Fahrlinie in der Fahrbahnmittte des Kreisels wird trotz verschiedener Sensibilisierungsbestrebungen oftmals nicht befolgt.

Die Unfallanalysen (ASTRA, 2021 [2]) zeigen, dass der Anteil Velounfälle in Kreiseln besonders hoch ist. Als häufigste Unfallursache lässt sich identifizieren, dass in den Kreisverkehr einbiegende Fahrzeuge die Velofahrenden im Kreisel übersehen. Hingegen ist der Vergleich von Kreiseln mit Veloführung im Mischverkehr zu anderen Knotenformen in der Schweiz bezüglich Velosicherheit noch kaum untersucht.

Die Veloführung in Kreiseln ist in der Schweiz seit längerem ein präsent Thema. Es wird davon ausgegangen, dass Kreisel wegen des hohen Unsicherheitsgefühls häufig gemieden werden (vgl. ASTRA, 2021 [2]). Dies würde das Potenzial des Veloverkehrs begrenzen.

Im Ausland und vor allem in den Niederlanden werden die Velofahrenden bei Kreiseln mittels vortrittsberechtigter umlaufender Radwege geführt. In der Schweiz sind die rechtlichen Voraussetzungen für diese Knotenlösung nicht gegeben.

3.3.2 Erfahrungen im Ausland

Niederlande und Belgien

In den Niederlanden sind Kreisel mit umlaufenden Radwegen eine etablierte Standardlösung und entsprechend weit verbreitet. Im Interesse einer einheitlichen Infrastruktur empfiehlt die CROW diese innerorts generell vortrittsberechtigt – unabhängig vom Verkehrsaufkommen bzw. den Velofrequenzen – auszubilden (wobei die Velofrequenzen in den Niederlanden generell viel grösser sind als in der Schweiz). Ausserorts sollen Kreisel mit Vortrittsbelastung für den Veloverkehr ausgeführt werden.

Die CROW empfiehlt auch Kreisel mit umlaufendem Radweg gegenüber anderen Knotenformen wie LSA-gesteuerten Knoten oder Knoten mit Vortrittsberechtigung bevorzugt einzusetzen. Dies aufgrund des Sicherheitsgewinns.

Kreisel im Mischverkehr werden in den Niederlanden nur in schwach belasteten Quartierstrassen empfohlen. Generell gilt in den Niederlanden als Anwendungsgrenze der Führung im Mischverkehr etwa eine Verkehrsbelastung von 3000 Fz/d².

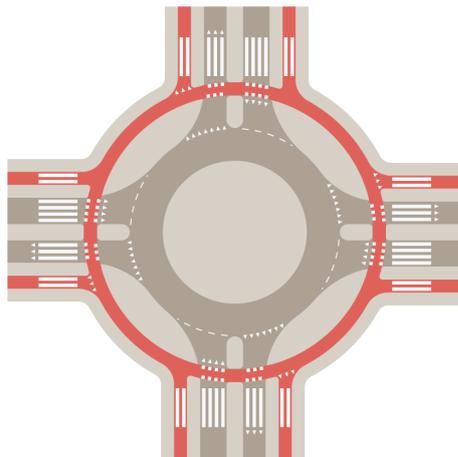


Abbildung 21: Prinzipskizze umlaufender Radweg um Kreisel

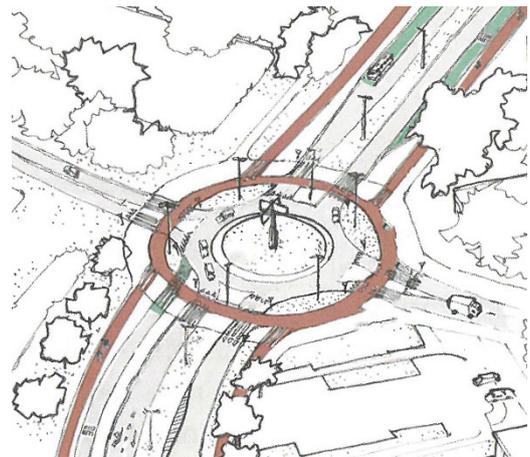


Abbildung 22: Ausgestaltung umlaufender Radweg um Kreisel gemäss CROW (2015) [7]

² Stärker belastete Verkehrsbeziehung (nicht Summe aller Knotenzufahrten)



Abbildung 23: Kreisel im Einrichtungsverkehr, Kreiseldurchmesser Fahrbahn 26 m



Abbildung 24: Kreisel mit umlaufendem Zweirichtungsradweg



Abbildung 25: Kreisel im Einrichtungsverkehr in dicht bebautem Gebiet



Abbildung 26: Kreisel im Einrichtungsverkehr, Ausgestaltung erlaubt Nebeneinanderfahren (sozialer Aspekt)



Abbildung 27: Kreisel im Einrichtungsverkehr, Kreiseldurchmesser Fahrbahn 26 m

Für die Ausgestaltung von Kreiseln mit umlaufendem Radweg lassen sich in den Niederlanden die folgenden Elemente ableiten:

- Radweg 5 m zurückversetzt vom Aussenring des Kreisels (analoge Herleitung wie in Kapitel 3.2)
- Optimierung der Geometrien, um eine niedrige Geschwindigkeit des motorisierten Verkehrs zu erreichen (z.B. durch enge Radien, schmale Kreisfahrbahn)
- Durchmesser 25 – 40 m gemäss CROW (2015) [7]
- Radweg wird möglichst dynamisch um den Kreisel geführt, um Sichtverhältnisse zu verbessern und die Fahrmanöver der Velos besser antizipieren zu können (Abbildung 28)

- Vortrittsberechtigter Velofurt teilweise mit Vertikalversatz ausgeführt
- Innerorts generell Velofurt mit Vortrittsberechtigung, ausserorts ohne Vortrittsberechtigung

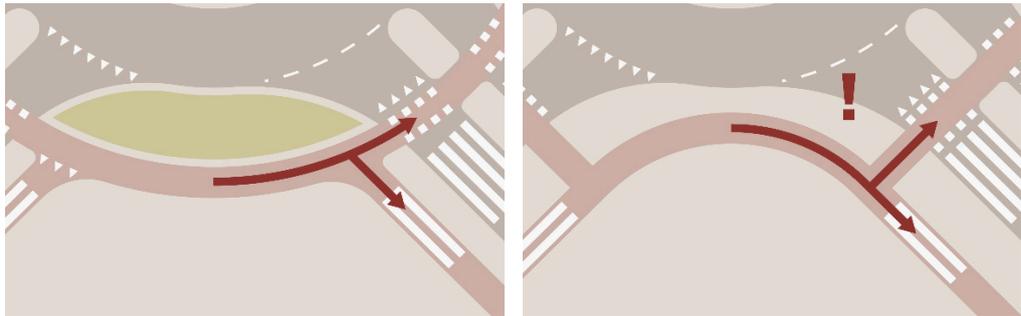


Abbildung 28: Bei vortrittsberechtigter Führung wird eine dynamische Ausbildung empfohlen, weil somit das Fahrmanöver der Velofahrenden von den abbiegenden Autolenkenden besser erkannt wird.

Forschung: In der Studie von Dijkstra (2014) [12] wird anhand einer Literaturanalyse die Sicherheit von unterschiedlichen Knotenformen untersucht. Es wird festgehalten, dass Kreisel über alle Verkehrsträger gesehen die sicherste Knotenform darstellen. Kreisel mit umlaufendem Radweg scheinen auch bei hohem Verkehrsaufkommen eine sichere Knotenform zu sein.

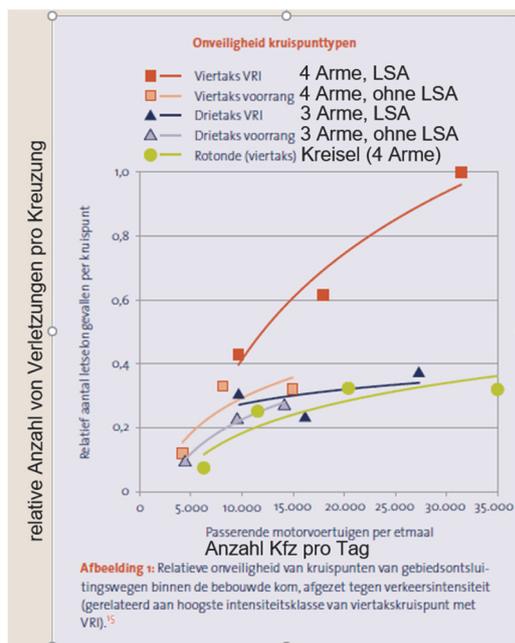


Abbildung 29: Relative Unsicherheit von Knotenformen im Vergleich zum Verkehrsaufkommen Quelle: Dijkstra (2014) [12] (punktuell übersetzt)

In den Niederlanden wurde die Sicherheit des Veloverkehrs in verschiedenen Forschungen untersucht. Im Auftrag der CROW untersuchte die DTV Consultants 2019 [9] das Unfallgeschehen aller niederländischen Kreisel mit Veloverkehr Hintergrund der Forschung war der Grundsatzentscheid, innerorts generell Kreisel mit vortrittsberechtigter Veloführung einzusetzen. Von insgesamt knapp 2500 Kreiseln sind 1700 mit vortrittsberechtigter Veloführung (ca. 70 %) ausgebildet. Das Sicherheitsniveau der Kreisel wird als hoch eingestuft. 2 % aller Velounfälle in den Niederlanden ereigneten sich in Kreiseln (Zusammensetzung restlicher Anteil geht aus Studie nicht hervor). In der Studie werden

die Unfälle auf verschiedene Führungsformen (Ein-/Zweirichtung) und Vortrittsformen (belastet/bevorzugt) ausgewiesen. Auf diese Auswertung wird nicht eingegangen, da die Unfallzahlen nicht in Bezug auf die vorhandenen Velofrequenzen erfolgen. Es können somit grosse Verzerrungen entstehen.

Mit einer Studie (Schoon, Van Minnen, 1994) [23] wurden die Unfallzahlen von rund 200 Kreuzungen, die zu Kreiseln umgebaut worden waren, untersucht. Die Studie zeigte, dass die Unfallzahlen und die Unfallschwere deutlich abnahmen. Bei den Velofahrenden konnte im Vergleich zu den anderen Verkehrsteilnehmenden eine etwas geringere Reduktion der Unfallzahlen erreicht werden. In einer Studie (Daniels et al., 2010) [11] wurden die Unfalldaten zu unterschiedlichen Kreiseltypen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Unterschiede in den Unfallraten klein sind und hauptsächlich durch das MIV-Verkehrsaufkommen bestimmt werden. Es zeigte sich zudem, dass Kreisel mit Radstreifen in Bezug auf die Sicherheit deutlich schlechter abschneiden als Kreisel mit umlaufenden Radwegen. Vergleichbare Erkenntnisse lieferte die Studie von Brüde et al (1996) [6], welche die Sicherheit der Veloführung in Kreiseln in den Niederlanden, Dänemark und Schweden analysierte. Es zeigte sich, dass die Sicherheit für den Veloverkehr in erster Linie vom Verkehrsaufkommen und der Anzahl Spuren im Kreisel abhängt. Die Studienresultate lassen darauf schliessen, dass Kreisel mit umlaufendem Radweg die sicherste Führungsform darstellen – zumindest bei hohem Verkehrsaufkommen (Summe Knotenzufahrten höher als 8'000 DTV). Bei geringerem Verkehrsaufkommen kann auch die Veloführung im Mischverkehr angewendet werden. Radstreifen im Kreisel werden als Führungsform nicht empfohlen.

Eine weitere Studie zum Umbau von Knoten zu Kreiseln (Minnen, 1995) [27] legt dar, dass umlaufende Radwege sicherer sind als die Veloführung im Mischverkehr oder Radstreifen. Zudem hält die Studie fest, dass gerade bei Kreiseln mit vortrittsberechtigter Veloführung die Gestaltung und der Betrieb einen grossen Einfluss auf die Sicherheit haben. Die Studie untersuchte auch die Auswirkungen der vortrittsberechtigten Veloführung auf die MIV-Kapazität der Kreisel. Es zeigte sich, dass die vortrittsberechtigten Veloführung sich zwar negativ auf die MIV-Kapazität auswirkt, dass dieser Effekt aber nur bei sehr stark frequentierten Kreiseln mit hohem Veloverkehrsaufkommen von Bedeutung ist. Wenn die Velofurt mindestens 5 m zurückversetzt ist, können die Kapazitätseinschränkungen reduziert werden. Gemäss Auskunft der niederländischen Veloexperten gelten in den Niederlanden die gleichen Anwendungsgrenzen für den Einsatz von einspurigen Kreiseln wie in der Schweiz: Summe aller Knotenzufahrten 2'500 Fz/Sph).

Beispiele für vom Standard abweichende Formen:

Bei engen Platzverhältnissen kommen auch Kreisel mit fahrbahnanliegender Radwegführung zur Anwendung. Diese Führungsform wird jedoch möglichst vermieden.

In den Niederlanden sind als seltene Ausnahme auch Minikreisel (Durchmesser < 26 m) in Kombination mit umlaufenden Radwegen vorhanden. Das erreichte Sicherheitsniveau dieser Spezialform konnte aber noch nicht in Erfahrung gebracht werden.



Abbildung 30: Kreisverkehr mit fahrbahnanliegendem Radweg



Abbildung 31: Kreisverkehr 22 m Durchmesser mit umlaufendem Radweg

Deutschland

In Deutschland dürfen Radfahrstreifen und Schutzstreifen aus Sicherheitsgründen auf der Kreisfahrbahn nicht angelegt werden. Es gibt die Möglichkeit der Führung im Mischverkehr oder mit umlaufenden Radwegen. In der ERA [14] und im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [13] werden die Ausgestaltung und die Anwendung von umlaufenden Radwegen bei Kreisverkehren beschrieben. Da bei der Führung auf umlaufenden Radwegen durch die Überquerung der Knotenarme zusätzliche Konfliktstellen entstehen, ist der Ausbildung und Gestaltung dieser Überquerungsstellen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Gemäss Merkblatt für die Anlagen von Kreisverkehren [13] wird bis zu einer Verkehrsbelastung von 15'000 Fz./Tag (Summe der Knoteneinfahrten) die Führung des Radverkehrs im Mischverkehr empfohlen.

Radwege sollen im Abstand von etwa 4 m vom Rand der Kreisfahrbahn direkt neben den Querungen für den Fussverkehr geführt werden. Kleinere Abstände als 2 m oder grössere Abstände als 5 m sind aus Sicherheitsgründen zu vermeiden. Die Furten sind deutlich auszugestalten: Velopiktogramm, situationsbezogen mit Einfärbung. Für die Trassierung des umlaufenden Radwegs ist eine möglichst kreisförmige Geometrie anzustreben. Eine winklige Führung ist zu vermeiden. Die Radfurten sind in der Regel vortrittsberechtigt. Bei einer Kombination mit einem Fussgängerquerung ist eine Vortrittsberechtigung zwingend erforderlich. Bei einem Abstand über 5 m ist eine Vortrittsberechtigung rechtlich nicht mehr möglich.

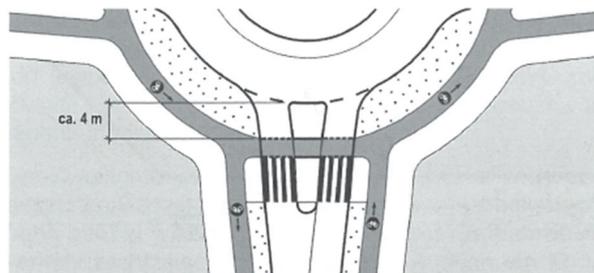


Abbildung 32: Prinzipskizze der Radverkehrsführung mit umlaufendem, vortrittsberechtigtem Radweg (Quelle: ERA, 2010 [14])



Abbildung 33: Beispiel eines umlaufenden Radwegs mit Furten

Zweirichtungsradswege sind als Ausnahmefall nur bei entsprechenden Fahrbeziehungen, z.B. bei einem durchlaufendem Zweirichtungsradsweg, vorzusehen. Solche Situationen werden besonders signalisiert und mittels Piktogramme und Richtungspfeile auf der Furt markiert. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit kann eine Velofurt mit einem Vertikalversatz ausgestattet oder farblich hervorgehoben sein.

Auch in Deutschland sind verschiedenste Forschungen zur Sicherheit des Veloverkehrs in Kreiseln publiziert. In einer Studie (Brilon, 1997) [5] wurde die Sicherheit von Kreiseln mittels Vorher-Nachher-Vergleiche untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Führungsform mit Radstreifen hinsichtlich Verkehrssicherheit eindeutig mit Nachteilen verbunden ist. Es werden sowohl Mischverkehr als auch umlaufende Radswege empfohlen. Als sichere Lösungen gelten fahrbahnanliegende Radswege und abgesetzte Radswege (4 bis 5 m).

In der Studie von Ortlepp et al. (2012) [18] wurde die Sicherheit von Kreiseln mittels Unfallanalysen und Verhaltensbeobachtungen untersucht. Auch hier wurde festgehalten, dass Kreisverkehre innerhalb des Siedlungsgebiets eine sichere Knotenform darstellen, aber die Radfahrenden weniger stark vom Sicherheitsgewinn profitieren als andere Verkehrsteilnehmende. Als sicherste Führungsform für den Radverkehr wird die Mischverkehrsführung auf der Kreisfahrbahn empfohlen. Mit zunehmender Verkehrsbelastung nimmt die Akzeptanz dieser Führungsform ab und werden die Fussgängerquerungen genutzt, um den Knoten zu umfahren. Die Kreisverkehre mit vortrittsberechtigten Velofurten weisen im Vergleich zum Mischverkehr höhere Unfallraten auf und sind bezüglich Sicherheit etwa ähnlich wie LSA geregelte Knotenlösungen einzuschätzen. Ein hoher Anteil der Unfälle steht in Zusammenhang mit Radfahrenden, die den Kreisverkehr entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befahren. Der Anteil der falsch fahrenden Velofahrenden variiert sehr stark und ist von der Situation abhängig. Bei umlaufenden Radswegen wird in der Studie die vortrittsbelastete Führung empfohlen und es wird auf die hohe Bedeutung der Sicht in den Seitenräumen hingewiesen.

In der Studie von Brilon Bondzio et al. (2017) [3] wurde die Sicherheit von umlaufenden Radswegen an Kreisverkehren untersucht. Gemäss der Studie sollte die Führung möglichst fahrbahnnah erfolgen. Weit abgesetzte Radswege (4 m und mehr) sind unsicherer. Radverkehr in zwei Richtungen führt zu erhöhtem Unfallgeschehen. Piktogramme mit Angaben der Fahrtrichtungen können in diesem Fall zur Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen.

Dänemark

In Dänemark sind Knoten mit Kreisverkehr vorhanden, im Vergleich mit der Schweiz jedoch weniger häufig. Wenn Kreisel eingesetzt werden, erfolgt die Führung des Veloverkehrs am häufigsten im Mischverkehr oder als Radstreifen auf der Kreiselfahrbahn.



Abbildung 34: Radstreifen auf der Kreiselfahrbahn in Dänemark.
Als Umsetzung für die Schweiz nicht empfohlen

3.3.3 Fazit

Die Studien und Erfahrungen zeigen, dass Kreisel generell eine sichere Knotenform darstellen – auch bei hohem Verkehrsaufkommen. Allerdings ist festzuhalten, dass beim Umbau von anderen Kreuzungsformen in Kreisel Velofahrende weniger stark vom Sicherheitsgewinn profitieren als die übrigen Verkehrsteilnehmenden. Von Radstreifen auf der Kreiselfahrbahn wird grundsätzlich abgeraten.

Vortrittsberechtigte Radwege um Kreisel sind in den Niederlanden innerorts Standard. Das System hat sich etabliert und die Unfallzahlen sind tief. Dementsprechend werden in den Niederlanden Kreisel mit umlaufenden Radwegen gegenüber Kreuzungen mit oder ohne LSA soweit möglich und sinnvoll bevorzugt. Die Knotenform wird von einer breiten Nutzergruppe angenommen.

In Deutschland werden vortrittsberechtignte Lösungen eher kritisch beurteilt und die Anwendung von Mischverkehr im Kreisel bis zu einer mittleren Verkehrsbelastung (15'000 Fz/Tag Summe aller Knotenzufahrten) priorisiert. Mit zunehmender Verkehrsbelastung nimmt die Akzeptanz dieser Führungsform ab; genutzt werden die Fussgängerquerungen, um den Knoten zu umfahren.

In der Schweiz besteht im Zusammenhang mit der Veloführung in Kreiseln, insbesondere bei hoher Verkehrsbelastung, Handlungsbedarf. Die Unfallzahlen mit Velobeteiligung sind relativ hoch. Die Kreiselfahrbahn wird oft nicht wie empfohlen in der Mitte befahren. Velofahrende werden teilweise im Kreisel übersehen.

Das Projektgremium erachtet die vortrittsberechtignte Veloführung um Kreisel als Chance, um situationsgerecht eine sichere und attraktive alternative Führung zum Mischverkehr anbieten zu können. Dies auch mit dem Ziel, Veloinfrastruktur für eine breite Nutzergruppe anbieten zu können.

Die Auswertungen aus Deutschland zeigen, dass das angestrebte Sicherheitsniveau von Kreiseln mit vortrittsberechtignten Radwegen nicht ohne Weiteres erreicht wird. Die Ausgestaltung muss sehr hochwertig und die Einführung sehr sorgfältig erfolgen.

Schlussfolgerung für die Umsetzung in den schweizerischen Kontext (Studienphase III):

- Kreisel mit umlaufendem Radweg weiterverfolgen
- Fokus auf Einrichtungsbetrieb. Bei guter Konsolidierung Zweirichtungsbetrieb in späterer Phase prüfen
- Hochwertige Umsetzung der Lösung wichtig
- Radstreifen in Kreiselfahrbahn nicht weiterverfolgen

4 C Velofurt ohne Vortritt

4.1 Ausgangslage

In der Schweiz sind Velofurten bis anhin immer mit Vortrittsbelastung geregelt. Obschon in der Norm und in der Vollzugshilfe festgehalten, zeigen sich in der Ausgestaltung deutliche Unterschiede:



Abbildung 35: Unterschiedliche Ausgestaltungen der vortrittsbelasteten Velofurten in der Schweiz

4.2 Ausgestaltungen im Ausland

Niederlande

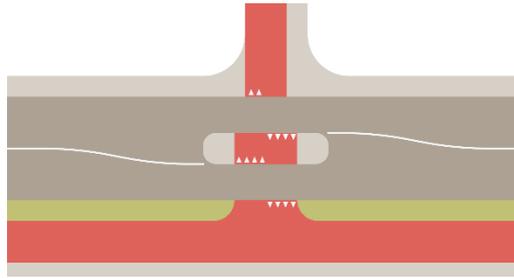


Abbildung 36: Prinzipskizze Velofurt ohne Vortritt

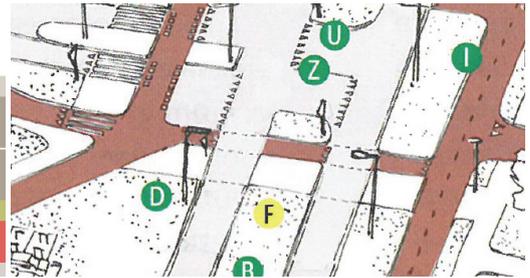


Abbildung 37: Anwendungsbeispiel Velofurt ohne Vortritt, Quelle: CROW (2015) [7]



Abbildung 38: Ausgestaltung Velofurt ohne Vortritt ohne Führungslinie



Abbildung 39: Ausgestaltung Velofurt ohne Vortritt mit Führungslinie

In den Niederlanden unterscheidet sich die vortrittsbelastete Querung deutlich von der vortrittsberechtigten Querung. Bei der vortrittsbelasteten Querung der Fahrbahn wird die Roteinfärbung bewusst unterbrochen. Es werden Vortrittsmarkierungen angebracht – auch auf der Mittelinsel. Optional wird die Führung im Querungsbereich mit dünnen weißen Führungslinien verdeutlicht. Die Velofurt ohne Vortritt ist auch in den Niederlanden oftmals kombiniert mit einer Fußgängerquerung. Im Normalfall weisen beide Querungen das gleiche Vortrittsregime auf. Es gibt aber auch Ausnahmefälle, in denen das Velo im Gegensatz zum Fußverkehr vortrittsbelastet ist.

Der Fahrfluss des Veloverkehrs kann bei breiten Mittelinseln (3.00 m bis 3.50 m) stark verbessert werden.

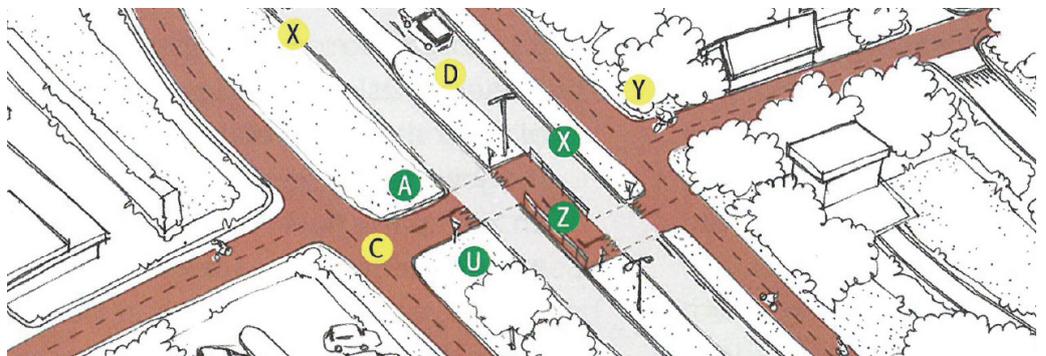


Abbildung 40: Bei versetzten Velofurten Befahrbarkeit mit größeren Velos (z.B. Lastenvelos) beachten, Quelle: CROW (2015) [7]

Velofurten werden auch versetzt angeordnet. Dadurch werden der Querungsvorgang in zwei Etappen betont und die Sicht auf die zu querenden Fahrspuren verbessert. Es braucht allerdings etwas mehr Platz; die Befahrbarkeit für grössere Velos ist erschwert und aufgrund der indirekten Führung insgesamt weniger attraktiv. Die versetzte Velofurt wird prioritär ausserorts angewendet.

Deutschland

In der ERA [14] und im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [13] ist die Ausgestaltung und Anwendung der Velofurt ohne Vortritt aufgezeigt. Die Ausgestaltung unterscheidet sich deutlich von der vortrittsberechtigten Velofurt. Die Vortrittsbelastung der Veloquerung ist durch verkleinerte Signale (Zeichen 205 StVO, Vorfahrt gewähren) und Haltelinien zu verdeutlichen. Die Mittelinsel ist mind. 2.5 m breit zu projektieren.

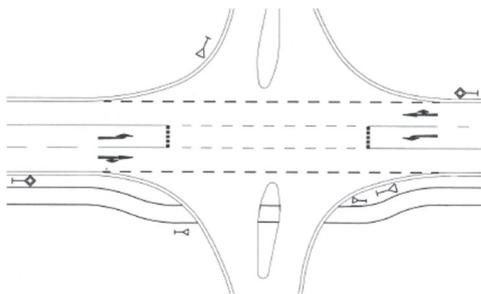


Abbildung 41: Vortrittsbelastete Radverkehrsfläche
Quelle: ERA, 2010 [14]



Abbildung 42: Beispiel einer vortrittsbelasteten Veloquerung in Deutschland

4.3 Fazit

Im Ausland wird die Ausgestaltung der Velofurten ohne Vortritt deutlich von der Velofurt mit Vortritt unterschieden. Dies ist auch für die Schweiz anzustreben.

Durch die einheitliche Ausgestaltung kann das Erwartungsmanagement verbessert werden und somit die Sicherheit erhöht werden. Dies soll bei der Umsetzung in der Schweiz durch klare Vorgaben des Bundes an die Vollzugsbehörden erreicht werden.

Versetzte Lösungen können punktuell eingesetzt werden, wenn es sich aufgrund der Situation anbietet.

Schlussfolgerung für die Umsetzung in den schweizerischen Kontext (Studienphase III):

- Klare Unterscheidung der Velofurt ohne Vortritt gegenüber der Velofurt mit Vortritt
- Einheitliche Ausgestaltung der Velofurt ohne Vortritt in der Schweiz durch klare Vorgaben

5 D Velofurt mit Lichtsignal

5.1 Einleitung

Lichtsignalgeregelte Knoten sind in der Schweiz weit verbreitet. Der Veloverkehr wird in der Regel auf der Fahrbahn geführt. Die Verflechtungen sind oft anspruchsvoll und nicht für eine breite Nutzergruppe geeignet. Im Rahmen der Entflechtungsstudie wird der Fokus bei lichtsignalgeregelten Knoten auf die niederländische Lösung mit umlaufendem Radweg oder die dänische Lösung mit indirektem Linksabbiegen (siehe Kap. 6) gelegt.

Die niederländische Lösung mit umlaufendem Radweg bedeutet die Führung über Velofurten mit Lichtsignal. Diese Anwendung ist in der Schweiz bereits gemäss heutiger Gesetzgebung möglich.

Im Unterschied zu den Niederlanden ist in der Schweiz das Konfliktgrün nur für querende Fussgänger erlaubt. Die rechtlichen Voraussetzungen sind für Konfliktgrün mit querenden Velofahrenden nicht gegeben.

In der Schweiz sind einzelne LSA-Kreuzungen mit umlaufendem Radweg vorhanden. Es werden vermehrt solche Ansätze geprüft. Exemplarisch ist in Anhang eine Projektstudie aus Dübendorf abgebildet.

Im Rahmen des Forschungsprojekts «Langsamverkehrsfreundliche Lichtsignalanlagen» (Störr et al. 2017 [26]) wurden in der Stadt Basel verschiedene Ansätze getestet, die dem Veloverkehr Erleichterungen an der Lichtsignalanlage bringen sollen.

5.2 Erfahrungen im Ausland

Niederlande

Bei LSA-gesteuerten Knoten erfolgt in den Niederlanden in der Regel die Veloführung über einen umlaufenden Radweg. Für die Anwendung lassen sich folgende Hinweise ableiten:

- Konfliktfreie Schaltung als Standard
- Einsatzbereich bei Verkehrsbelastungen zwischen 10'000 und 30'000 Fz/Tag (DTV, Summe Knotenzufahrten)
- Optimierte Wartezeiten für Velos (Qualitätsstufe gut: mittlere Wartezeit 15 bis 30 s)
- Velofurt 5 m zurückversetzt
- Ausgestaltung der Querung: vortrittsbelastet über übergeordnetem Knotenarm, vortrittsberechtigigt über untergeordnetem Knotenarm

Generell gilt anzumerken, dass in den Niederlanden Kreisel mit umlaufendem Radweg aus Sicherheits- und Komfortgründen gegenüber LSA gesteuerten Knoten mit umlaufendem Radweg bevorzugt werden.

Die Optimierung der Wartezeiten für das Velo ist in den Niederlanden ein wichtiger Aspekt. Aus längeren Wartezeiten resultiert Fehlverhalten, das die Sicherheit der Verkehrsinfrastruktur beeinträchtigen kann.

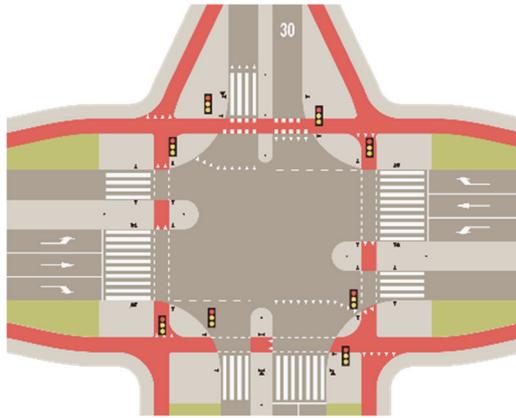


Abbildung 43: Prinzipskizze LSA-Knoten mit umlaufendem Radweg. Markierung über Nebenstrasse vortrittsberechtigt, über Hauptstrasse vortrittsbelastet

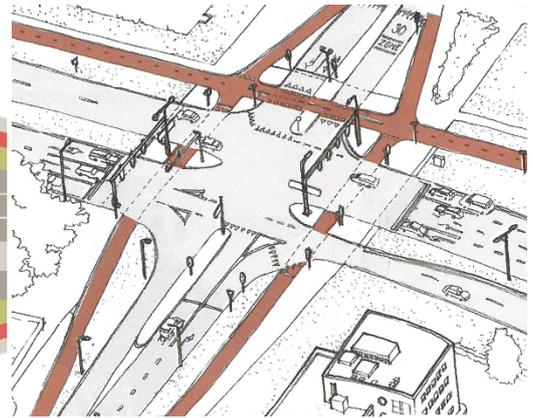


Abbildung 44: Ausgestaltung LSA-Knoten mit umlaufendem Radweg gemäss CROW (2015) [7]



Abbildung 45: Umlaufender Radweg im Zweirichtungsbetrieb



Abbildung 46: Umlaufender Radweg im Zweirichtungsbetrieb



Abbildung 47: Mit zusätzlichem Signal wird für die Linksabbiegebeziehung die schnellste Kombination der Grünphase angezeigt



Abbildung 48: Umlaufender Radweg im Einrichtungsbetrieb



Abbildung 49: Bei engen Verhältnissen
Anordnung der Velofurt ohne Rückversatz

In Ausnahmesituationen (z.B. enge räumliche Verhältnisse, wenig rechtsabbiegende Fahrzeuge) werden in den Niederlanden die querenden Velofahrenden im Konflikt mit den rechtsabbiegenden Motorfahrzeugen geschaltet. In der CROW (2015) [7] ist dies nicht als Lösung aufgeführt, allerdings besteht ein Hinweissignal. Bei neuen Knotenumgestaltungen wird diese Lösung im Konflikt möglichst vermieden. Lösungen mit Konfliktschaltungen bedürfen einer zusätzlichen Ausstattung:

- Warnschild und Warnlampe
- Sichtzonen gewährleistet
- Bei Bedarf verkehrsberuhigende Massnahmen
- In der Regel 5 m abgesetzte Furt

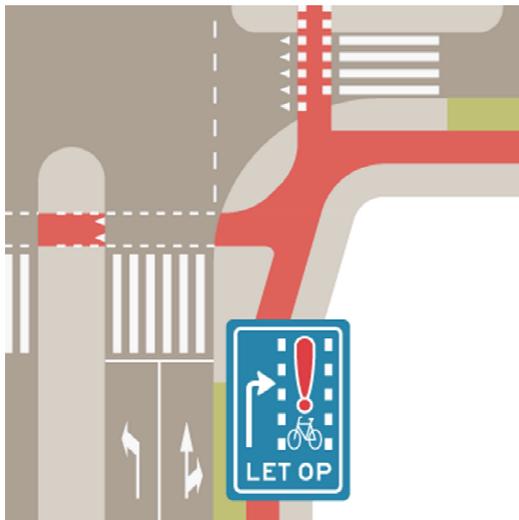


Abbildung 50: Signalisation in NL für Konfliktschaltung
Rechtsabbieger und querende Velos

Vereinzelte bestehen LSA-Kreuzungen, bei denen alle Velofahrenden gleichzeitig eine Grünphase erhalten (sog. «Rundum-Grün»). Die Kreuzungen können auch diagonal gequert werden, was insbesondere bei hohem Linksabbiegeranteil Vorteile mit sich bringt. In Kombination mit zwei Grünphasen pro Umlauf verkürzen sich dadurch die Wartezeiten für den Velo- und Fußverkehr deutlich. Diese Signalisationsform wird in den Niederlanden bei Knoten mit geringer bis mittlerer Verkehrsbelastung und hohen Velofrequenzen (in der Regel in Innenstadtbereichen) sowie wichtigen diagonalen Velobeziehungen angewendet.



Abbildung 51: Rundum-Grün für Velofahrende



Abbildung 52: Optional mit eigenem Signal für Rundum-Grün

Deutschland

In der ERA [14] werden Aussagen zu Gestaltung und Betrieb von Velofurten mit LSA-Steuerung gemacht. Die Empfehlungen sind weitgehend vergleichbar mit Velofurten mit Vortritt (Kapitel 3). In Deutschland werden für Einrichtungsradwege abgesetzte Velofurten nicht empfohlen. Der Veloverkehr soll in der Regel fahrbahnnah (bis 1 m) geführt werden, um möglichst gute Sichtverhältnisse sicherzustellen. Die Signalisierung erfolgt gemeinsam mit dem motorisierten Verkehr.

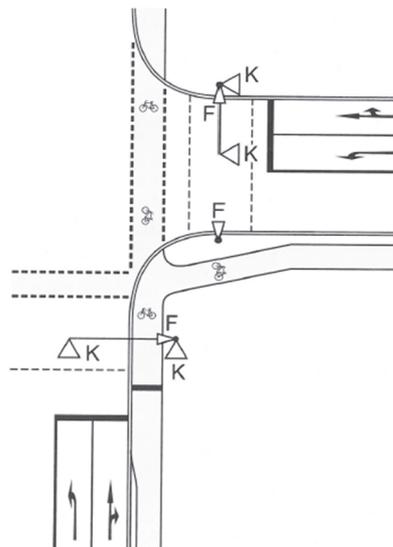


Abbildung 53: Prinzipskizze für Radverkehrsfurt mit LSA
Quelle: ERA, 2010 [14]

Die Konfliktschaltung von querenden Velofahrenden mit den rechtsabbiegenden Motorfahrzeugen ist in Deutschland weit verbreitet.

Bei Zweirichtungsradwegen sind an den Knotenpunkten jeweils alle Fahrbeziehungen zu berücksichtigen – also auch jene, die durch links fahrenden Veloverkehr auftreten können. Dies bedingt besondere Vorkehrungen wie beispielsweise spezielle Aufstellflächen. Diese lassen sich bei abgesetzten Radverkehrsfurten im Seitenraum besser einbinden als fahrbahnanliegend. Deshalb werden die Furten von Zweirichtungsradwegen abgesetzt.

Einige Elemente der «Schutzkreuzung» werden in Deutschland kritisch diskutiert. Mit einem Forschungsvorhaben soll nun Klarheit über die Sicherheit und mögliche Einsatzbereiche geschaffen werden (vgl. Kapitel 3.2.2).

Auch in Deutschland ist die Signalisierung des Rundum-Grüns bekannt. Sie wird u.a. beim Übergang von Zwei- auf Einrichtungsradwegen angewendet.

England

In Manchester läuft derzeit der Testbetrieb (Royce Rd) für eine LSA-gesteuerte Kreuzung mit abgesetztem Radweg kombiniert mit der Führung auf der Fahrbahn («Velo-sack»). Speziell an dieser Lösung ist, dass die Führung der Zufussgehenden auf der Innenseite erfolgt. Dadurch werden die Umwege kürzer. Zudem können die Anzahl «Konfliktpunkte» zwischen dem Fuss- und Veloverkehr reduziert werden. Nachteilig hingegen ist, dass die übriggebliebenen Konfliktpunkte stärker frequentiert sind. Die Grünphasen für den Velo- und Fussverkehr werden mit «Rundum-Grün» geschaltet. Die Radwegfurt ist grün eingefärbt und mit Blockmarkierungen versehen.



Abbildung 54: Testbetrieb in Manchester, LSA-Kreuzung mit umlaufendem Radweg und Fussgängerführung auf Innenseite



Abbildung 55: Testbetrieb in Manchester

5.3 Fazit

In der Schweiz ist die LSA-gesteuerte Velofurt bereits heute möglich. Der Einsatz und die Gestaltung sind noch zu vertiefen. In den Niederlanden und in Deutschland ist die Lösung weitgehend etabliert.

Ein kontroverses Thema stellt das Rechtsabbiegen in Konflikten dar. Hier zeigt sich das Spannungsfeld zwischen Sicherheit und Leistungsfähigkeit. In Deutschland ist diese Lösung relativ verbreitet, wird aber bei neueren Projekten eher vermieden. In den Niederlanden wird die Konfliktschaltung nur im Ausnahmefall signalisiert. Meist bedingt die Vermeidung von Konflikten eine separate Rechtsabbiegespur. In Dänemark ist Konfliktgrün der Regelfall (siehe Kapitel 6.2), wobei die Veloführung auf der Fahrbahn und nicht über Furten erfolgt.

Auf der einen Seite ist in Schweizer Städten das System des Rechtsabbiegens in Konflikt mit Zufussgehenden bekannt. Es stellt sich die Frage, inwieweit sich dies auch auf eine Veloquerung übertragen lässt. Abbiegende Fahrzeuge weisen eine tiefe Geschwindigkeit auf. Die Konfliktschaltung ermöglicht einen geringeren Flächenverbrauch, höhere Leistungsfähigkeit, grössere Anwendungspotenziale und längere Grünzeiten fürs Velo. Auf der anderen Seite werden im Ausland aufgrund der Sicherheitsbedenken solche Situationen möglichst vermieden. Die Velofahrenden weisen andere Geschwindigkeiten auf als Zufussgehende. Unter Umständen kann ein Grünlicht noch verstärkend wirken und Hektik auslösen, damit die Grünphase noch genutzt werden kann. Für die Umsetzung in der Schweiz wird empfohlen, vorerst bei LSA-Kreuzungen umlaufende Radwege (sog. Schutzkreuzungen) ohne Konflikt einzuführen und Erfahrungen zu sammeln sowie die laufenden Forschungen in Deutschland abzuwarten.

Für die Akzeptanz und den Komfort sind durch Optimierung der LSA-Steuerung möglichst kurze Wartezeiten für den Veloverkehr anzustreben.

Schlussfolgerung für die Umsetzung in den schweizerischen Kontext (Studienphase III):

- LSA mit umlaufendem Radweg weiterverfolgen
- Rechtsabbiegen in Konflikt im Rahmen der Entflechtungsstudie nicht weiterbearbeiten. Entwicklungen jedoch weiterverfolgen, insbesondere auch Resultate der Forschung in Deutschland der BASt zu «geschützten Kreuzungen»

6 E Indirektes Linksabbiegen

6.1 Ausgangslage

Die Entflechtung in Kreuzungen mittels indirektem Linksabbiegen ist vor allem aus Dänemark bekannt, wo dies als Regelfall angewendet wird. Das indirekte Linksabbiegen wird jeweils als Gesamtknotensystem über alle vier Knotenäste angeordnet.

In der Schweiz wird das indirekte Linksabbiegen insbesondere in Städten angewendet. Die Anordnung erfolgt jeweils im untergeordneten Knotenarm. Die Knotenlösung ist in der Norm verankert. Im Verkehrsrecht ist die konkrete Ausgestaltung nicht enthalten. Ein Vorsignal ist im heutigen Recht nicht vorgesehen. Es sind in der Schweiz unterschiedliche Ausgestaltungen vorhanden:



Abbildung 56: Unterschiedliche Ausgestaltung des indirekten Linksabbiegens in der Schweiz



Abbildung 57: Unterschiedliche Vorsignale für indirektes Linksabbiegen in der Schweiz

Mit dem Ziel einer intuitiven Veloführung soll im Rahmen der Entflechtungsstudie die ideale Ausgestaltung geklärt werden. Zudem soll die Entflechtungsstudie Aufschluss über eine mögliche Einführung des indirekten Linksabbiegens als Gesamtknotensystem in der Schweiz geben.

6.2 Erfahrungen im Ausland

Dänemark

In Dänemark ist das indirekte Linksabbiegen Standard und wird als Grundsystem angewendet. Linksabbiegende Velos queren den Knoten und stellen sich an der gegenüberliegenden Seite auf. Um genügend Fläche für die Aufstellbereiche anzubieten, die Sichtbarkeit zu verbessern und Konflikte zu Beginn der Grünphase zu reduzieren werden die Haltelinien für die MIV-Fahrspuren mind. 5 m hinter den Haltelinien für Velos zurückversetzt.

Kreuzungen mit Lichtsignalanlage werden oft nur mit zwei Phasen pro Umlauf gesteuert. Der Umlauf wird bewusst kurzgehalten (ca. 60 s). Die linksabbiegenden Fahrzeuge werden in Konflikt geschaltet. Somit werden die Wartezeiten berechenbar und es entstehen keine langen Wartezeiten für linksabbiegende Velos.

Markierungen werden zurückhaltend eingesetzt. Der Warteraum für das indirekte Linksabbiegen wird nicht markiert. Abschnittsweise verdeutlichen weisse Blockmarkierungen und Velopiktogramme die Führung. Bei komplexeren Knotenformen erfolgt teilweise eine blaue Einfärbung der Veloquerung. Die blaue Einfärbung wird jedoch nur für spezielle Situationen empfohlen. In einer Studie mit Vorher-/Nachher-Betrachtung (Jensen, 2008 [17]) wurde an 65 Kreuzungen mit Lichtsignalen die Wirkung zu blauen Markierungen untersucht. Es zeigte sich, dass mit einer blau eingefärbten Querung die Unfallzahlen um 10 % reduziert werden konnten. Bei zwei oder vier eingefärbten Querungen nahmen die Unfallzahlen deutlich zu. Daher werden maximal zwei markierte Querungen pro Kreuzung empfohlen.

Beim Entwurf der Knoten wird viel Wert auf die Sichtbarkeit der Velofahrenden gelegt, so ist beispielsweise wie in der Schweiz das Parkieren in Knotennähe (10 m) verboten.

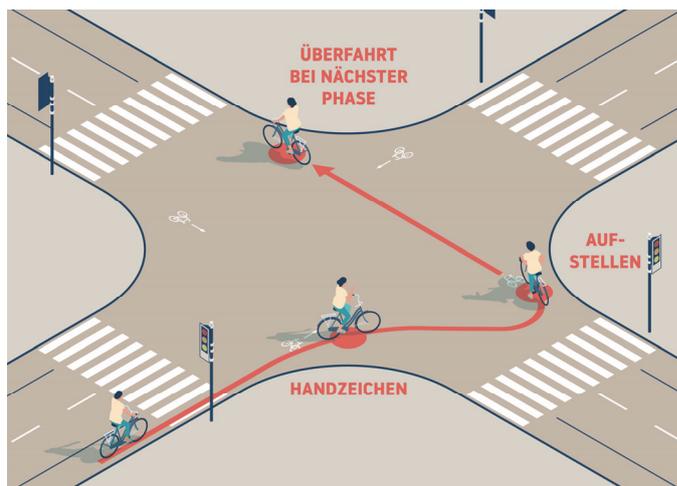


Abbildung 58: Prinzipskizze indirektes Linksabbiegen in Dänemark



Abbildung 59: Deutliches Handzeichen vor Abbrems- und Ausschwenkmanöver

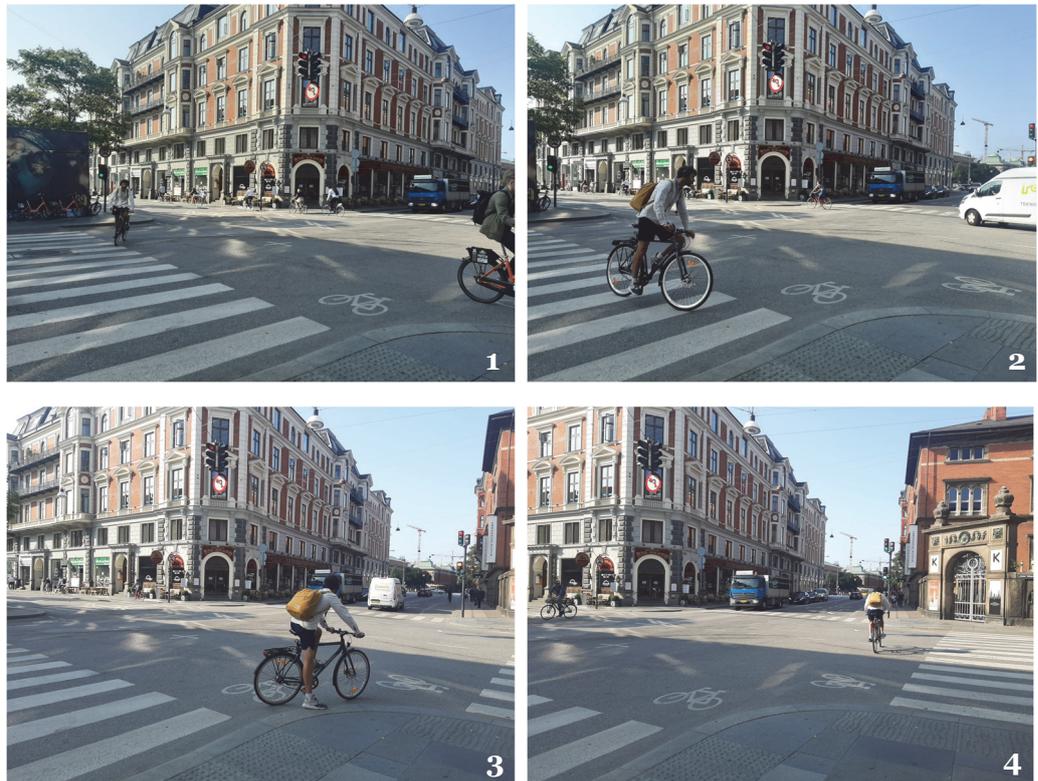


Abbildung 60: Fahrmanöver beim indirekten Linksabbiegen in Kopenhagen



Abbildung 61: Aufstellbereich für indirektes Linksabbiegen in DK

Deutschland

Auch in Deutschland ist das indirekte Linksabbiegen als Knotensystem verbreitet. Die Anwendung erfolgt bei hohem Verkehrsaufkommen und eher geringem Anteil an abbiegendem Radverkehr (Brenner Bernard Ingenieure, 2017 [4]). Im Gegensatz zu Dänemark wird allerdings eine deutlich ausgeprägtere Markierungssprache verwendet. Die Furt und die Aufstellfläche werden oft rot eingefärbt und die Führung wird oft mittels breiter Führungslinien, Velopiktogrammen und Pfeilen angezeigt. Zudem wird eine Hinweistafel verwendet. Die Aufstellfläche für den indirekten Linksabbieger ist geringfügig versetzt neben der Geradeausspur und im unmittelbaren Blickfeld der querenden Fahrzeuge.

Auch in Deutschland wird auf die Steuerung der LSA ein Augenmerk gelegt. Der indirekt abbiegende Veloverkehr soll 2 bis 4 Sekunden eher Grün erhalten als der nachfolgende motorisierte Verkehrsstrom (ERA [14]).

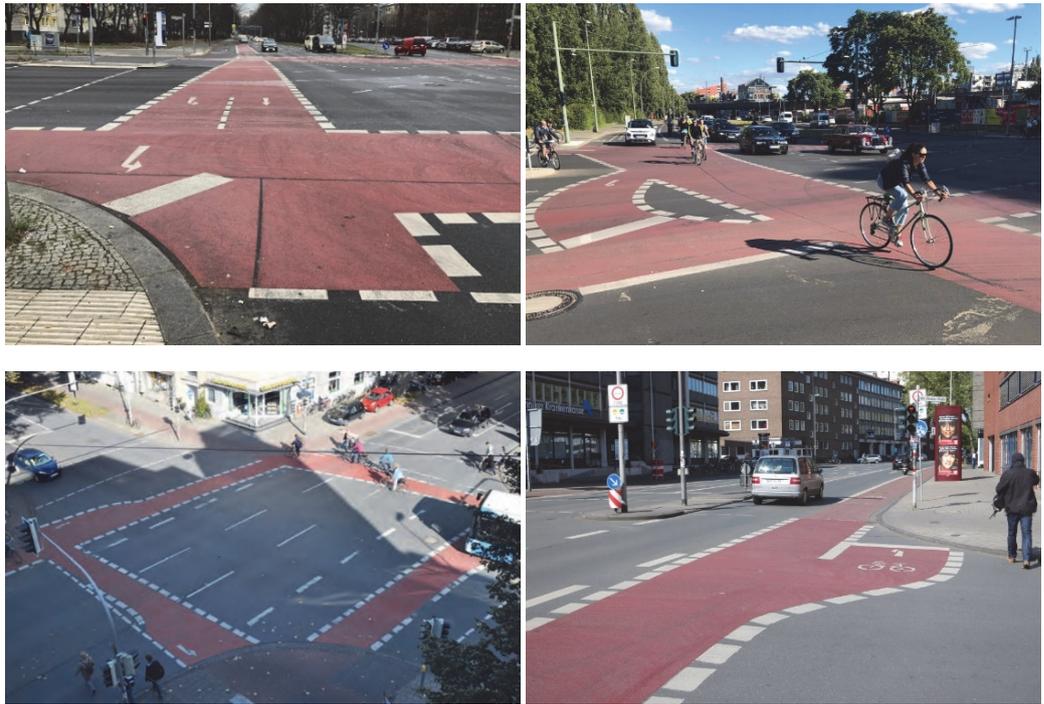


Abbildung 62: Anwendungsbeispiele in Deutschland, Indirektes Linksabbiegen

Niederlande

In den Niederlanden werden grundsätzlich Lösungen mit abgesetztem Radweg bevorzugt. Vereinzelt wird bei Knoten mit beengten Platzverhältnissen und bei geringem Verkehrsaufkommen das indirekte Linksabbiegen eingesetzt. Das indirekte Linksabbiegen kommt dabei meist auf den vortrittsbelasteten Knotenarmen zur Anwendung. Dabei wird genügend Platz für die Aufstellflächen der Abbiegenden vorgesehen (idealerweise 2 m).

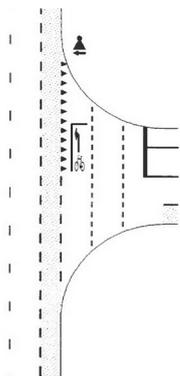


Abbildung 63: Ausgestaltung indirektes Linksabbiegen gemäss CROW (2016) [8]

6.3 Fazit

In der Schweiz ist indirektes Linksabbiegen über Normen verankert, jedoch nur für das indirekte Linksabbiegen im vortrittsbelasteten Knotenarm. Die Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass zum indirekten Linksabbiegen als Knotensystem kaum Sicherheitsbedenken bestehen. Gerade in Dänemark ist diese Lösung Standard. Es wird bewusst eine zurückhaltende Gestaltung und Signalisation angewendet. Die Führung und die Aufstellflächen werden nur in komplexen Knoten punktuell markiert. Die zurückhaltende Markierung ist möglich, weil das indirekte Linksabbiegen die Standardlösung ist. In Deutschland wird im Gegensatz zu Dänemark eine deutlich markantere Gestaltungssprache verwendet.

Die Ausgangslage in der Schweiz ist vergleichbarer mit der in Deutschland, wo das indirekte Linksabbiegen bei einzelnen Knoten, nicht aber flächendeckend umgesetzt ist. Daher wird für die Schweiz empfohlen, eine klare Markierungssprache für eine intuitive Nutzung zu entwickeln.

Schlussfolgerung für die Umsetzung in den schweizerischen Kontext (Studienphase III):

- indirektes Linksabbiegen in untergeordnetem Knotenarm: Führung durch Markierung verdeutlichen
- indirektes Linksabbiegen als Knotensystem weiterverfolgen und Ausgestaltung aufzeigen (Markierung und Signalisation)

III Umsetzung Schweiz

1 Grundelemente

Aus der Prüfung der ausländischen Knotenlösungen wurden für die Übersetzung in die schweizerische Markierungssprache 5 Grundelemente identifiziert:

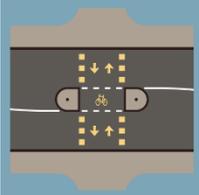
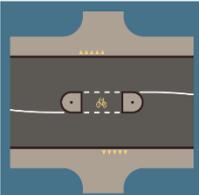
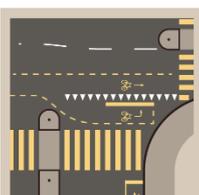
		STANDARD	BESCHRIEB
QUERUNGSANLAGE	A  RADWEG MIT VORTRIFF		Vortrittsberechtigte Fahrt entlang Radweg (Fahrbahn quert Radweg) <i>Einsatz bei frei geführten Radwegen (i.d.R. hochwertige Velorouten wie Velobahnen, Velovorzugsroute)</i>
	B  VELOFURT MIT VORTRIFF		Vortrittsberechtigte Querung (Radweg quert Fahrbahn) <i>Einsatz bei Querungen im Bereich von Kreuzungen. Auf freier Strecke mit zusätzlichen Massnahmen möglich.</i>
	C  VELOFURT OHNE VORTRIFF		Vortrittsbelastete Querung (Radweg quert Fahrbahn)
	D  VELOFURT MIT LICHTSIGNAL		Phasengeregelte Querung
	E  INDIREKTES LINKSABBIEGEN		Linksabbiegemanöver in zwei Etappen bei LSA-gesteuerter Kreuzung

Abbildung 64: Überblick Grundelemente

1.1 Markierung

Für die Grundelemente wurden im Rahmen der vorliegenden Studie die folgenden Markierungselemente entwickelt.

		MARKIERUNG	BESCHRIEB
QUERUNGSANLAGE	A	RADWEG MIT VORTRIFF 	 Markanter Richtungspfeil und Mittellinien als optionale Elemente zur Verdeutlichung der vortrittsberechtigten Fahrt
	B	VELOFURT MIT VORTRIFF 	 Blockmarkierung als neues Element für die vortrittsberechtignte Velofurt (analog Fussgängerstreifen). Markanter Richtungspfeil als optionales Element
	C	VELOFURT OHNE VORTRIFF 	 Minimale Markierung zur klaren Unterscheidung gegenüber vortrittsberechtigter Velofurt
	D	VELOFURT MIT LICHTSIGNAL 	 Markierung gemäss B oder C
	E	INDIREKTES LINKSABBIEGEN 	 Verdeutlichung Fahrlinie zum Aufstellbereich

Abbildung 65: Markierung der Grundelemente

- Für alle Markierungselemente der Veloverkehrsanlagen wird die gelbe Farbe verwendet. Markierungsentwürfe mit anderen Farben wurden verworfen.
- Für die Velofurt mit Vortritt wird in Anlehnung ans Ausland eine Blockmarkierung vorgeschlagen. Diese wird durch mind. ein zusätzliches Element ergänzt: markanter Fahrtrichtungspfeil, Roteinfärbung oder Velopiktogramm. Verworfenen Varianten sind im Anhang ersichtlich.
- Die Velofurt ohne Vortritt soll sich klar von der Velofurt mit Vortritt unterscheiden. Daher wird bewusst eine dezente Markierung eingesetzt und auf eine Markierung auf der Fahrbahn verzichtet.
- Bei LSA-geregelten Querungen besteht die Möglichkeit, eine vortrittsberechtignte (B) oder vortrittsbelastete Velofurt (C) zu markieren. Das gewählte Vortrittsregime tritt dann in Kraft, wenn die LSA-Anlage ausgeschaltet oder «gelb blinkend» ist.
- Für das indirekte Linksabbiegen wird die Fahrlinie zum Aufstellbereich verdeutlicht.

Markanter Fahrtrichtungspfeil

Als neues Markierungselement wird die Einführung der markanten Fahrtrichtungspfeile empfohlen. Diese richten sich sowohl an die Velofahrenden als auch an die Motorfahrzeuge und sollen die Erkennbarkeit und den Betrieb der Querung (Ein- oder Zweirichtung) verdeutlichen. Pfeile sollen aber primär dazu verwendet werden, Fahrrichtungen anzuzeigen und nicht der generellen Sichtbarmachung der Querungsanlage dienen.

Die markanten Fahrtrichtungspfeile sollen im Zweirichtungsbetrieb sowohl beim Radweg mit Vortritt (A) als auch bei der Velofurt mit Vortritt (B) eingesetzt werden.

Bei Velofurten im Einrichtungsbetrieb ist der Einsatz der markanten Pfeile in der nachgelagerten Pilotphase zu klären: Einerseits kann der markante Richtungspfeil den Betrieb der Velofurt verdeutlichen und in unklaren Situationen den Anteil an falsch fahrenden Velos reduzieren. Dies kann die Sicherheit erhöhen, denn gemäss einer Auswertung zu den Velofurten bei Kreiseln konnte ein hoher Anteil an Unfällen mit Velofahrenden festgestellt werden, welche die Querung entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befahren [18]. Andererseits bestehen Bedenken, dass Mfz-Lenkende sich auf Velofahrende von der vorgeschriebenen Richtung konzentrieren und falsch fahrende Velofahrende leichter übersehen. Unklar ist auch bei Velofurten in Kombination mit Fussgängerstreifen, ob die Fahrtrichtungspfeile die Aufmerksamkeit der Mfz-Lenkenden auf den querenden Fussverkehr der entgegengesetzten Richtung reduzieren.

Wird bei der Velofurt mit Vortritt auf die markanten Richtungspfeile verzichtet, sind Roteinfärbung oder das Velopiktogramm zur Verdeutlichung der Velofurt einzusetzen.

Die markanten Fahrtrichtungspfeile werden im Kanton Zürich bereits angewendet:



Abbildung 66: Anwendungsbeispiel dicker Fahrtrichtungspfeile in der Zweierstrasse Zürich

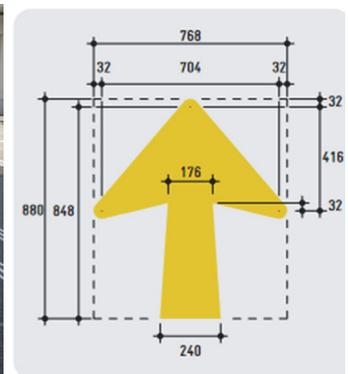


Abbildung 67: Abmessungen Pfeil, Quelle: Anlagen für den leichten Zweiradverkehr des Kantons Zürich, 2012

1.2 Signalisation

Mit der neuen Vortrittsform «Velofurt mit Vortritt» ergibt sich ein Bedarf zur Ergänzung der Signalisationspalette. In Anlehnung an das Signal 4.11 «Standort eines Fussgängerstreifens» ist ein Hinweissignal zu entwickeln. Zudem ist auch ein kombiniertes Signal von Fussgängerstreifen und Velofurt mit Vortritt zu ermöglichen. Die folgende Abbildung zeigen erste Ideen für die Ausgestaltung dieser beiden Signale. Die definitive Ausgestaltung der Signale wird nach positiver Pilotphase im Rahmen der rechtlichen Umsetzung bestimmt.



Abbildung 68: Rohentwurf Hinweissignal Veloquerung mit Vortritt und Kombination mit Fussgängerstreifen

Ein weiterer Bedarf für ein zusätzliches Signal besteht im Zusammenhang mit zurückversetzten vortrittsberechtigten Velofurten. Hier kann ein Konflikt zwischen den rechtsabbiegenden Fahrzeugen und dem Veloverkehr entstehen. Im Ausland werden die rechtsabbiegenden Fahrzeuge mit einem spezifischen Signal auf die sensible Situation aufmerksam gemacht. Es wird vorgeschlagen, ein solches Vortrittssignal auch in der Schweiz vorzusehen.

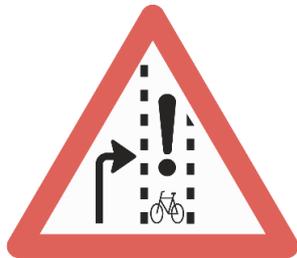


Abbildung 69: Rohentwurf Vortrittssignal für vortrittsberechtigte Velofurt bei sensiblen Situationen

2 Aufbau Knotenlösungen

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die verschiedenen Grundelemente. Ziel ist aufzuzeigen, wie die Lösung standardmässig umgesetzt werden soll. Aus den Erfahrungen der Studie Ausland werden auch optionale Elemente ergänzt. Bei einigen Lösungen ist es möglich, im Fall von sehr einfachen Situationen vom Standard abzuweichen. Dazu wird die minimale Ausgestaltung aufgezeigt.

	A RADWEG MIT VORTRIFF	B VELOFURT MIT VORTRIFF	C VELOFURT OHNE VORTRIFF	D VELOFURT MIT LICHTSIGNAL	E INDIREKTES LINKSABBIEGEN MIT LICHTSIGNAL
STANDARD					
OPTIONAL					
MINIMAL					
KNOTEN					

Abbildung 70: Aufbau Knotenlösungen

3 A Radweg mit Vortritt

3.1 Grundelemente



Abbildung 71: Radweg mit Vortritt

Die vortrittsberechtigte Führung von Radwegen wird sowohl im Kontext von frei geführten als auch von strassenbegleitenden Radwegen angewendet. Nachfolgende Empfehlungen für die Ausgestaltung und Anwendung beziehen sich auf frei geführte Radwege. Bei strassenbegleitenden Radwegen soll die Überfahrt gemäss Kapitel 4 ausgestaltet werden.

Anwendung in der Schweiz:

- Stark frequentierte Veloroute
- Günstiges Verhältnis von Velofahrenden zu querenden Mfz (Beispiel NL: Weniger als 2 Mfz pro Velo)
- Niedrige Annäherungsgeschwindigkeit querender Mfz
- Ausreichende Sichtverhältnisse

Vortrittsberechtigte Radwege sind als Gesamtanlage zu planen. Als Standardelemente sind vorgesehen:

- Markierung:
 - Mittellinie
 - Velopiktogramme und «markante» Fahrtrichtungspfeile im Querungsbereich
- Vortritt- und Hinweissignal Veloquerung
- Beleuchtung
- Bei Situationen ohne Fussgängerführung: Vertikalversatz und Vortrittmarkierung
- Bei Situationen mit Fussgängerführung: Trottoirüberfahrt

Standard

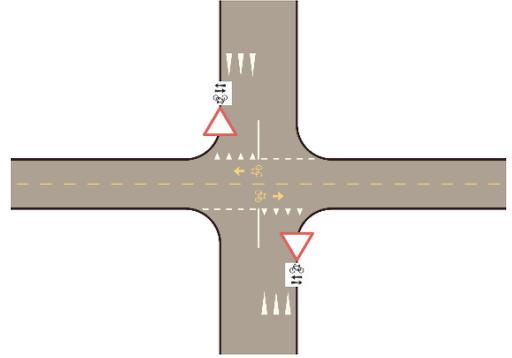


Abbildung 72: Standard ohne Fußgängerführung längs des Radwegs

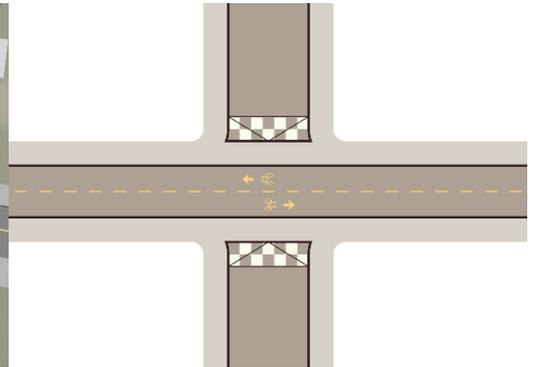
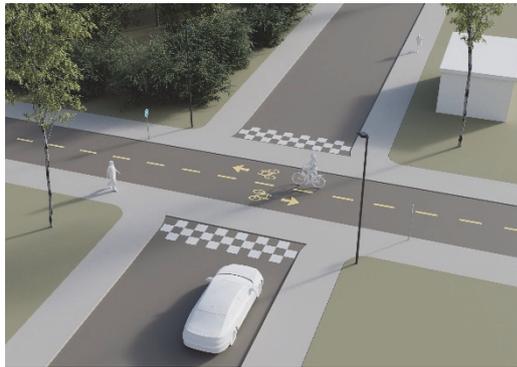


Abbildung 73: Standard mit Fußgängerführung längs des Radwegs

Optional

Die Standardlösung kann bei Bedarf mit folgenden Elementen ergänzt werden:

- Horizontalversatz / seitliche Einengung
- Roteinfärbung des Knotenbereichs (Verkehrsrot, RAL 3020)
- Eingefärbter Deckbelag entlang Radweg

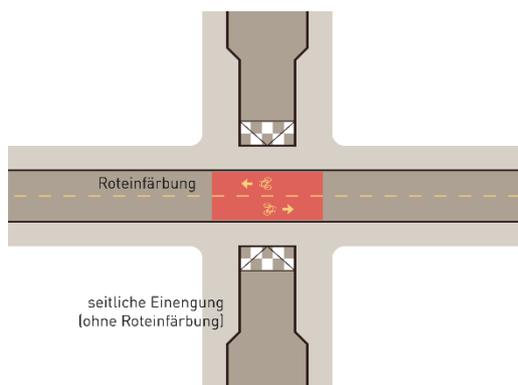


Abbildung 74: Optionale Elemente

Abbildung 75: Optimale Ausgestaltung mit rötlich eingefärbtem Deckbelag

Minimal

Bei sehr einfachen Situationen wie z.B. der Querung eines asphaltierten Feldwegs soll auf eine minimale Ausgestaltung zurückgegriffen werden können. Gegenüber dem Standard kann auf folgende Elemente verzichtet werden:

- Markierungen von Mittellinie und Velopiktogramme mit Fahrrichtungspfeil
- Vortritts- und Hinweissignal Veloquerung
- Bei Situation ohne Fussgängerführung: Vertikalversatz

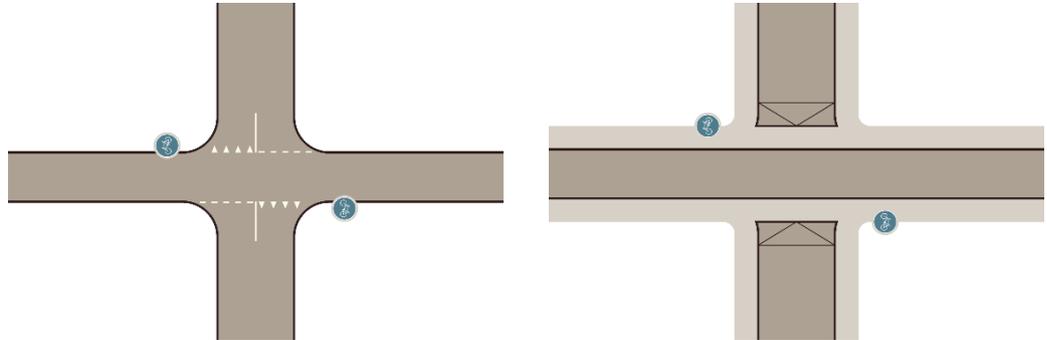


Abbildung 76: Minimale Ausgestaltung bei sehr einfachen Situationen

4 B Velofurt mit Vortritt

4.1 Grundelemente

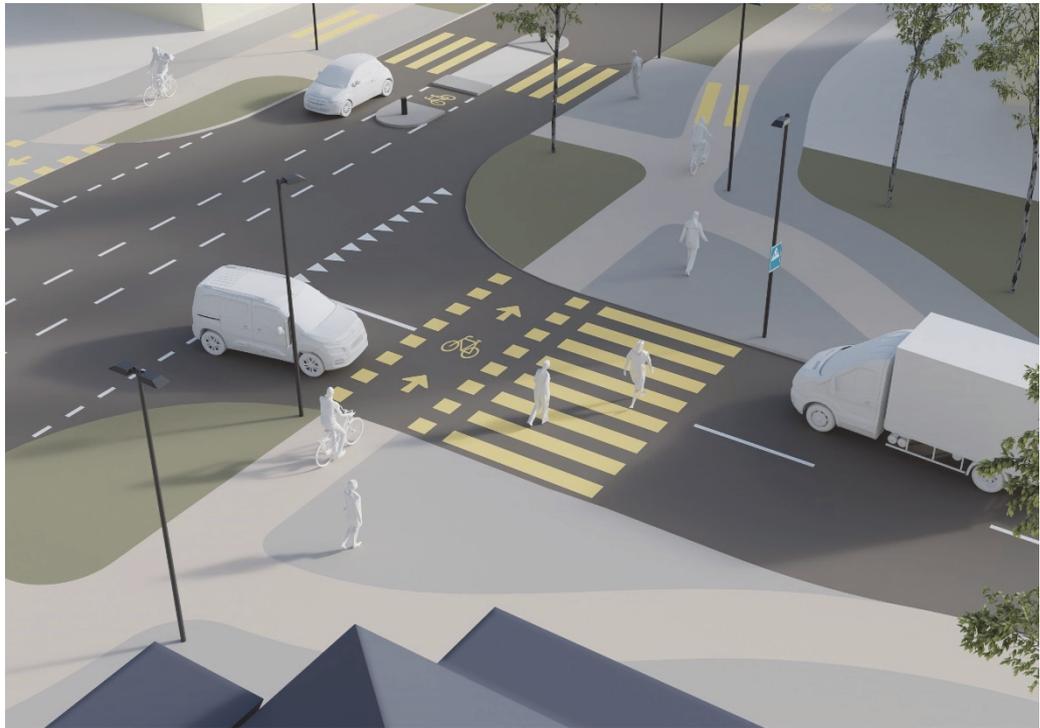


Abbildung 77: Velofurt mit Vortritt

Der Hauptanwendungsbereich von Velofurten mit Vortritt liegt bei Kreuzungen oder Kreiseln. Eine weitere mögliche Anwendung der Velofurt mit Vortritt ist auf der freien Strecke.

Die vortrittsberechtigten Velofurten sind analog zum Fußgängerstreifen als gesamte Anlage zu planen. Dabei sollen folgende Kriterien und Ausstattungselemente zwingend eingehalten werden:

- Ausreichende Sichtverhältnisse (proaktive und langfristige Sicherung der Sichtfelder)
- Beleuchtung
- Hinweissignal «Vortritt Veloverkehr»
- Niedrige Annäherungsgeschwindigkeit Mfz. Dies kann erreicht werden durch enge Radien oder zusätzliche bauliche Elemente (z.B. Vertikalversatz auf der Fahrbahn)

Die Ausgestaltung der Velofurt mit Vortritt beinhaltet folgende Elemente (Herleitung siehe II Studie Ausland Kap. 3.2):

- Blockmarkierung
- Markante Fahrrichtungspfeile bei Velofurten im Zweirichtungsbetrieb, im Einrichtungsbetrieb können die markanten Fahrrichtungspfeile optional auch durch Roteinfärbung oder Velopiktogramm ersetzt werden.
- Bei vorhandener Mittelinsel Velopiktogramm

Im Regelfall wird zusammen mit der Veloquerung auch eine Fußgängerquerung angeboten. Dabei ist anzustreben, dass für beide Verkehrsarten die gleiche Vortrittsregelung gilt.

Standard

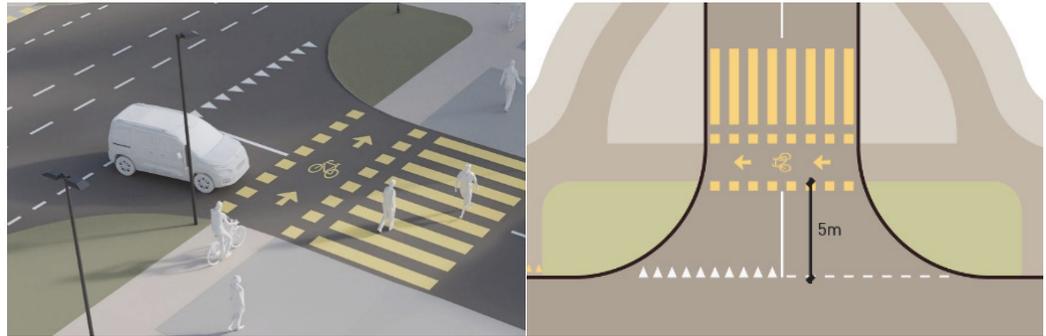


Abbildung 78: Velofurt mit Vortritt; Einrichtungsbetrieb, Standard
5 m abgesetzt, alternativ 2 m mit Vertikalversatz

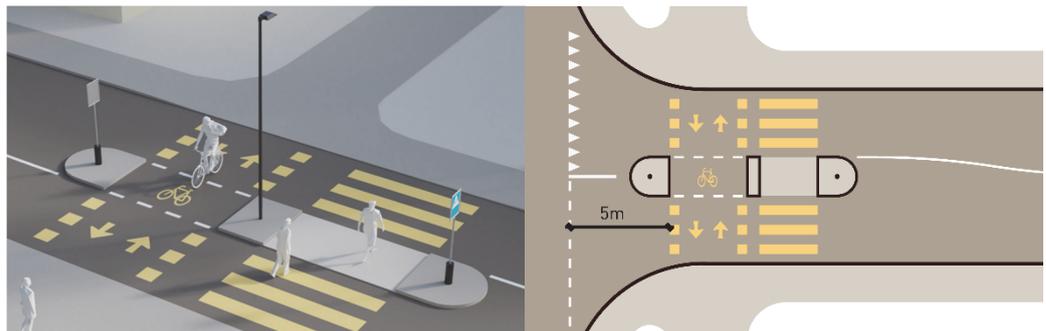


Abbildung 79: Velofurt mit Vortritt; Zweirichtungsbetrieb



Abbildung 80: Visualisierung aus der
Perspektive der Velofahrenden



Abbildung 81: Visualisierung aus der
Perspektive der abbiegenden Mfz-Lenkenden

Optional

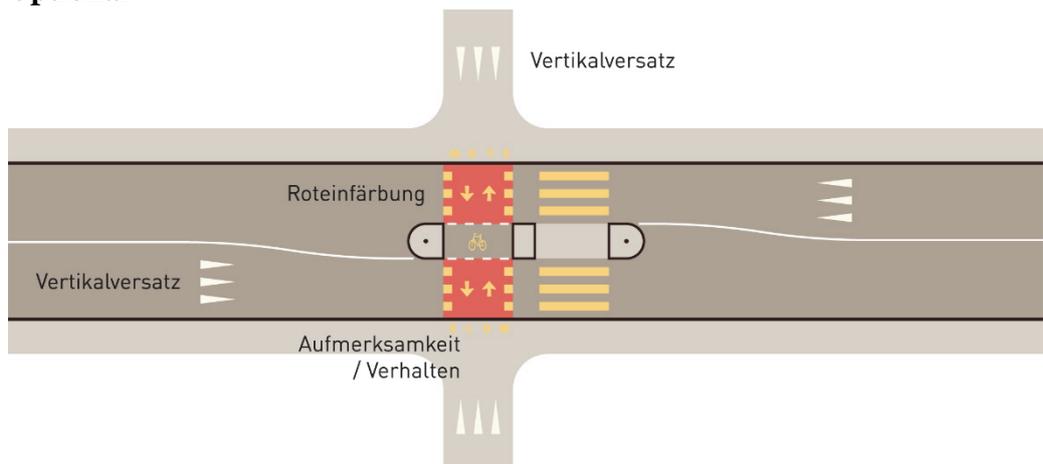


Abbildung 82: Optionale Elemente

Die Standardlösung kann bei Bedarf mit folgenden Elementen ergänzt werden:

- Roteinfärbung Querung
- Vertikalversätze bei der Annäherung Motorfahrzeuge oder Velofahrende
- Hinweise bei der Annäherung Velofahrende
(z.B. Markierung von «Langsam»/»Slow«)

Bei folgenden Anwendungsfällen der vortrittsberechtigten Furt werden spezifische optionale Elemente als besonders wichtig eingestuft: Velofurt mit Vortritt 2 m zurückversetzt (Kap. 4.2), Velofurt mit Vortritt bei Kreiseln (Kap. 4.3) und Velofurt mit Vortritt auf frei geführter Strecke (Kap. 4.4).

Minimal

Bei der Querung von schwächer belasteten Strassen kann auf eine Mittelinsel verzichtet werden. Die Grundelemente «Blockmarkierung» und «Velopiktogramm» sind immer zu markieren.

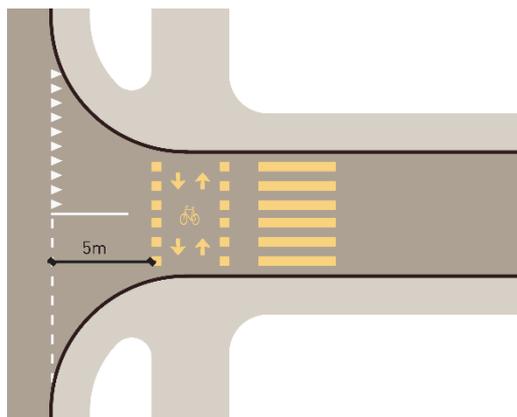


Abbildung 83: Ausgestaltung Velofurt mit Vortritt ohne Mittelinsel (inkl. Richtungspfeile für Zweirichtungsbetrieb)

4.2 Anwendung bei Kreuzung ohne LSA

Ein typisches Anwendungsbeispiel für Veloquerungen mit Vortritt findet sich bei Kreuzungen ohne LSA, bei denen ein strassenbegleitender Radweg vortrittsberechtigt über eine einmündende Strasse geführt wird.

Die Velofurt soll jeweils um 5 m abgesetzt werden.

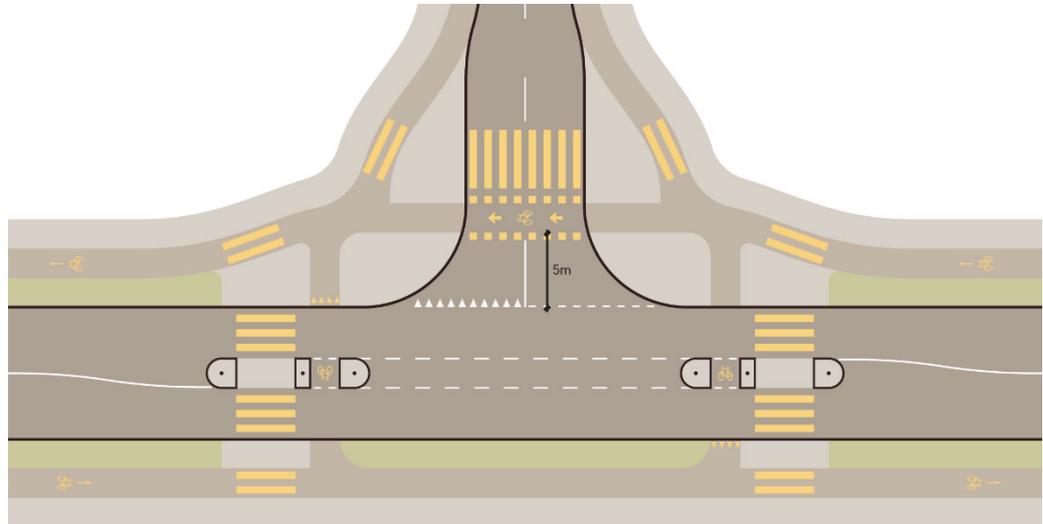


Abbildung 84: Veloquerung mit Vortritt, um 5m zurückversetzt

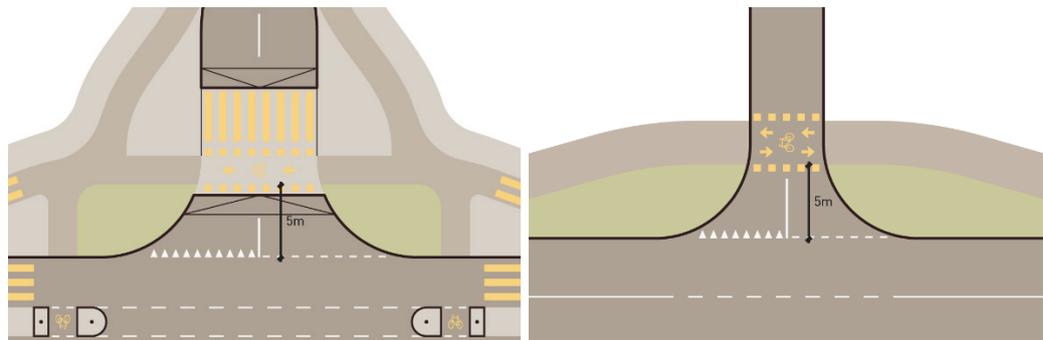


Abbildung 85: Ausgestaltung mit Vertikalversatz (optional)

Abbildung 86: Ausbildung über einfache Nebenstrasse oder Feldweg (häufig ausserorts)

Die Studie aus dem Ausland zeigt, dass für durchgehende Radweglösungen auch Velofurten mit 2 m Rückversatz wichtig sind. Bei dieser Anwendung sind weitere Elemente erforderlich: Trottoirüberfahrt (inkl. Vertikalversatz) und Vortrittssignal (Abbildung 87). Die Roteinfärbung der Fahrbahnquerung wird empfohlen. Die optimale Ausgestaltung soll im Rahmen von Pilotprojekten vertieft werden. Wie die Höhenabwicklung erfolgen kann, ist im Anhang aufgezeichnet.

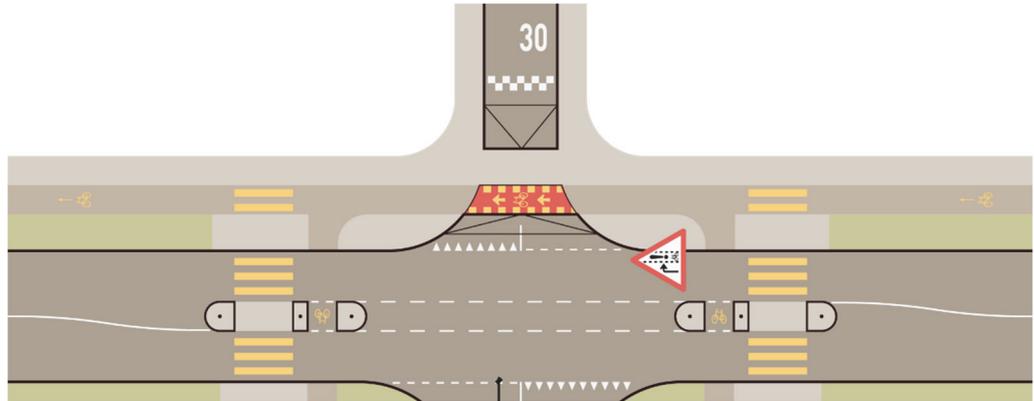


Abbildung 87: Veloquerung mit Vortritt, um 2 m zurückversetzt

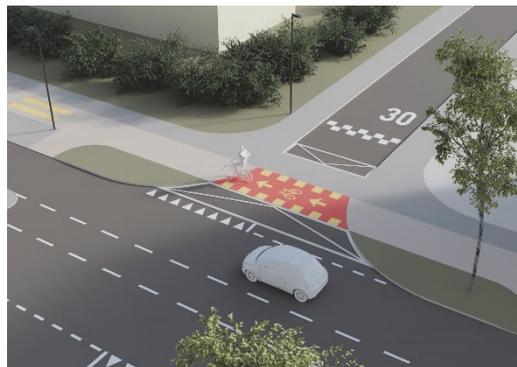


Abbildung 88: Visualisierung Veloquerung um 2 m zurückversetzt

Unabhängig vom Absetzmass um 2 oder 5 m ist die Sicht bei der vortrittsberechtigten Veloquerung von zentraler Bedeutung. Es besteht die Gefahr, dass die Zwischenflächen durch mobile oder feste Elemente verstellt werden. Die dauerhafte Sicherung der Sichtfelder ist bei zurückversetzten Veloquerungen besonders wichtig.



Abbildung 89: Bei zurückversetzten Furten ist die dauerhafte Sicherstellung der Sicht besonders wichtig.

Hinweise zu Zweirichtungsradwegen

Radwege und Velofurten sollen innerorts vorzugsweise im Einrichtungsbetrieb geführt werden. Bei Zweirichtungsbetrieb besteht die Gefahr, dass entgegenkommende Velofahrende übersehen werden. Bei Radwegen mit wenig Einmündungen, wie dies in der Regel entlang strukturierenden Elementen (Eisenbahn, Fluss etc.) der Fall ist, können auch innerorts Zweirichtungsradwege zweckmässig sein.

Ausserorts entsprechen Zweirichtungsradwege dem Regelfall. Besonders wichtig ist hier, die um 5 m zurückversetzte Furt anzubieten. Bei dieser Anordnung wird ein Sicherheitsgewinn gegenüber der heute in der Schweiz normgerechten strassenbegleitenden Führung erwartet.

4.3 Anwendung Kreisel

Kreisel mit vortrittsberechtigten umlaufenden Radwegen sind in den Niederlanden innerorts Standard. Aufgrund des guten Sicherheitsniveaus wird diese Kreuzungsform gegenüber vortrittsregulierten Kreuzungen oder LSA-gesteuerten Kreuzungen bevorzugt. In der Schweiz soll diese Knotenform auch ermöglicht werden.



Abbildung 90: Kreisel mit umlaufendem Radweg mit vortrittsberechtigter Veloquerung

Anwendung in der Schweiz:

- Innerorts
(ausserorts vortrittsbelastet)
- Durchmesser Kreisverkehr 26 – 30 m
- Wichtige Veloroute, hohe Velofrequenzen
- Vorerst nur Einrichtungsräderwege
(Zweirichtungsräderwege nach erfolgreicher Einführung der Einrichtungsräderwege prüfen)

Die Ausgestaltung der Velofurt mit Vortritt im Kreisel beinhaltet folgende Elemente:

- 5 m zurückversetzt
- farblich gekennzeichnet (Roteinfärbung oder Belagseinfärbung), optional mit Vertikalversatz
- jeweils auf allen Kreiselzufahrten (Gesamtlösung)
- auf der Seite des Kreisels dynamisch ausgebildet (Radius), damit das Fahrmanöver der Velofahrenden für die Mfz-Lenkenden ablesbar ist (vgl. II Studie Ausland Kap. 3.3.2).

Pilot

Es wird empfohlen, die Anwendung von vortrittsberechtigten umlaufenden Radwegen bei Kreiseln in der Schweiz im Rahmen von Pilotprojekten zu prüfen. In der Pilotphase sollen auch Erfahrungen zur Einsetzbarkeit in der Schweiz gesammelt werden. Konkret soll im schweizerischen Kontext geprüft werden, wie oft die Lösung umgesetzt werden kann. Dies ist mitunter für das Erwartungsmanagement und die Sicherheit entscheidend. Kann der Kiesel mit umlaufendem Radweg vielerorts angewendet werden, wird sich die Lösung etablieren, das bedeutet, dass sich die Verkehrsteilnehmenden mit dem richtigen Verhalten vertraut machen können. Kann die Lösung nur sporadisch eingesetzt werden (isolierte Einzelfälle), ist deren Aufnahme in den schweizerischen Werkzeugkoffer zu hinterfragen

Zwei Varianten

Als Vorlage für die Pilotphase wurden zwei Varianten entwickelt. Die Variante A orientiert sich stark an der niederländischen Ausführung und bildet die Idealform ab: Der Radweg wird kreisrund ausgebildet. Die Variante B zeigt eine platzoptimierte Ausführung: Der Radweg wird nahe der Kreiselfahrbahn geführt. Die Pilotphase soll Aufschluss über die Vor- und Nachteile der beiden Varianten und die mindestens einzuhaltenden Parameter geben.

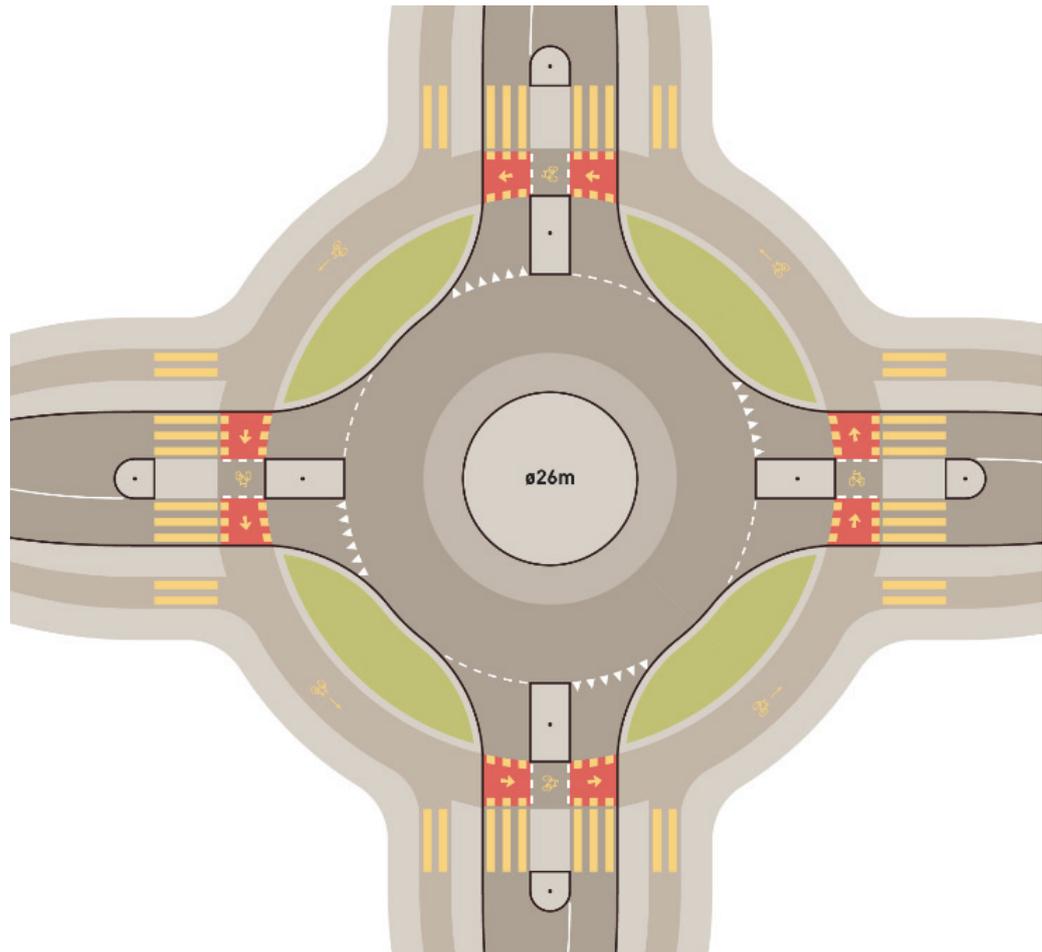
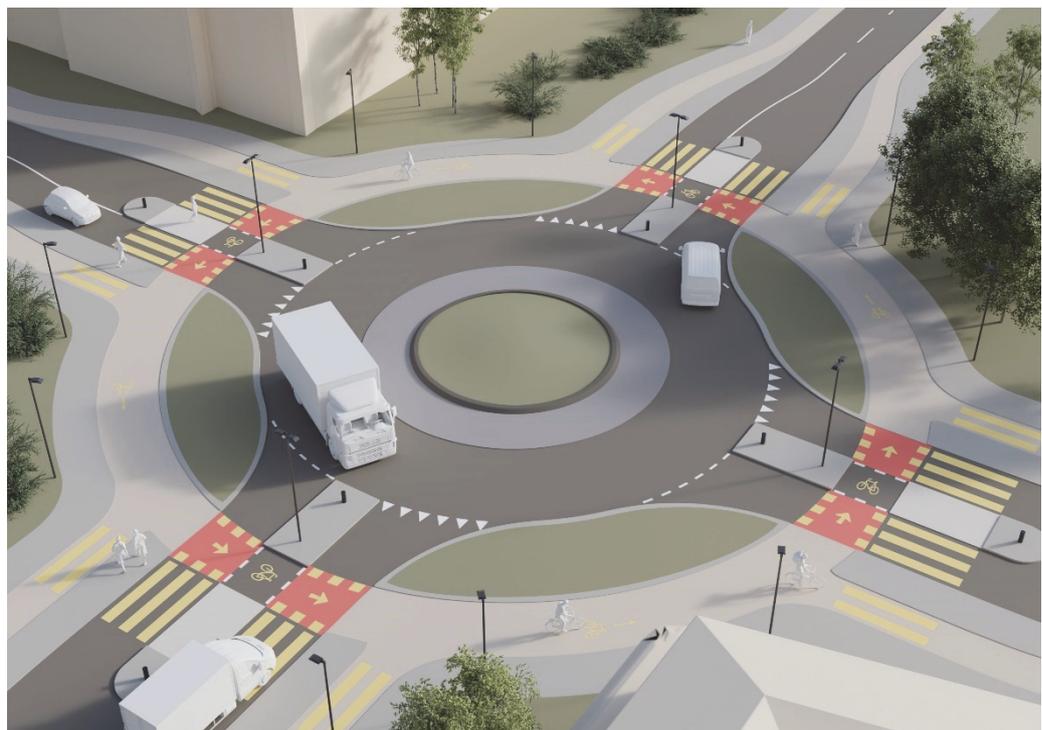
A. Ideal: Kreisrunder Radweg

Abbildung 91: Idealform der Ausgestaltung mit kreisrunder Ausbildung des Radwegs



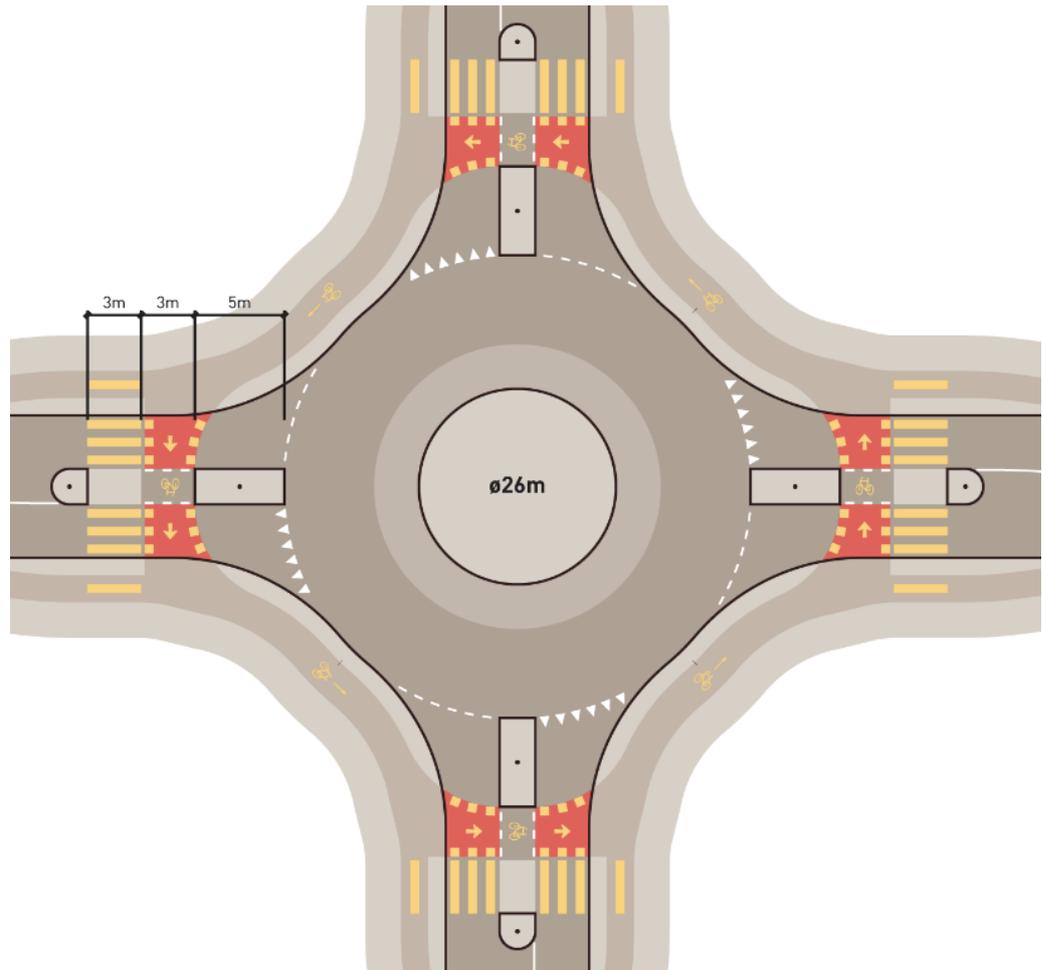
B. Platzoptimiert

Abbildung 92: Platzoptimierte Variante mit Radwegführung nahe Kreisfahrbahn



Umsetzung mit eingefärbtem Belag

In den Niederlanden sind die Radwege standardmässig mit rötlichem Belag eingefärbt. Der Mehrnutzen zeigt sich insbesondere bei der Führung in Knoten, im Speziellen bei komplexen Situationen.

Auch bei der Führung des umlaufenden Radwegs um den Kreisel wird die Veloführung durch den rötlichen Belag für alle Verkehrsteilnehmenden klar erkennbar. Der zweite Kreisling mit der Radwegführung wird intuitiv und schnell erfasst. Vor diesem Hintergrund sollen in der Schweiz in der Pilotphase auch Umsetzungen mit durchgehend rötlichem Belag geprüft werden.



Abbildung 93: Umsetzung mit rötlichem Belag

Vertikalversatz

Optional kann die vortrittsberechtigige Velofurt mit vertikalem Versatz ausgestaltet werden. Dadurch wird eine niedrige Fahrgeschwindigkeit unterstützt.



Abbildung 94: Ausgestaltung mit Vertikalversatz

Untergeordnete Kreiselzufahrten

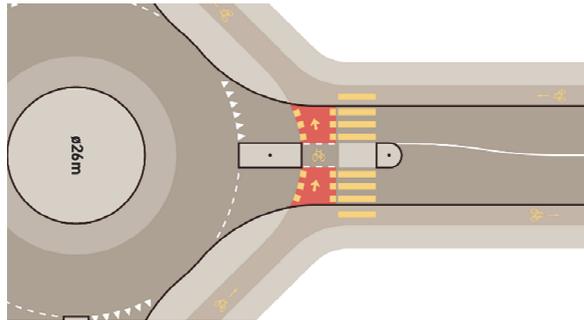


Abbildung 95: Ausgestaltung ohne Mittelinsel zwischen Radweg und Fahrbahn

Bei untergeordneten Kreiselzufahrten mit geringer Verkehrsbelastung ist situativ zu prüfen, ob ein Verzicht auf die Mittelinsel zwischen der Fahrbahn und dem Radweg möglich ist.

Fussgängerführung

Bei Kreiseln mit umlaufendem Radweg rückt die Fussgängerquerung um die Breite der Velofurt nach aussen. In der Regel entsteht dadurch eine weniger direkte Fussgängerführung. Bei der Variantenentwicklung wurde auch die Fussgängerführung auf der Innenseite geprüft, jedoch verworfen. Die bewährte Grundanordnung Fahrbahn – Veloführung – Fussgängerführung, die von Bewegungsgeschwindigkeit, Schutzbedürfnis und Komfort hergeleitet ist, soll auch im Knoten beibehalten werden. Es gilt zudem zu bedenken, dass der Veloverkehr, der bei Kreiseln eher unfallträchtig ist, schlechter wahrgenommen wird.

Weiterentwicklung für Minikreisel

Nach erfolgreicher Konsolidierung der standardmässigen Ausführung ist für die Schweiz eine Weiterentwicklung denkbar. Die Kombination von umlaufendem Radweg mit Minikreisel (Durchmesser Kreisverkehr < 26 m) könnte eine Lösung sein, welche die Vorteile des Kreisverkehrs mit den Vorteilen einer attraktiven Veloführung vereint und bei knappen Platzverhältnissen umsetzbar ist. Die Untersuchungen zu Minikreiseln weisen sowohl in Deutschland wie auch in der Schweiz bei richtiger Anwendung und Ausgestaltung ein gutes Sicherheitsniveau aus (DTV Consultants, 2019 [9]). Einzig der Anteil an Zweiradunfällen bei der Mischverkehrslösung ist hoch (gemäss Studie BAST 2/3 der Unfälle). Zu untersuchen ist, ob durch den umlaufenden Radweg diese Unfälle reduziert werden können. Erste Ideen zu einer möglichen Ausgestaltung sind in Anhang aufgezeigt.

4.4 Anwendung Querung auf freier Strecke



Abbildung 96: Vortrittsberechtigte Velofurt auf freier Strecke

Die vortrittsberechtigte Velofurt ist auch auf der freien Strecke bei zuführendem Radweg möglich. Bei dieser Anordnung sind geschwindigkeitsreduzierende Massnahmen besonders wichtig. Im Annäherungsbereich der Mfz sollen daher Vertikalversätze und/oder Tempo 30 angeordnet werden. Ausserdem sind Massnahmen beim Annäherungsbereich der Velofahrenden zu prüfen; nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung und Beschleunigung des Veloverkehrs. Situationsbezogen ist die Roteinfärbung zu prüfen.

Die Vortrittsverhältnisse zwischen Fuss- und Veloverkehr können geklärt werden, indem das Trottoir durchgehend über den Radweg ausgebildet wird.

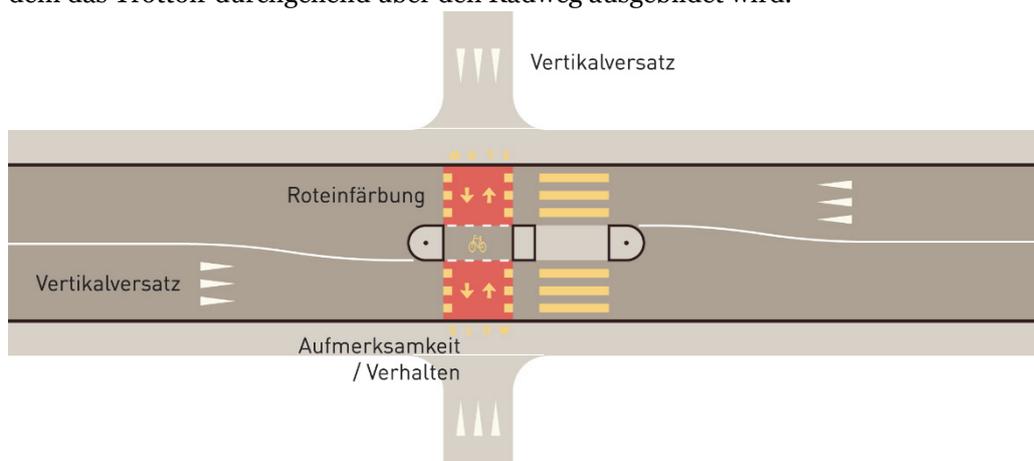


Abbildung 97: Gestaltung Velofurt mit Vortritt auf der freien Strecke

5 C Veloquerung ohne Vortritt

5.1 Grundelemente

Standard



Abbildung 98: Standard für Grundelement C Veloquerung ohne Vortritt

Bei Veloquerungen ohne Vortritt wird im Gegensatz zu den Querungen mit Vortritt bewusst eine dezente Ausgestaltung vorgeschlagen. Standardelemente von Veloquerungen ohne Vortritt sind:

- Mittelinsel mit Velopiktogramm
- Vortrittsmarkierung (gelb)

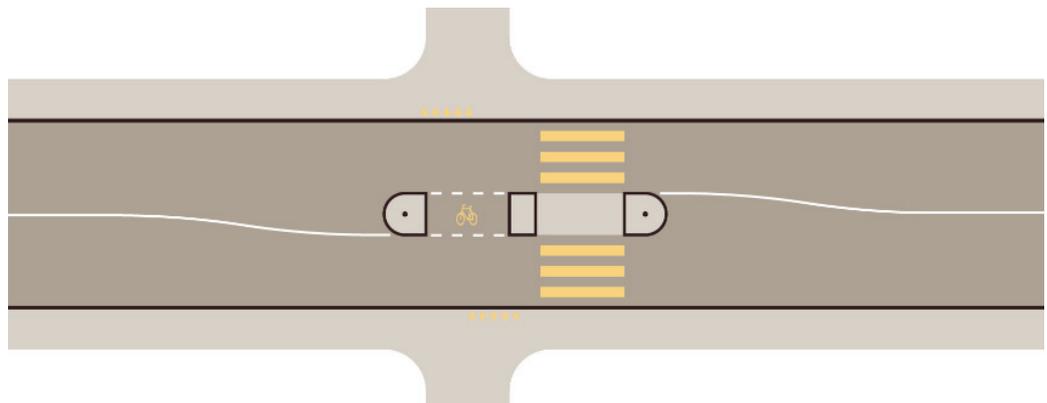


Abbildung 99: Standard für Grundelement C Veloquerung ohne Vortritt

Es besteht auch die Möglichkeit, die vortrittsbelastete Querung mit Horizontalversatz auszugestalten. Der Versatz ist jeweils nach rechts auszuführen, damit die Blickrichtung der Velofahrenden in Fahrtrichtung der zu querenden Fahrbahn weist. Wichtiges Augenmerk ist auf die grosszügige Ausgestaltung zu legen, damit die Querung gut mit grösseren Velos wie Lastenvelos, Velos mit Anhänger etc. befahren werden kann.

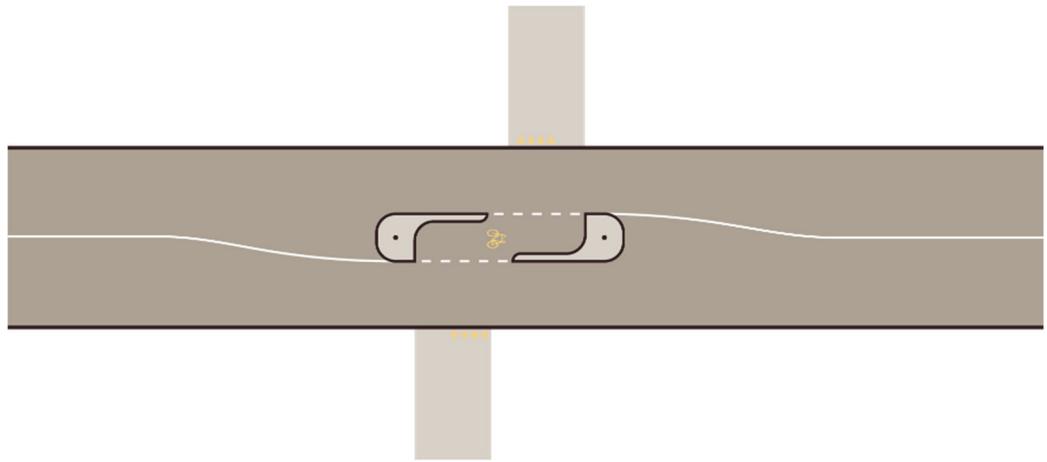
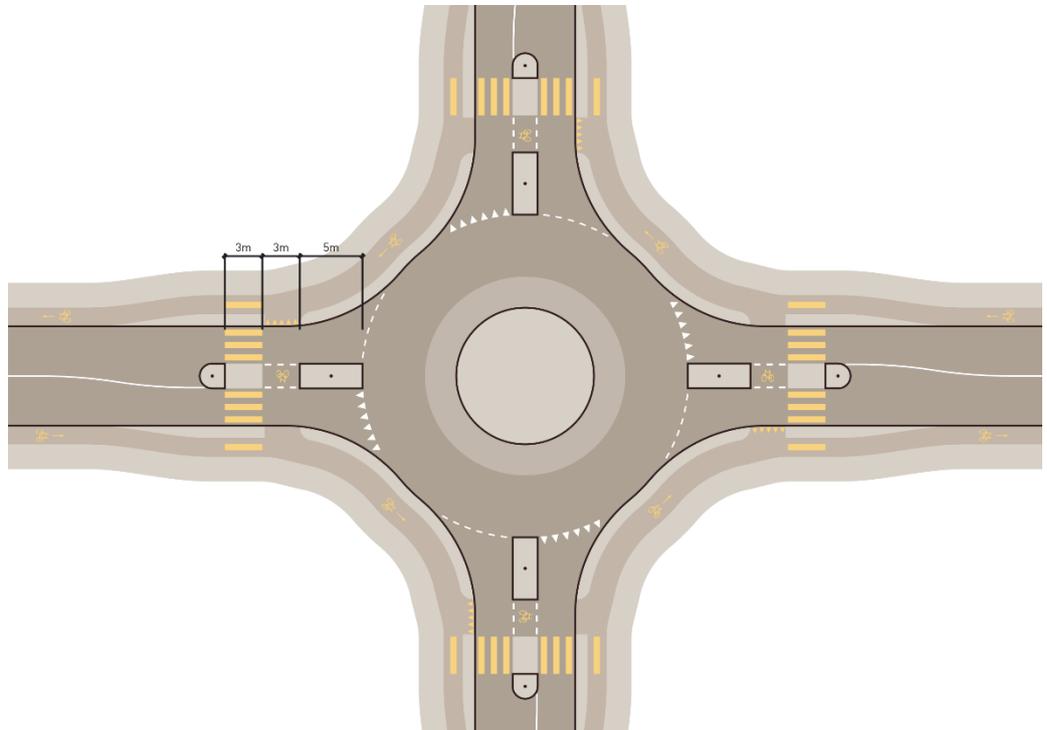


Abbildung 100: Ausgestaltung mit Horizontalversatz.

5.2 Anwendung Kreisel

Eine Anwendung der Veloquerung ohne Vortritt ist bei Kreiseln mit umlaufenden Radwegen möglich, soll aber v.a. ausserorts angewendet werden. Vortrittsbelastete Radwege bei Kreiseln können mehrere Stopps für Velofahrende nach sich ziehen. Wenn also die Voraussetzungen gegeben sind, sollen innerorts Lösungen mit vortrittsberechtigten Velofurten umgesetzt werden.

Die Zufahrt auf die vortrittsbelastete Velofurt soll im Gegensatz zur vortrittsberechtigten Velofurt weniger dynamisch erfolgen. Durch die Abwinklung kann die Vortrittsbelastung verdeutlicht werden. Die Befahrbarkeit mit grösseren Velos ist dabei aber zu gewährleisten (Lastenvelo, Velo mit Anhänger etc.).

Abbildung 101: Veloquerung ohne Vortritt, Anwendungsbeispiel
Kreisel mit umlaufendem Radweg

6 D Veloquerung mit LSA

6.1 Grundelemente

Bei LSA-geregelten Querungen besteht die Möglichkeit, eine vortrittsberechtigta (B) oder vortrittsbelastete Velofurt (C) zu markieren. Das gewählte Vortrittsregime tritt dann in Kraft, wenn die LSA-Anlage ausgeschaltet oder «gelb blinkend» ist.

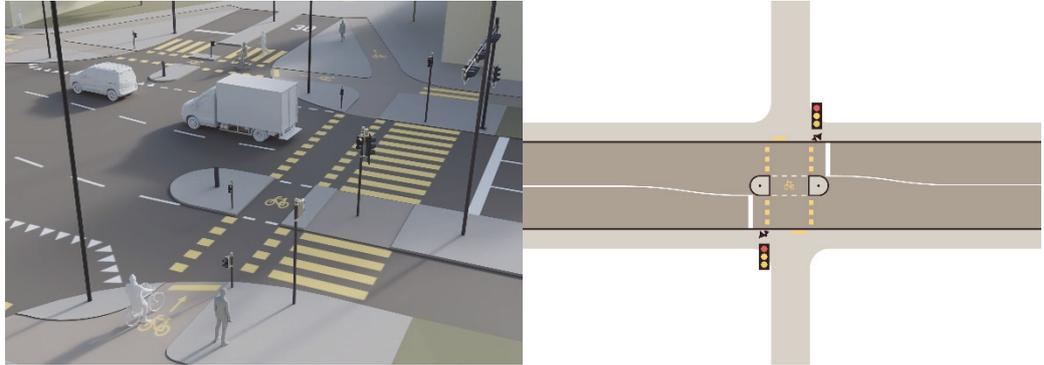


Abbildung 102: Ausgestaltung bei LSA-geregelter Querung Velofurt mit Vortritt

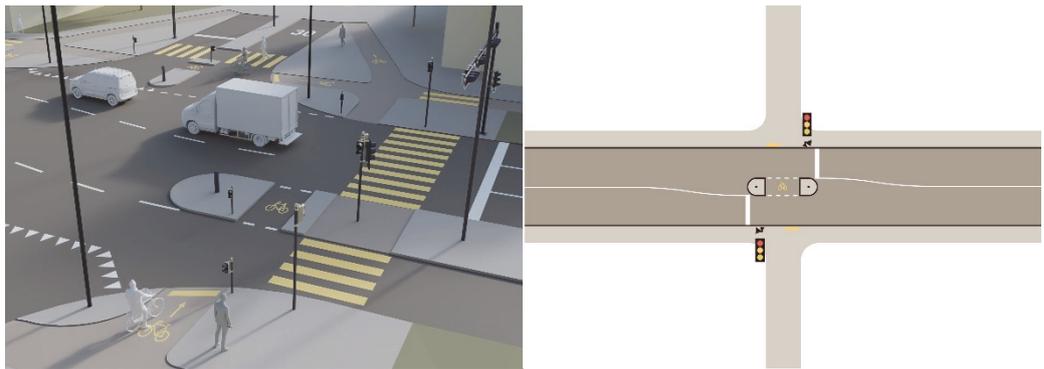


Abbildung 103: Ausgestaltung bei LSA-geregelter Querung Velofurt ohne Vortritt

Die differenzierten Anwendungskriterien zur vortrittsbelasteten oder -berechtigten Führung sind in der nächsten Phase zu bestimmen. In den Diskussionen wurden die Sichtverhältnisse als gewichtiges Entscheidungskriterium genannt. Bei vorhandener Fußgängerführung sollen die Vortrittsverhältnisse für den Veloverkehr möglichst gleich ausgestaltet werden.

6.2 Anwendung Umlaufender Radweg



Abbildung 104: LSA-Kreuzung mit umlaufendem Radweg mit vortrittsberechtigter Furtmarkierung

Umlaufende Radwege bei LSA-Kreuzungen werden im Ausland vermehrt angewendet. In den Niederlanden entspricht diese Lösung dem Standard bei LSA-geregelten Knoten.

In der Schweiz ist die Anwendung gemäss heutigem Recht bereits möglich. Neu ist eine Ausführung mit vortrittsberechtigten Furten.

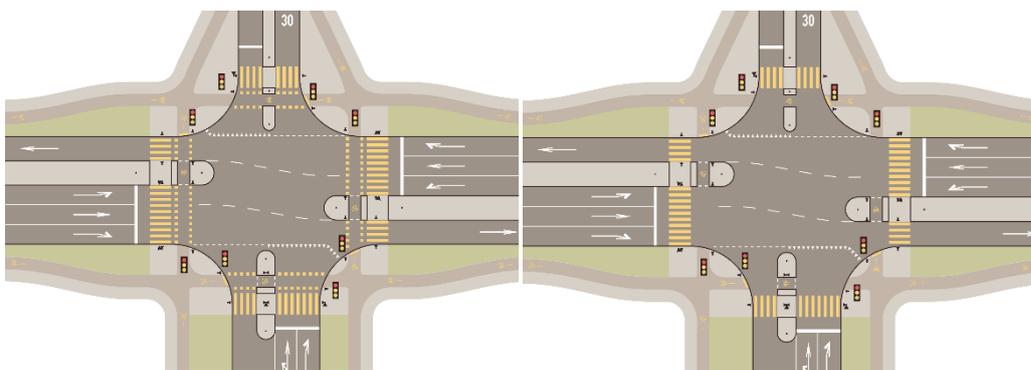


Abbildung 105: Ausgestaltung Velofurt mit Vortritt

Abbildung 106: Ausgestaltung Velofurt ohne Vortritt

Die Einsatzkriterien der Velofurt mit oder ohne Vortritt bei LSA-gesteuerten Knoten wurden im Rahmen der vorliegenden Studie erst andiskutiert. Diese sollen im Rahmen der Pilotphase definiert werden. Mögliche Kriterien sind: Sichtverhältnisse, Sicherheitsaspekt, gleiche Vortrittsverhältnisse wie für den Fussverkehr, intuitive Veloführung. Bei Knoten mit klarer Lastrichtung ist auch eine Kombination von Velofurten mit/ohne Vortritt denkbar.

Optimierte LSA-Steuerung

Die Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass eine aus Sicht Veloverkehr optimierte LSA-Steuerung wichtig ist, um eine möglichst hohe Attraktivität und Akzeptanz zu erreichen. Bei wichtigen Velobeziehungen werden dazu auch Zwischenphasen für den Fuss- und Veloverkehr geschaltet (teils als Rundum-Grün).

Fussgängerführung

Im Rahmen der Entflechtungsstudie wurde auch eine Ausgestaltung mit Fussgängerführung auf der Innenseite geprüft (siehe Anhang 9). Dadurch wird die Querungsdistanz für die diagonale Fussgängerbeziehung verkürzt. Die Anzahl «Konfliktpunkte» zwischen Fuss- und Veloverkehr werden zwar reduziert, die Intensität jedoch erhöht. Nachteilig ist zudem die Abweichung vom bewährten Grundsystem Fahrbahn – Veloführung – Fussgängerführung. Mit dem Ziel, einheitliche Velolösungen und somit ein hohes Erwartungsmanagement zu erreichen, hat das Projektgremium entschieden, diese Variante nicht weiterzuverfolgen.

Das Projektgremium diskutierte generell die Vor- und Nachteile der umlaufenden Radweglösungen für den Fussverkehr. Entscheidend dabei ist, welche alternative Variante zur Verfügung steht. Dabei ist zu prüfen, ob eine Umverteilung der Flächen vom motorisierten Verkehr zu Gunsten des Fuss- und Veloverkehrs möglich ist. Die folgende Übersicht stellt die Vor- und Nachteile gegenüber einer Veloführung auf der Fahrbahn zusammen.

Vorteile

- Die Querungsdistanz der Fahrbahn ist für den Fussverkehr kleiner.
- Die Fussgängerinfrastruktur ist durch den Radweg vom motorisierten Verkehr baulich klar abgetrennt. In der Regel ist auch der Abstand grösser.
- Radwege werden von einer breiten Nutzergruppe angenommen. Bei Lösungen mit Radstreifen können Ausweichfahrten auf dem Trottoir entstehen.
- Der Strassenraum erscheint weniger verkehrsorientiert.
- Wenn durch die Lösung eine Förderung des Veloverkehrs (breite Nutzergruppe) gelingt, kommt dies auch dem Fussverkehr zugute.

Nachteile

- Durch die Anordnung der Velofurt rückt die Fussgängerquerung weiter nach ausen. Dies kann Umwege zur Folge haben. Diese halten sich aber in Grenzen, da durch den Radweg die Fussverkehrsflächen ohnehin bereits weiter von der Fahrbahn entfernt sind.
- Bei beengten Platzverhältnissen können kleinere Aufstellflächen für den Fussverkehr resultieren.
- Die Querung wird in Etappen aufgeteilt. Je nach Präferenz wird dies als Vor- oder Nachteil gewertet.

Anordnung Fussgängerstreifen über Radwege

Die Anordnung von Fussgängerstreifen auf Radwegen ist situativ zu beurteilen. Die Stadt Zürich ordnet Fussgängerstreifen an, wenn ein gebündeltes Querungsbedürfnis und bedeutende Fussgängerfrequenzen vorhanden sind. Bei flächigem Querungsbedürfnis und/oder geringen Fussgängerfrequenzen wird auf den Fussgängerstreifen verzichtet. In den Abbildungen der Entflechtungsstudie sind beide Möglichkeiten aufgezeigt.

Optimierungen der Aufstellflächen

In den Niederlanden werden bei hohem Veloverkehrsaufkommen die Geometrien für die Aufstellfläche optimiert. Dazu wird die Furt trapezförmig markiert. Die üblichen Linsen im Kurvenradius werden ebenfalls reduziert. Diese Überlegungen sollen bei der Umsetzung in der Schweiz auch miteinbezogen werden.

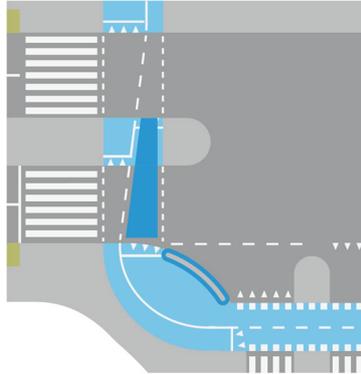


Abbildung 107: Mögliche Optimierungen zur Vergrößerung der Aufstellflächen

7 E Indirektes Linksabbiegen

7.1 Grundelement



Abbildung 108: Indirektes Linksabbiegen mit Führungslinie

Das indirekte Linksabbiegen ermöglicht Velofahrenden, am rechten Fahrbahnrand zu bleiben und das heikle, direkte Linksabbiegemanöver im rollenden Verkehr zu vermeiden. Da die Querung während der Phase für den Fußverkehr erfolgt, wird die Leistungsfähigkeit der gesamten Kreuzung durch diese Lösung in der Regel nicht beeinträchtigt.

Indirektes Linksabbiegen wird in der Schweiz insbesondere in den Städten bereits angewendet. Die Knotenlösung ist in der ASTRA Vollzugshilfe Nr. 17 [25] und in der Norm VSS 40 252 verankert.

Indirektes Linksabbiegen wird in der Schweiz im vortrittsbelasteten Knotenarm angewendet. Die Umsetzung auf allen vier Knotenästen (als gesamte Knotenlösung) ist im Recht und in der Normierung nicht vorgesehen. Zurzeit wird das indirekte Linksabbiegen unterschiedlich markiert. Auch werden unterschiedliche Vorsignale in den Schweizer Städten verwendet.

Nachfolgend wird ein Vorschlag für die einheitliche Gestaltung und Signalisation aufgezeigt. Mit Blick auf die klare Ausgestaltung in Deutschland beinhaltet die neue Markierung auch eine klare Zuführung zum Aufstellbereich des indirekten Linksabbiegers.

Ausserdem wird die Markierung auf allen vier Knotenästen (als gesamte Knotenlösung) aufgezeigt. Vor deren Einführung soll die ideale Ausgestaltung im Rahmen von Pilotprojekten getestet werden.

Die Ausgestaltung des indirekten Linksabbiegens beinhaltet folgende Elemente:

- Grosszügige Aufstellfläche mit selbsterklärender Signalisation und Markierung: Velopiktogramm mit abgelenktem Richtungspfeil, Haltebalken, Führungslinie in den Aufstellbereich
- Vorwegweiser mit Signal «Indirektes Linksabbiegen»
- Eigener Signalgeber für Velos

7.2 Standard

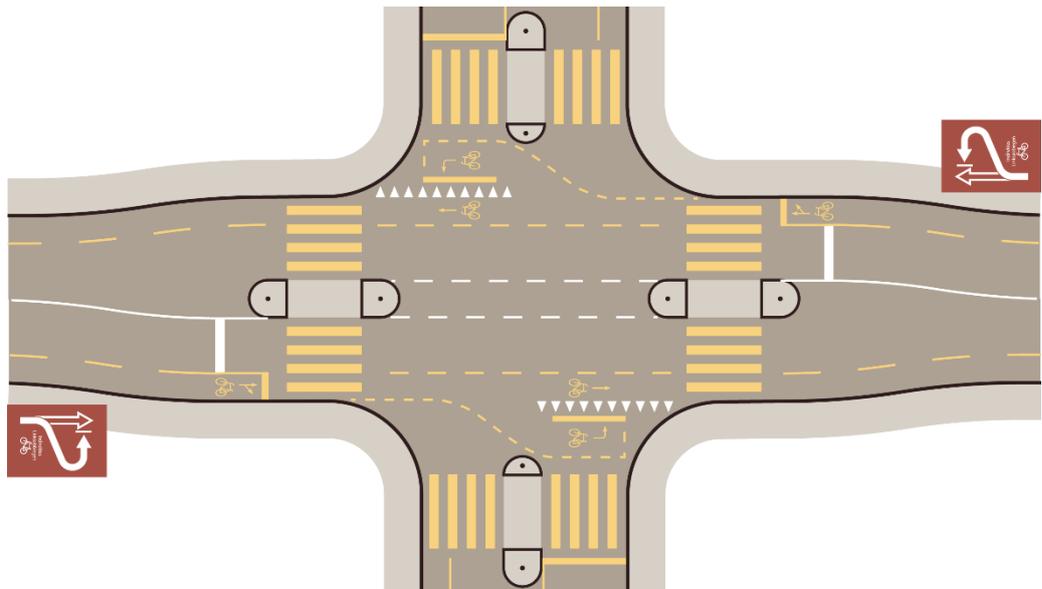


Abbildung 109: Indirektes Linksabbiegen in untergeordnetem Knotenarm mit Vorsignal

Markierung Zuführung zum Aufstellbereich

Neues Markierungselement beim indirekten Linksabbiegen ist die Zuführungslinie zum Aufstellbereich. Dadurch wird die intuitive Führung verbessert und die empfohlene Fahrlinie aufgezeigt. Die Führungslinie wird erst im Bereich der Mittelinsel aufgeweitet, um Missverständnisse mit rechtsabbiegender Mfz-Verkehr zu vermeiden. Der Konflikt wird auch durch Vorgrün für Velos reduziert.

Vorsignal

In der Schweiz werden heute verschiedene Vorsignale verwendet. Um die einheitliche Ausführung sicherzustellen, soll das Vorsignal in Recht und Norm definiert werden. Das Projektgremium erachtet die nachfolgende Ausgestaltung als zielführend. In der nächsten Phase soll die Ausgestaltung konsolidiert und verankert werden.



Abbildung 110: Entwurf Vorsignal Indirektes Linksabbiegen

Hinweis zum Ampelstandort

Indirektes Linksabbiegen bedingt ein eigenes Lichtsignal für die Velofahrenden. Der Signalstandort kann vor dem Konfliktbereich, auf der Mittelinsel oder nach dem Konfliktbereich (auf der gegenüberliegenden Fahrbahnseite) angeordnet werden. Bei der Anordnung vor dem Konfliktbereich ist in der Regel ein seitlicher Blendschutz notwendig, um eine missverständliche Wahrnehmung zu verhindern.



Abbildung 111: Indirektes Linksabbiegen ermöglicht die Radwegführung bis zum Knoten.



Abbildung 112: Indirektes Linksabbiegen aus der Perspektive der Velofahrenden



Abbildung 113: Gesamter Knoten mit indirektem Linksabbiegen

7.3 Anwendung Gesamtknotensystem

Die Anordnung des indirekten Linksabbiegens als Knotensystem und somit auch auf dem vortrittsberechtigten Knotenarm ist bisher im schweizerischen Recht nicht vorgesehen. In Dänemark entspricht diese Führung dem Grundprinzip. In Deutschland wird das indirekte Linksabbiegen an einzelnen Knoten, nicht aber flächendeckend eingesetzt. Die Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass zum indirekten Linksabbiegen als Knotensystem kaum Sicherheitsbedenken bestehen. Für die Schweiz soll die Möglichkeit für das indirekte Linksabbiegen als Knotensystem ebenfalls geschaffen werden.

Die geeignete Ausgestaltung zeigt sich als besondere Herausforderung. Einerseits besteht der Wunsch nach einer klaren Führung für den Veloverkehr, andererseits werden Markierungen auf der vortrittsberechtigten Knotenbeziehung als kritisch beurteilt. Im Rahmen der Studie konnte noch keine favorisierte Lösung bestimmt werden. Mit Blick aufs Ausland zeigt sich auch, dass die Fragestellung des Zielbildes für die Schweiz massgebend für die Ausgestaltung ist: Soll indirektes Linksabbiegen längerfristig als Regelfall eingesetzt werden oder bleibt es eine Ausnahme? In Dänemark ist das indirekte Linksabbiegen als Grundprinzip im Verkehrsrecht verankert. Eine spezifische Markierung oder Beschilderung ist nicht notwendig. In Deutschland wird das indirekte Linksabbiegen nicht generell, sondern situativ angewendet und entsprechend deutlich markiert.

Das Projektgremium diskutierte verschiedenste Varianten von zurückhaltender bis zu sehr deutlicher Markierung. Da die Bestvariante nicht bestimmt werden konnte, sollen die Pilotprojekte Aufschluss über die geeignete Markierung geben. Vorgelagert sind die Rahmenbedingungen für die Pilotprojekte seitens ASTRA zu klären.

Folgende Varianten wurden im Projektgremium diskutiert:



Abbildung 114: A: Zurückhaltende Markierung

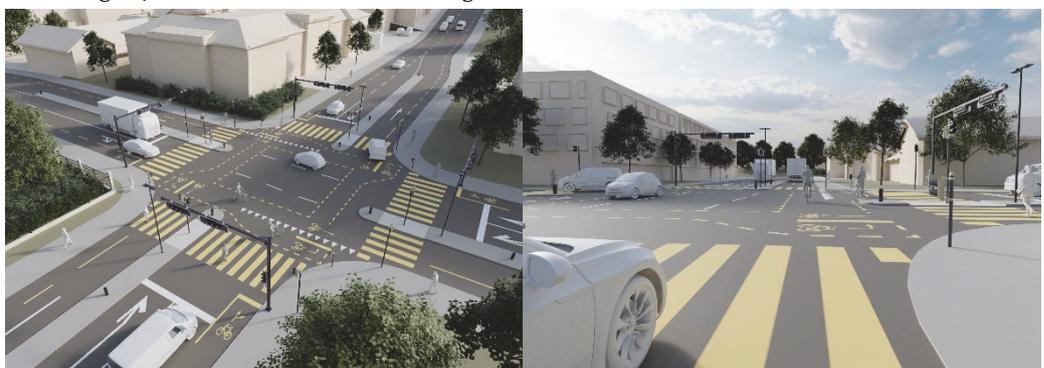


Abbildung 115: B: Markierung mit Zuführungslinie zum Aufstellbereich

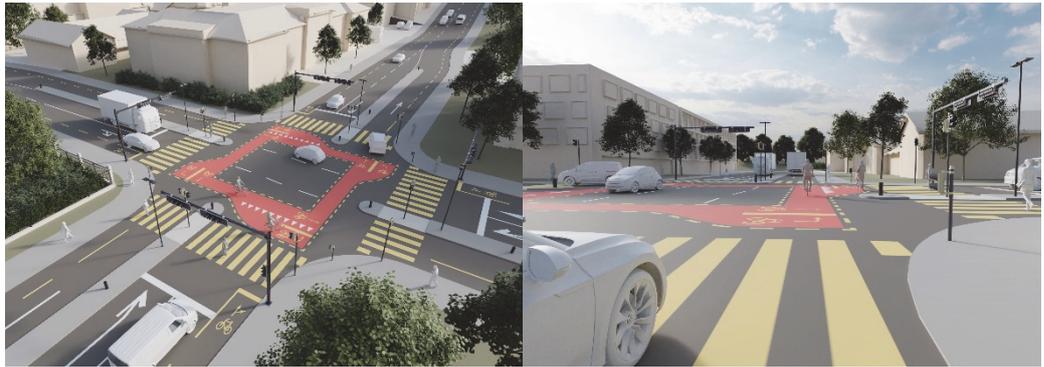


Abbildung 116: C: Deutliche Markierung

Hinweise zur Phasensteuerung

Bei Anwendung des indirekten Linksabbiegens als Knotensystem sind die Phasenabläufe für die ausgeprägten Velobeziehungen möglichst zu optimieren. Um Konflikte zwischen rechtsabbiegenden Mfz mit geradeausfahrenden Velos zu vermeiden (inkl. Velos zum Aufstellbereich des indirekten Linksabbiegers), wird Vorgrün empfohlen.

8 Ausblick

8.1 Übersicht

Im Anschluss an die Entflechtungsstudie ist ein zweigeteiltes Vorgehen angedacht. Für die konsolidierten Lösungen sollen die rechtlichen und normativen Umsetzungsschritte direkt angegangen werden. Für Lösungen mit offenen Fragestellungen zur Sicherheit oder Umsetzbarkeit sollen anhand von Pilotprojekten Erfahrungen gesammelt werden. Konkret gilt es, im Rahmen der Pilotphase die Einbettung in den Gesamtkontext und Fragen zur objektiven und subjektiven Sicherheit sowie zur optimalen Ausgestaltung zu klären. Entscheidend sind auch die Erfahrungen zur Umsetzbarkeit in der Schweiz, beispielsweise, ob es eine Lösung ist, die oft (Standardlösung) oder nur im Einzelfall umgesetzt werden kann.

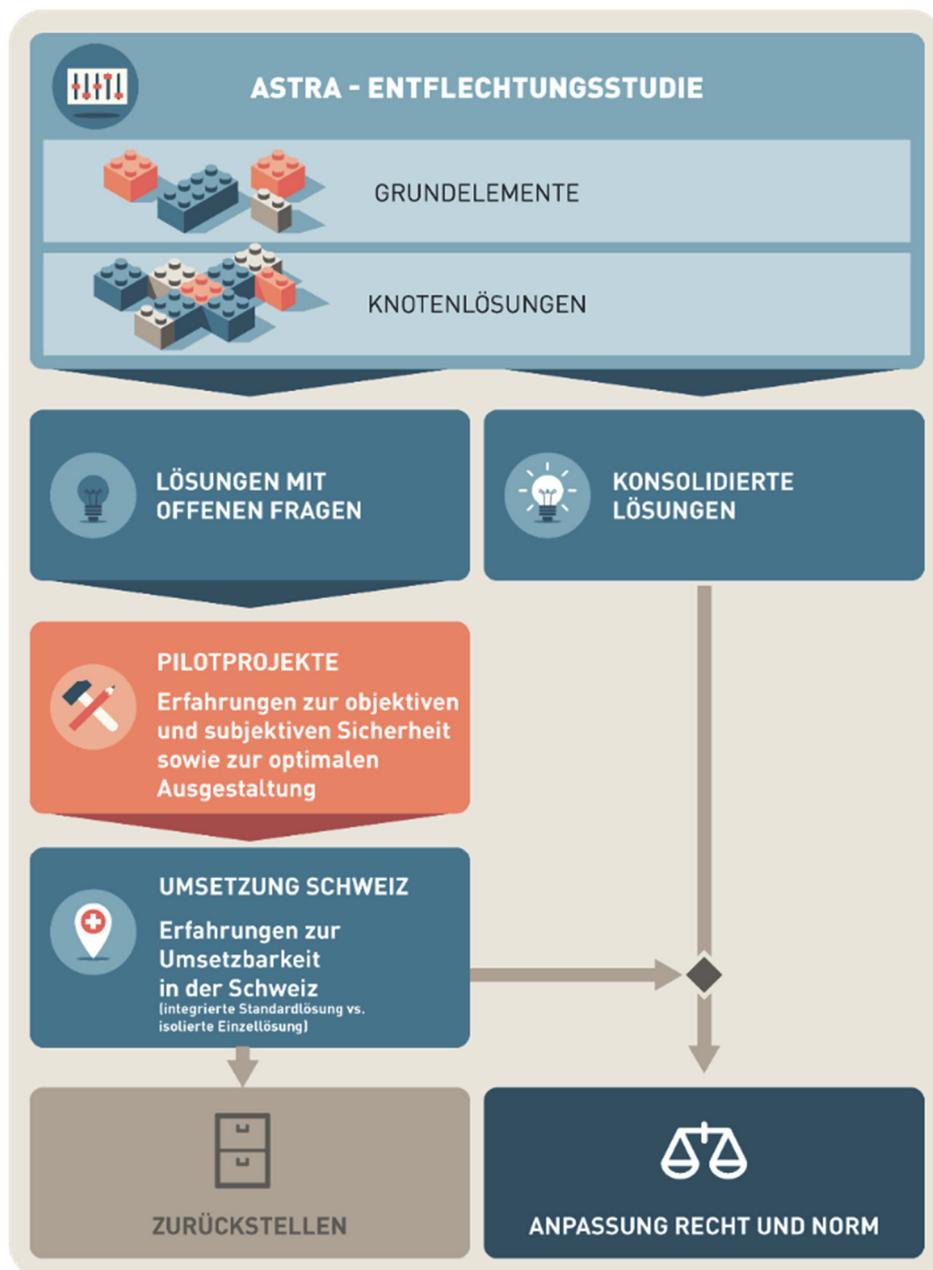


Abbildung 117: Weiteres Vorgehen nach Abschluss der Entflechtungsstudie

Konkret wird folgende Triage vorgeschlagen:

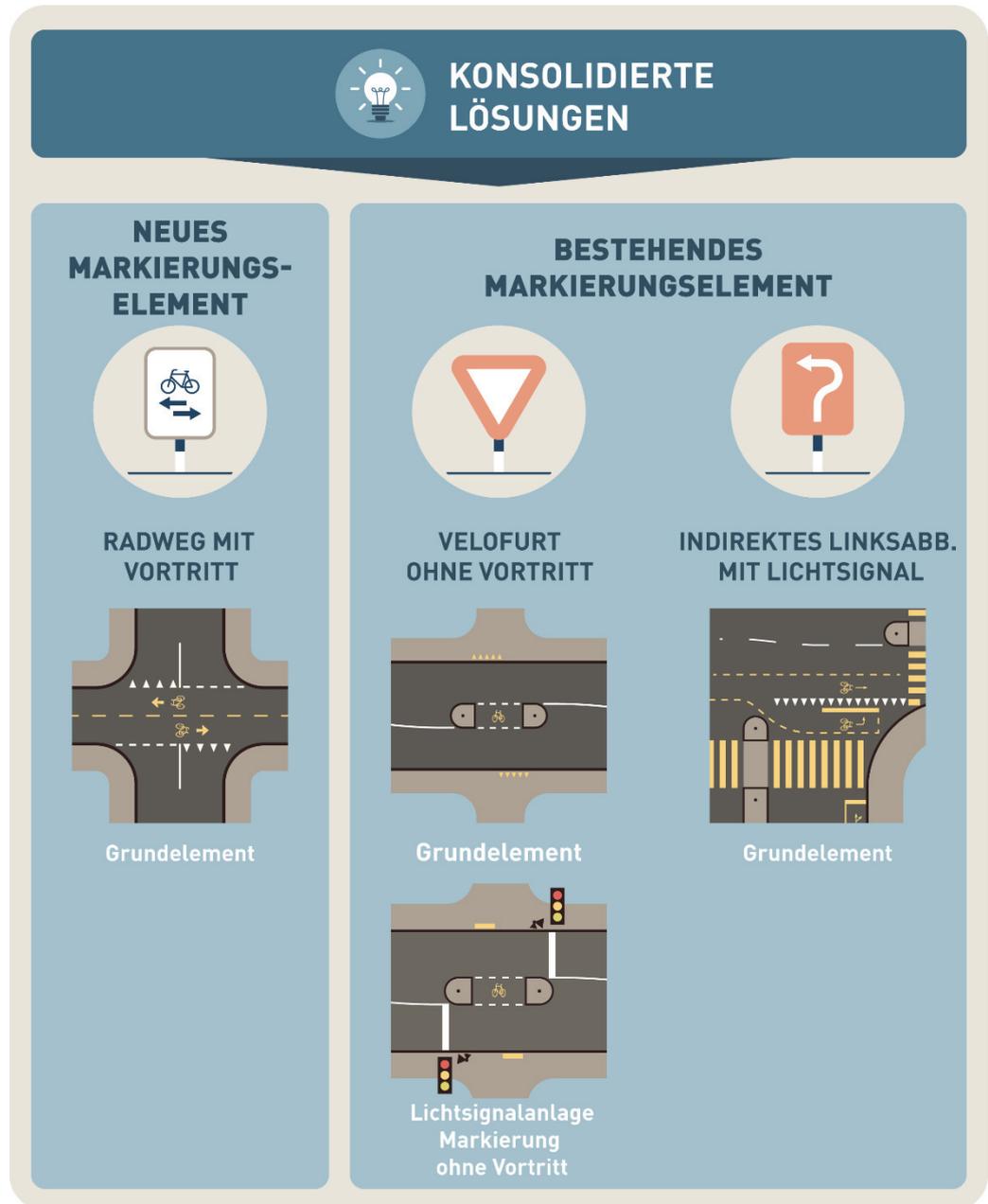


Abbildung 118: Lösungen mit direkter Umsetzung

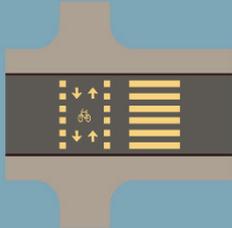


LÖSUNGEN MIT OFFENEN FRAGEN

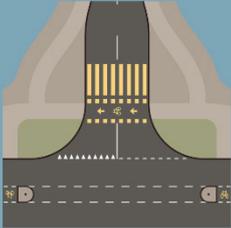
NEUE VORTRIITTSFORM



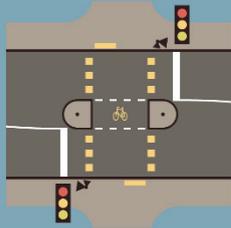
VELOFURT MIT VORTRIIT



Grundelement

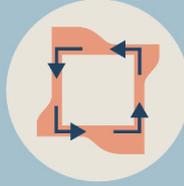


Velofurt an Knoten
(5m zurückversetzt)

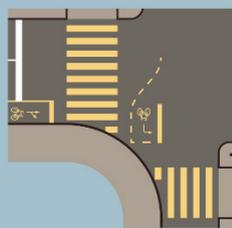


Lichtsignalanlage
Markierung mit Vortritt

NEUES KNOTENSYSTEM

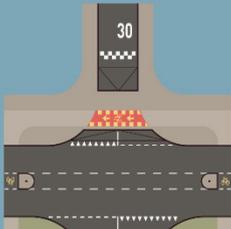


**INDIREKTES LINKS-
ABBIEGEN ALS
KNOTENSYSTEM**

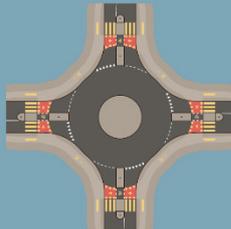


Grundelement

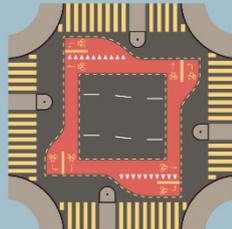
PILOTPROJEKTE



Velofurt an Knoten
(2m zurückversetzt)



Kreisell mit
umlaufendem Radweg
und Velovortritt



indirektes Linksabbiegen
als Gesamtknotensystem

Velofahrende und MfZ-Lenkende sind im Rahmen der Pilotversuche und bei der definitiven Einführung geeignet zu informieren

Abbildung 119: Lösungen mit vorgelagerter Pilotphase

8.2 Radweg mit Vortritt

Radwege können heute als Ausnahme vortrittsberechtigt über Nebenstrassen geführt werden. Diese gesetzliche Eingrenzung «Ausnahme» und «Nebenstrasse» schränkt den Einsatz sehr stark ein. Die vortrittsberechtigige Führung von Radwegen ist heute bereits wichtig und wird in Zukunft im Zusammenhang mit der Umsetzung von hochwertigen Velorouten (Velobahnen, Velovorzugsrouten etc.) noch stärker an Bedeutung gewinnen.

Auf Gesetzesstufe ist zu prüfen, ob auf die Eingrenzung verzichtet werden kann. Für den situationsgerechten Einsatz ist die Einteilung gemäss den Niederlanden nach Frequenzverteilung (Verhältnis Velofrequenz mit querendem MIV) stimmiger als die schweizerische Einteilung nach den beiden Strassenkategorien Haupt- und Nebenstrasse. Es wird jedoch empfohlen, die Einsatzkriterien auf Ebene der Vollzugshilfen (z.B. Handbuch) und Normen festzuhalten.

Wichtiger Schluss aus der Entflechtungsstudie ist auch die Bedeutung einer einheitlichen und klaren Ausgestaltung des Radwegs mit Vortritt. Mit entsprechenden Vorgaben soll dies in der Umsetzungsphase erreicht werden.

Die Umsetzung gemäss den Erkenntnissen der Entflechtungsstudie bedeutet folgende rechtliche und normative Anpassungen:

- Recht
 - Einsatzmöglichkeiten für die vortrittsberechtigige Führung von Radwegen auf Gesetzesebene (Strassenverkehrsrecht) erweitern
 - Gestaltungselemente «Markanter Pfeil» in Signalisationsverordnung aufnehmen
- Vollzugshilfen/Norm
 - Einsatzkriterien definieren
 - Einheitliche Ausgestaltung definieren

8.3 Velofurt mit Vortritt

Die Velofurt mit Vortritt ist eine neue Vortrittsform. Es wird daher empfohlen, im Rahmen von Pilotprojekten Erfahrungen zur idealen Ausgestaltung zu sammeln. Parallel dazu soll auch geprüft werden, wie oft die Lösung in der Schweiz eingesetzt werden kann. Die Einführung der neuen Vortrittsform «Velofurt» bedingt eine umfangreiche Informationskampagne mit Fokus auf das richtige Verhalten der Velofahrenden wie auch der Mfz-Lenkenden. Einerseits müssen Mfz-Lenkende sich der Velofurt so annähern, dass sie den Vortritt der Velofahrenden gewähren können. Umgekehrt müssen Velofahrende sich so verhalten, dass die Mfz-Lenkenden den Vortritt gewähren können. Dies bedeutet langsame An- und Überfahrt (Schritttempo) und Blickkontakt mit Mfz-Lenkenden.

Die Umsetzung gemäss den Erkenntnissen der Entflechtungsstudie bedeutet folgende rechtlichen und normativen Anpassungen:

- Recht:
 - Neue Vortrittsform «Velofurt» aufnehmen
 - Vortrittsberechtigige Velofurt 5 m zurückversetzt im Recht als gleichberechtigte Lösung wie 2 m zurückversetzte Velofurt verankern
 - Gestaltungselemente definieren («Blockmarkierung» und «Markanter Pfeil»)
 - Signaltafel definieren
- Vollzugshilfen/Norm:
 - Einsatzkriterien definieren
 - Einheitliche Ausgestaltung definieren
- Kommunikation/Information:
 - Informations- und Kommunikationskampagne

8.4 Velofurt ohne Vortritt

In der Schweiz sind Velofurten bis anhin immer mit Vortrittsbelastung geregelt. In der Ausgestaltung zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede. Im Rahmen dieser Studie wurde ein Vorschlag für die einheitliche Ausgestaltung aufgezeigt. Dieser unterscheidet sich klar von der vortrittsberechtigten Furt. Die Ausgestaltung stützt sich auf das geltende Recht, die Norm VSS 40252 und das ASTRA-Handbuch «Veloverkehr in Kreuzungen». Der Handlungsbedarf für die Umsetzungsphase besteht insbesondere darin, eine einheitliche Ausgestaltung zu erreichen. Im Rahmen der Kommunikation für die Velofurt mit Vortritt soll deshalb auch die Ausgestaltung der Velofurt ohne Vortritt aufgezeigt werden.

8.5 Velofurt mit Lichtsignal

Lichtsignalgeregelte Velofurten sollen sowohl mit Vortrittsberechtigung als auch mit Vortrittsbelastung kombiniert werden können. Die Markierung tritt dann in Kraft, wenn die Lichtsignalanlage ausser Betrieb oder gelb blinkend ist.

In der Studie wurde der umlaufende Radweg nach dem Vorbild der niederländischen Standardlösung untersucht. Diese Knotenlösung ist mit dem heutigen schweizerischen Recht vereinbar.

Die Umsetzung gemäss den Erkenntnissen der Entflechtungsstudie bedeutet folgende rechtliche und normative Anpassungen:

- Recht:
 - Neue Vortrittsform «Velofurt mit Vortritt» in Kombination mit LSA nach erfolgreicher Pilotphase ermöglichen
- Vollzugshilfen/Norm:
 - Einsatzkriterien Velofurt mit Vortritt bei LSA definieren

8.6 Indirektes Linksabbiegen

Die Entflechtungsstudie unterbreitet einen Vorschlag für die einheitliche Gestaltung und Signalisation. Mit Blick auf die klare Ausgestaltung in Deutschland beinhaltet die neue Markierung auch eine deutliche Zuführung zum Aufstellbereich des indirekten Linksabbiegers.

In der Entflechtungsstudie konnte noch kein Vorschlag für die Ausgestaltung auf allen vier Knotenästen (als gesamte Knotenlösung) bestimmt werden. Die ideale Ausgestaltung soll im Rahmen von Pilotprojekten getestet werden. Das ASTRA definiert dazu die Rahmenbedingungen.

Die Umsetzung gemäss den Erkenntnissen der Entflechtungsstudie bedeutet folgende rechtliche und normative Anpassungen:

- Recht:
 - Rechtliche Grundlage für indirektes Linksabbiegen in Signalisationsverordnung aufnehmen (Prinzip und Vorwegweiser)
- Vollzugshilfen/Norm:
 - Einsatzkriterien und Ausgestaltung definieren

8.7 Schlussbemerkungen

Aus der Entflechtungsstudie konnten wichtige Erkenntnisse zur Adaption von erfolgreichen ausländischen Knotenlösungen in die Schweiz gewonnen werden. Die Studie zeigt auf, welche Lösungen weiterzuverfolgen sind und wie die Ausgestaltung in der Schweiz aussehen kann. In der nächsten Phase erfolgt die Konsolidierung der Lösungen, teils mittels Pilotprojekten.

Die nächste Phase ist entscheidend dafür, welche Knotenlösungen in der Schweiz neu «in den Werkzeugkoffer» aufgenommen werden. In der Schweiz ist bereits eine Vielzahl von Knotenlösungen mit unterschiedlichen Ausgestaltungen vorhanden. Ein zentraler Erfolgsfaktor ist, dass relativ niederschwellig neuartige Lösungen getestet werden können, dann aber wenige Knotenlösungen konsequent umgesetzt werden. Dabei wird auf die einheitliche, schnell erfassbare Ausgestaltung grosses Gewicht gelegt. Die Verkehrsteilnehmenden sollen klare Informationen darüber erhalten, wie sie sich verhalten sollen und worauf sie achten müssen (Erwartungsmanagement). Für die Schweiz bedeutet dies, dass einhergehend mit der Aufnahme von neuen Infrastrukturlösungen auch die Reduktion von bestehenden Lösungen angestrebt werden muss. Auf eine einheitliche Ausgestaltung ist grosses Gewicht zu legen.

In der nächsten Phase wird auch der regelmässige Austausch der Erfahrungen beim Planen und Umsetzen der neuen Lösungen im schweizerischen Kontext entscheidend sein.

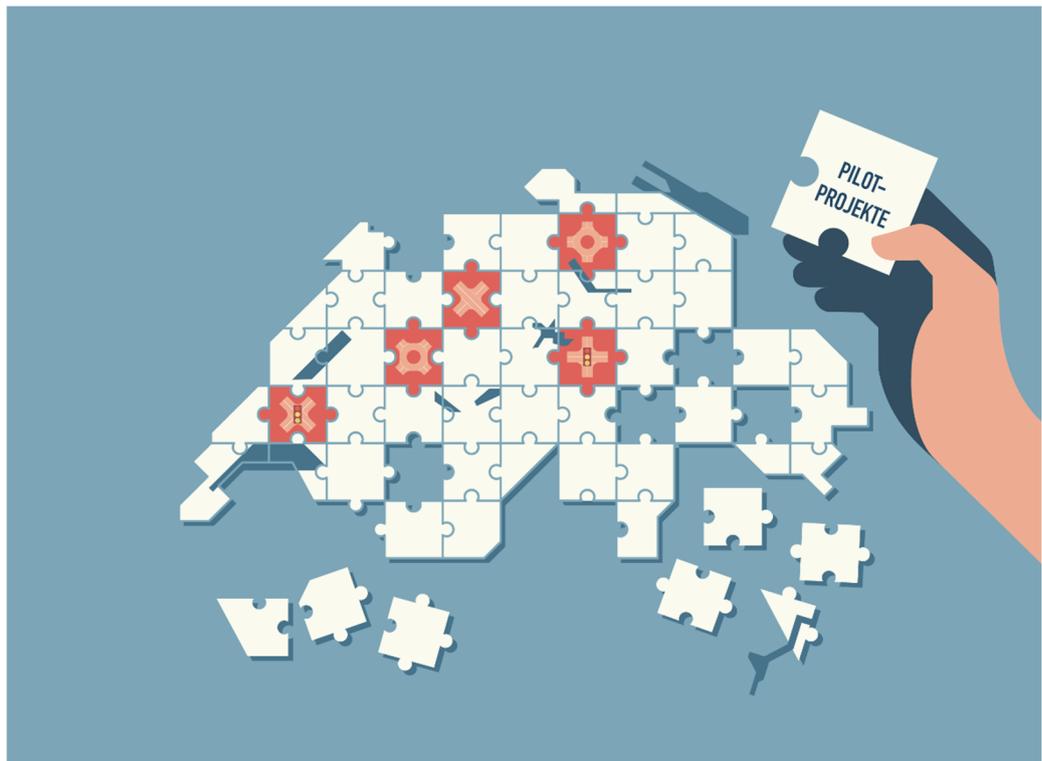


Abbildung 120: In der nächsten Phase ist ein regelmässiger Austausch der Erfahrungen beim Planen und Umsetzen der neuen Lösungen wertvoll.

Anhang

1 Quellenverzeichnis

- [1] AGFS (2013) **Querungsstellen für den Radverkehr**, Fachbroschüre der AGFS (Arbeitsgemeinschaft fussgänger- und fahrradfreundliche Städte, Gemeinden und Kreise in Nordrhein-Westfalen e.V.), Krefeld
- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2021) **Jährliche Unfallauswertungen**, Bern
- [3] Bondzio, Scheit, Berghaus, Bissantz, Bakaba, Ortlepp (2017) **Sicherung von bevorrechtigten umlaufenden Radwegen an innerörtlichen Kreisverkehren**, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, Unfallforschung der Versicherer UDV, Berlin
- [4] Brenner Bernard Ingenieure GmbH (2017) **Musterlösungen für Radverkehrsanlagen in Baden-Württemberg**, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
- [5] Brilon (1997) **Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen**, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 43, Nr. 1, S. 22-28
- [6] Brüde, Larsson (1996) **The safety of cyclists at roundabouts**, A comparison between Swedish, Danish and Dutch results, VTI meddelande 810A, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping
- [7] CROW (2015) **Basiskennmerken kruispunten en rotondes**, Utrecht
- [8] CROW (2016) **Design manual for bicycle traffic**, Utrecht
- [9] CROW / DTV Consultants (2019) **Verkenning verkeersveiligheid op rotondes in Nederland**, Breda
- [10] CORW (2020) **Fietsoversteken in de voorrang**, Utrecht
- [11] Daniels, Brijs, Nuyts, Wets (2010) **Explaining variation in safety performance of roundabouts**, Accident Analysis & Prevention, Volume 42, Issue 2, Pages 393-402
- [12] Dijkstra (2014) **Naar meer veiligheid op kruispunten**, Aanbevelingen voor kruispunten van 50-, 80- en 100km/uur-wegen, R-2014-21, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag
- [13] FGSV (2006) **Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren**, Köln.
- [14] FGSV (2010) **Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA**, Köln.
- [15] Franke, Lampert (2020) **Geschützte Kreuzungen nach niederländischem Vorbild**, Strassenverkehrstechnik, Ausgabe 5.2020
- [16] Kolrep-Rometsch, Lettner, Platho, Richter, Schreiber, Schreiber, Butterwegge (2013) **Abbiegeunfälle Pkw/Lkw und Fahrrad**, Forschungsbericht Nr. 21, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, Unfallforschung der Versicherer UDV, Berlin
- [17] Jensen (2008). **Safety effects of blue cycle crossings: A before-after study**, Accident; analysis and prevention, 40. 742-50. 10.1016/j.aap.2007.09.016.
- [18] Ortlepp, Voss (2012) **Verkehrssicherheit innerörtlicher Kreisverkehre**, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, Unfallforschung der Versicherer UDV, Berlin
- [19] Ortlepp (2020) **Fahrversuche Lkw – Protected Intersection**, Unfallforschung kommunal, Nr. 37, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, Unfallforschung der Versicherer UDV, Berlin
- [20] Robinson (2020) **UK's first 'CYCLOPS' junction which is designed to keep cyclists safe while making a right turn comes into use**, MailOnline, 10. July 2020, London

- [21] Schepers, Kroeze, Sweers, Wüst (2011). **Road factors and bicycle–motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections**, Accident Analysis & Prevention, Volume 43, Issue 3, Pages 853-861
- [22] Schoon, Doumen, de Bruin (2008) **De toedracht van dodehoekongevallen en maatregelen voor de korte en lange termijn**, R-2008-11A, SWOV, Leidschendam
- [23] Schoon, van Minnen (1994) **The safety of roundabouts in The Netherlands**, Traffic Engineering and Control, Pages. 142-148
- [24] Schreiber, Ortlepp, Butterwegge (2013) **Unfälle zwischen Kfz und Radfahrern beim Abbiegen**, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, Unfallforschung der Versicherer UDV, Berlin
- [25] Sigrist, Starkermann, Walter, Rothenbühler, Maier, Diem (2021) **Veloverkehr in Kreuzungen, Handbuch Infrastruktur**, Vollzugshilfe Langsamverkehr Nr. 17, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Velokonferenz Schweiz, Bern, Biel
- [26] Störr, Huber, Pöllendorfer, Degener (2017) **Pilotversuch velofreundliche Lichtsignalanlagen, Rechtsabbiegen bei Rot für Velos, fuss- und Veloverkehrsphase**, Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt, Basel
- [27] Van Minnen (1995) **Rotondes en voorangsregelingen**, R-95-58, SWOV, Leidschendam
- [28] BASt Ausschreibung (Juni 2021), Sicherheit und mögliche Einsatzbereiche von «geschützten Kreuzungen» (Protected Intersections)

2 Fotoverzeichnis

Nr.	Ort	Quelle
6	Niederlande	CROW (2020) [10]
7 (links)	Niederlande	Planum Biel AG
7 (rechts)	Niederlande	Metron
10	Deutschland	Alternative Department for Transport, ADfT, bicycledutch
11	Deutschland	AGFS (2013) [1]
14	Niederlande	Metron
15	Niederlande	Metron
23	Niederlande	Google Maps, 2021
24	Niederlande	Metron
25	Niederlande	Tridée
26	Niederlande	Planum Biel AG
27	Niederlande	Metron
30	Niederlande	Metron
31	Niederlande	Metron
33	Deutschland	Ortlepp et al. (2012) [18]
34	Dänemark	Metron
35	Schweiz	KOVE ZH / Metron
38	Niederlande	Metron
39	Niederlande	Google Maps, 2021
42	Deutschland	AGFS (2013) [1]
45	Niederlande	Metron
46	Niederlande	Metron
47	Niederlande	Metron
48	Niederlande	Metron
49	Niederlande	Metron
51	Niederlande	Metron
52	Niederlande	Metron
54	England	MailOnline (2020) [20]
55	England	MailOnline (2020) [20]
56	Schweiz	Metron
57	Schweiz	Metron
60	Dänemark	Metron
61	Dänemark	Metron
62	Deutschland	Urs Walter
66	Schweiz	Metron

Anhang 3: Verworfenne Markierungsansätze vortrittsberechtigte Velofurt

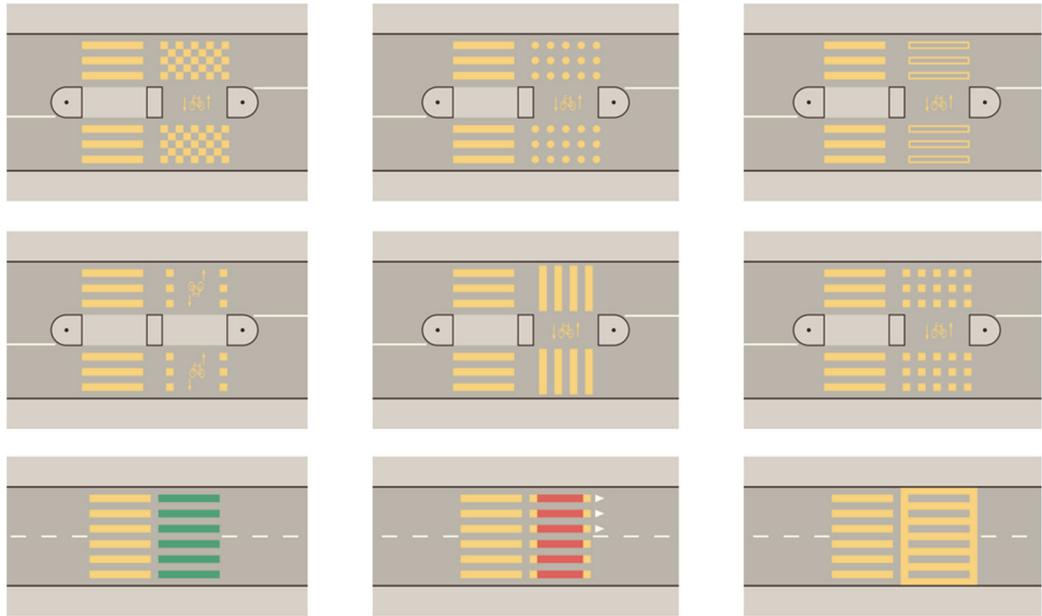


Abbildung 121: Verworfenne Markierungsansätze vortrittsberechtigte Velofurt

Anhang 4: Verworfenne Markierungsansätze indirektes Linksabbiegen

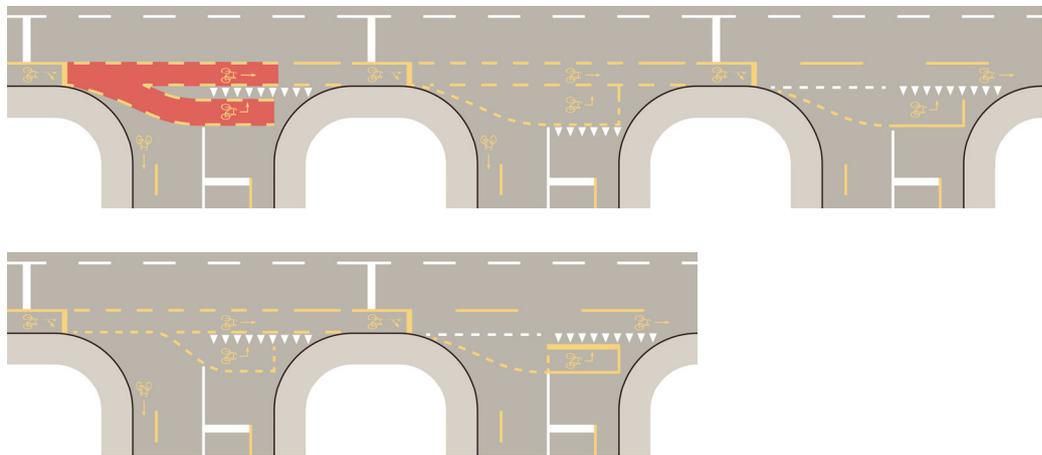


Abbildung 122: Verworfenne Markierungsansätze indirektes Linksabbiegen

Anhang 5: Anschlüsse gemeinsame Fuss- und Radwege

Die in der Studie aufgezeigten Knotenlösungen sind auf zuführende Radwege abgestimmt. Die Lösungen lassen sich auch mit zuführenden gemeinsamen Fuss- und Radwegen kombinieren. Die Trennung erfolgt dann am wichtigsten Ort, dem Knoten. Die Führung mit reinem Radweg ist jedoch aufgrund der geringeren Konflikte zu bevorzugen.

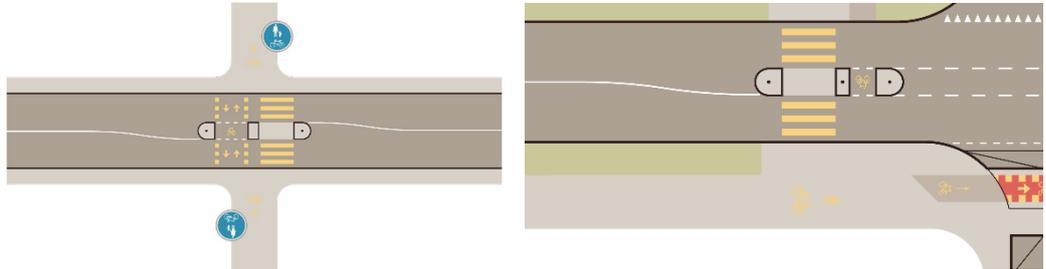


Abbildung 123: Anschlüsse bei gemeinsamen Fuss- und Radwegen

Anhang 6: Prüfung Höhenabwicklung bei 2 m zurückversetzten Velofurten

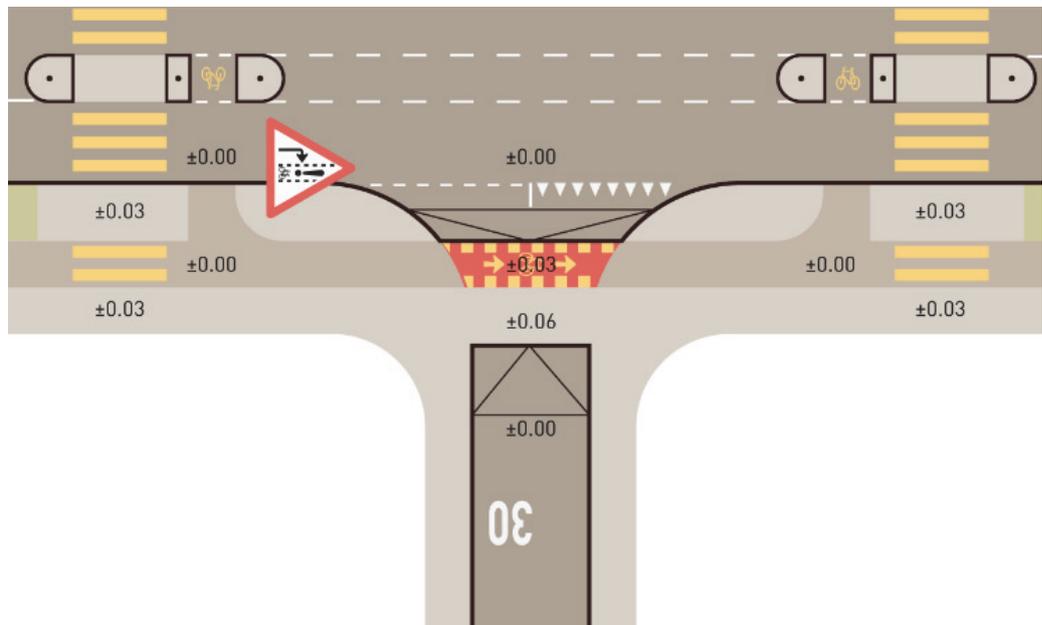


Abbildung 124: Höhenabwicklung bei 2 m zurückversetzten Furten

Anhang 7: Prüfung Kombination Minikreisel mit umlaufendem Radweg

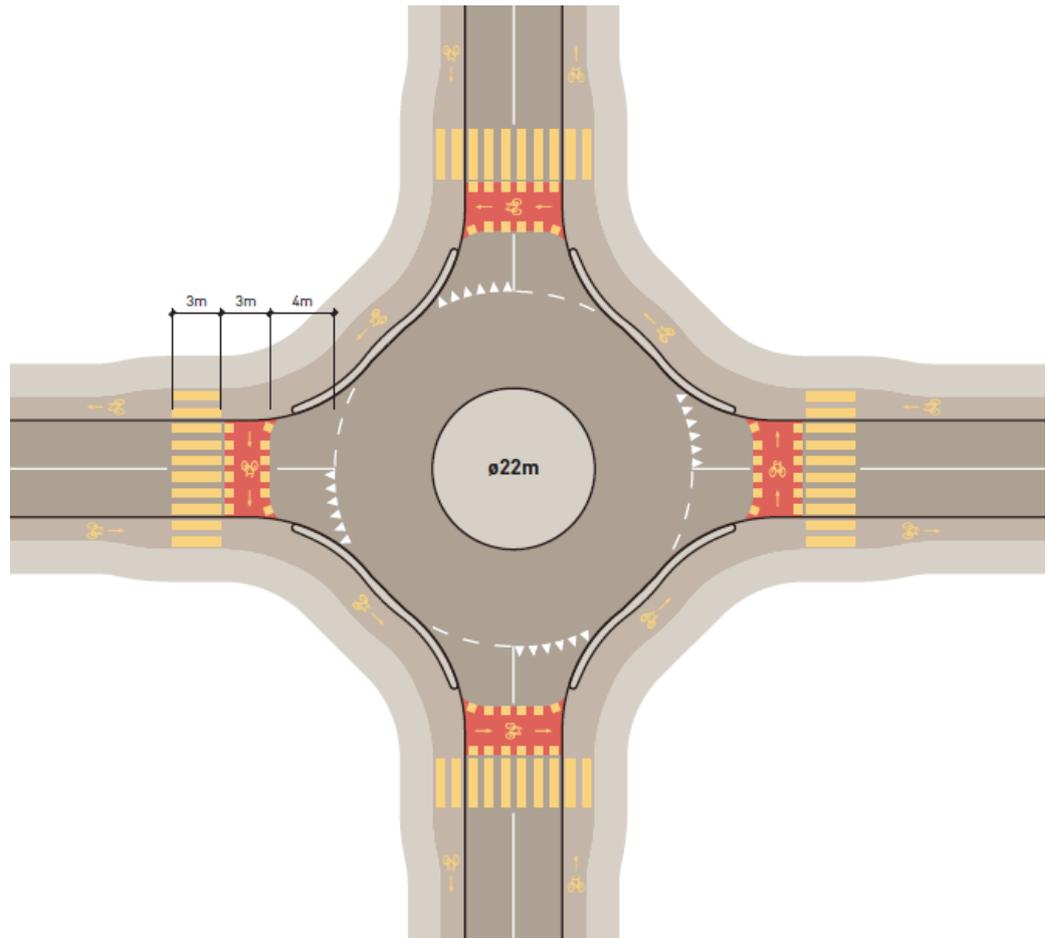


Abbildung 125: Minikreisel mit umlaufendem Radweg – Bei erfolgreicher Umsetzung der Standardlösung mit 26 m Durchmesser zu prüfen.

Anhang 8: Prüfung kreisrunde Ausbildung inkl. Fussgängerstreifen

In den Niederlanden werden teilweise die Fussgängerstreifen zur Optimierung der Wunschlinie und Verdeutlichung des Kreiselsbetriebs zusammen mit der Velofurt gerundet ausgebildet. In einer Weiterentwicklung bei konsolidierter Standardlösung ist dies zu prüfen. Dabei sind allfällige Nachteile für die Führung Sehbehinderter in die Abwägung einzubeziehen.

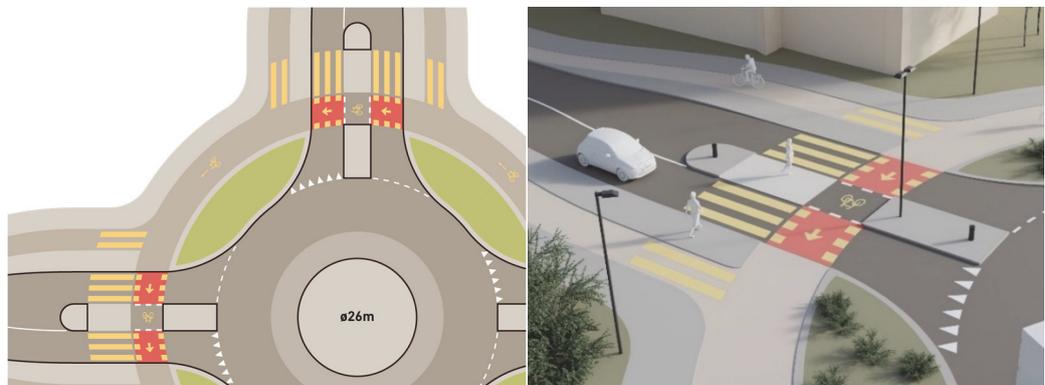


Abbildung 126: Abgerundete Ausbildung Velofurt und Fussgängerstreifen

Anhang 9: Prüfung umlaufender Radweg mit Fussgängerführung auf Innenseite

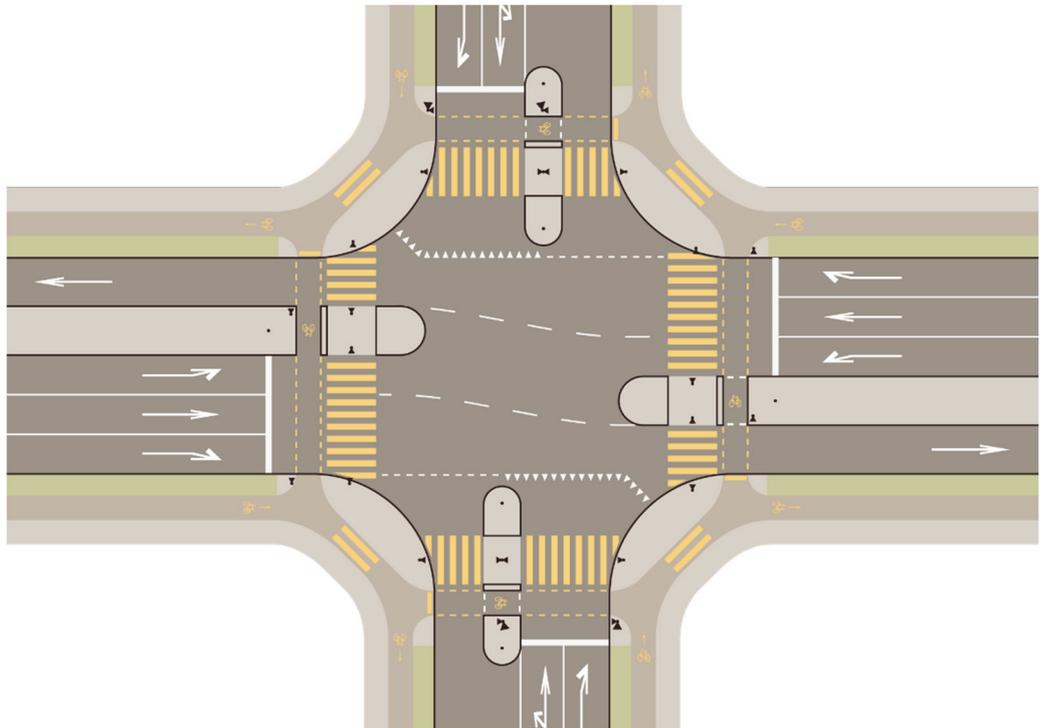


Abbildung 127: Überprüfung der Fussgängerführung auf der Innenseite – Verworfen

Anhang 10: Prüfung räumliche Integration Kreisel mit Radweg

In der Schweiz sind die beschränkten räumlichen Verhältnisse eine zentrale Herausforderung für die Anwendbarkeit von Kreiseln mit umlaufenden Radwegen. In der folgenden Übersicht wurde anhand exemplarisch ausgewählten Knoten eine grobe Prüfung vorgenommen, inwieweit sich dieser Lösungsansatz räumlich integrieren lässt.





Lenzburg
best.: Kreisel ø27.5m



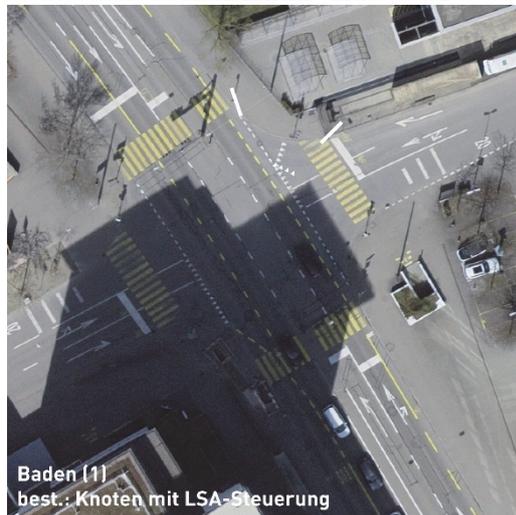
Lenzburg
best.: Kreisel ø27.5m



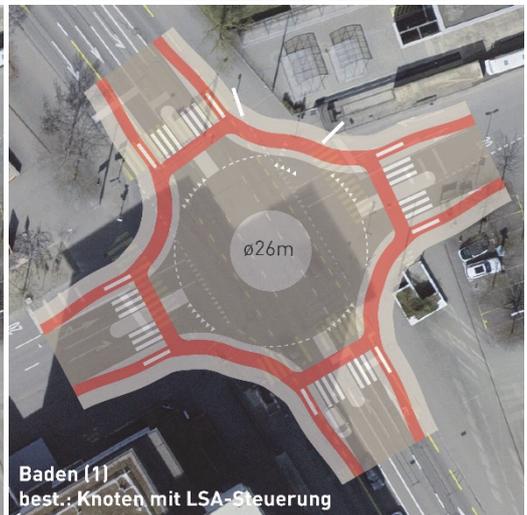
Münsingen
best.: Kreisel ø27.5m



Münsingen
best.: Kreisel ø27.5m



Baden (1)
best.: Knoten mit LSA-Steuerung



Baden (1)
best.: Knoten mit LSA-Steuerung



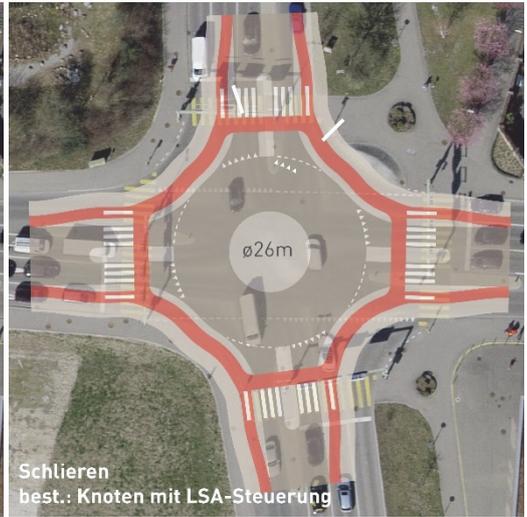
Baden (2)
best.: Kreisel ø28m



Baden (2)
best.: Kreisel ø28m



Schlieren
best.: Knoten mit LSA-Steuerung



Schlieren
best.: Knoten mit LSA-Steuerung



Lengnau
best.: Knoten mit LSA-Steuerung



Lengnau
best.: Knoten mit LSA-Steuerung

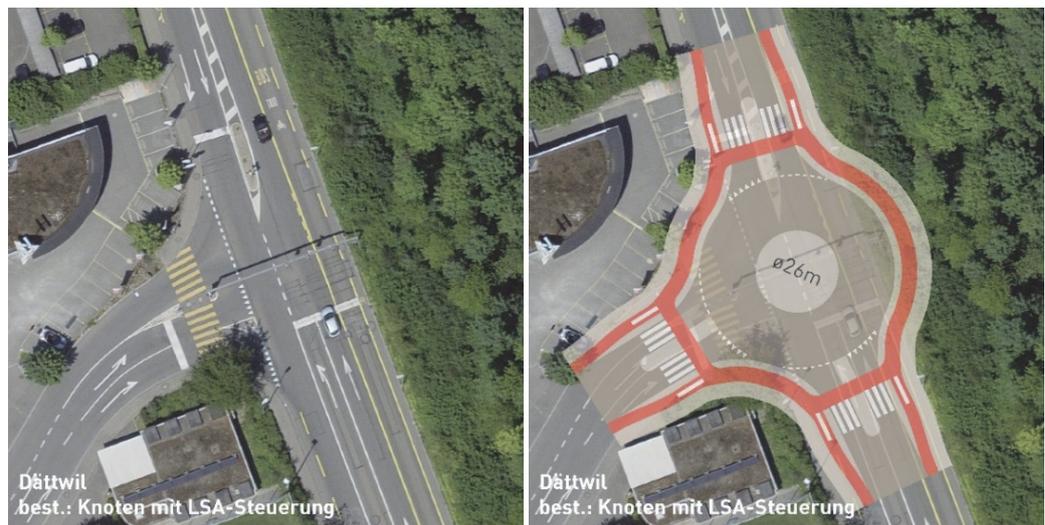


Abbildung 128: Grobe räumliche Prüfung von Kreiseln mit umlaufenden Radwegen bei exemplarischen Situationen

Anhang 11: Projektbeispiele

LSA-Knoten mit umlaufendem Radweg

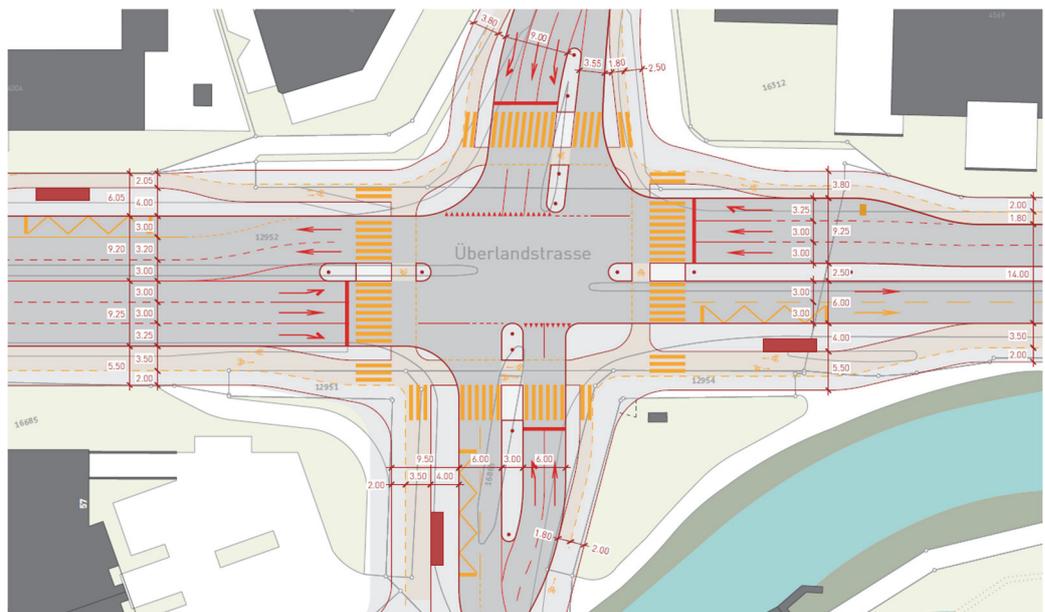


Abbildung 129: Projektstudie Dübendorf, LSA-Kreuzung mit umlaufendem Radweg

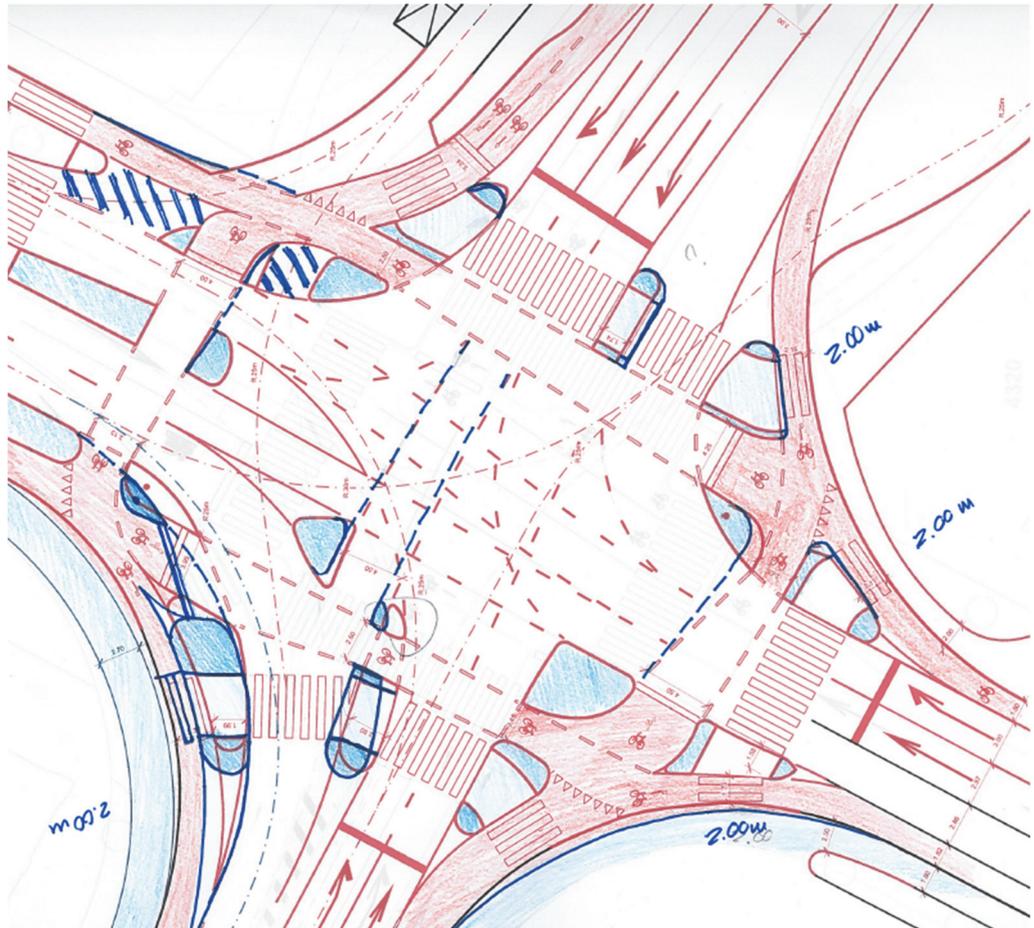


Abbildung 130: Projektstudie Guisanplatz Bern mit umlaufendem Radweg

Indirektes Linksabbiegen als Gesamtknotensystem



Abbildung 131: Projektstudie indirektes Linksabbiegen als Gesamtknotensystem - Wilder Mann, Knoten

metron

Stahlrain 2
Postfach

5201 Brugg
Schweiz

info@metron.ch
+41 56 460 91 11