

Bachelorarbeit

RADVERKEHRSSICHERHEIT AN KNOTENPUNKTEN

Benedikt Magnus Paar
854367

Erstbetreuer: Prof. Dr.-Ing. Johannes Schlaich
Zweitbetreuer: Prof. Dr.-Ing. Jörg Patzak

17. Februar 2021



Beuth Hochschule
für Technik
Berlin

Fachbereich III
Bauingenieurwesen und Geoinformation
Studiengang Umweltingenieurwesen - Bau

Zusammenfassung

Das Fahrrad rückt immer mehr in den Fokus der Stadtplanung. Die Politik in Deutschland fördert diese Entwicklung mit der Verabschiedung neuer Verkehrskonzepte. Einige Länder und Kommunen in Europa haben diesen Schritt schon vor vielen Jahren umgesetzt. Die Staaten Niederlande und Dänemark nehmen dabei eine Vorreiterrolle ein.

Damit das Fahrrad als alltägliches Verkehrsmittel angenommen wird, müssen vor allem die Verkehrswege sicherer gestaltet sein.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Themenfrage, welche Konzepte an Knotenpunkten angewandt werden können, um für Radfahrende eine sichere Überquerung zu ermöglichen. Deshalb werden verschiedene Konzepte vorgestellt und deren einzelne Elemente miteinander verglichen. Dafür werden zuvor die Unfallursachen im urbanen Raum und die rechtlichen Grundlagen in Deutschland in Bezug auf den Radfahrverkehr angesprochen. Diese Punkte werden dafür verwendet, um ein Bewertungsschema zu entwickeln. Durch das Bewertungsschema wird ein Konzept ausgewählt, das exemplarisch an einem Berliner Knotenpunkt angewandt wird.

Konzepte, die sich mit der Schulung der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden beschäftigen, oder Systeme, die in Fahrzeugen eingebaut werden können, werden hier nicht mit einbezogen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1. Einleitung	6
2. Verkehrsverhalten	8
2.1 Nutzergruppen	8
2.2 Unfallursachen	8
2.2.1 Durch Radfahrende verursachte Unfälle	9
2.2.2 Durch andere Verkehrsteilnehmende verursachte Unfälle.....	10
3. Rechtliche Grundlagen	13
3.1 Gesetze.....	13
3.1.1 Grundlagen der Regelungen im Straßenverkehr	13
3.1.2 Berliner Mobilitätsgesetz	17
3.2 Richtlinien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	18
3.2.1 Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen	19
3.2.2 Empfehlungen für Radverkehrsanlagen.....	22
4. Konzepte	26
4.1 Deutschland	26
4.1.1 Führungsformen	26
4.1.2 Signalisierung in Deutschland	30
4.2 Dänemark	30
4.2.1 Planfreie und plangleiche Knotenpunkte	30
4.2.2 Abbiegeprozesse.....	31
4.2.3 Führungsformen	31
4.2.4 Signalisierung in Dänemark	34
4.3 Niederlande.....	34
4.3.1 Führung des Radverkehrs.....	34
4.3.2 Abgrenzung zum Kraftverkehr.....	35
4.3.3 Halten und Abbiegen von Fahrrädern	35
4.3.4 Freigabezeiten.....	36
4.4 Tabellarische Zusammenfassung der Konzepte.....	37
5. Entwicklung des Bewertungsschemas	38
5.1 Sicherheit	38
5.1.1 Konfliktpunkte.....	38

5.1.2 Sichtverhältnisse	39
5.1.3 Separierung	40
5.1.4 Übersichtlichkeit	40
5.2 Komfort	41
5.2.1 Wartezeit	41
5.2.2 Geometrische Veränderungen	42
5.2.3 Aufstellplätze	43
5.3 Tabellarische Darstellung des Bewertungsschemas	43
6. Bewertung der Konzepte	45
6.1 Bewertung der Sicherheit.....	45
6.1.1 Konfliktpunkte	45
6.1.2 Sichtverhältnisse	48
6.1.3 Separierung	52
6.1.4 Übersichtlichkeit	53
6.2 Bewertung des Komforts.....	55
6.2.1 Bewertung der Wartezeit.....	55
6.2.2 Bewertung der geometrischen Veränderungen.....	56
6.2.3 Bewertung der Aufstellplätze.....	57
6.3 Auswertung	59
7. Anwendung.....	60
7.1 Auswahl eines Knotenpunkts.....	60
7.2 Bestandsaufnahme	61
7.2.1 Verkehrsaufkommen	61
7.2.2 Baulicher Bestand	62
7.3 Umgestaltung	65
7.3.1 Veränderung der Radverkehrsanlage	66
7.3.2 Veränderungen für die anderen Verkehrsarten.....	68
7.4 Auswertung	69
8. Fazit.....	71
9. Literaturverzeichnis	72
10. Abkürzungsverzeichnis.....	74
Anhang	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Radunfallursachen von Radfahrenden aus dem Jahr 2018.....	9
Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Radunfallursachen von anderen Verkehrsteilnehmenden aus dem Jahr 2018.....	10
Abbildung 3: Radverkehrszeichen.....	14
Abbildung 4: Direktes Linksabbiegen beim Radverkehr.....	17
Abbildung 5: Indirektes Linksabbiegen beim Radverkehr.....	17
Abbildung 6: Deutsches Konzept der Radweg.....	27
Abbildung 7: Deutsches Konzept der Radfahrstreifen.....	28
Abbildung 8: Deutsches Konzept der Radfahrfurt bei gerader Führung über den Knotenpunkt.....	29
Abbildung 9: Deutsches Konzept der Radfahrfurt für das direkte Linksabbiegen.....	29
Abbildung 10: Deutsche Führung des Radverkehrs im Kraftverkehr.....	30
Abbildung 11: Dänisches Konzept der Radwege mit separiertem Rechtsabbiegestreifen.....	32
Abbildung 12: Dänische Führung des Radverkehrs im Rechtsabbiegestreifen des Kraftverkehrs.....	33
Abbildung 13: Dänisches Konzept der Radfahrfurten.....	33
Abbildung 14: Konzept der geschützten Kreuzung.....	35
Abbildung 15: Sichtverhältnis im 1. Abschnitt.....	39
Abbildung 16: Sichtverhältnis im 2. Abschnitt.....	39
Abbildung 17: Schnittstellen im Seitenraum und indirektem Linksabbiegen.....	46
Abbildung 18: Schnittstellen im Seitenraum und direktem Linksabbiegen.....	46
Abbildung 19: Schnittstellen beim Fahren im Kraftverkehr und indirektem Linksabbiegen.....	47
Abbildung 20: Schnittstellen beim Fahren im Kraftverkehr und direktem Linksabbiegen.....	47
Abbildung 21: Schnittstellen auf Radfahrfurten und indirektem Linksabbiegen.....	47
Abbildung 22: Schnittstellen auf Radfahrfurten und direktem Linksabbiegen.....	47
Abbildung 23: Schnittstellen auf der geschützten Kreuzung.....	48
Abbildung 24: Radverkehrsunfälle nach Bezirken 2018.....	60
Abbildung 25: Kraftverkehrsstärke 2014.....	61
Abbildung 26: Überblick der ausgewählten Kreuzung.....	62
Abbildung 27: Aktueller Querschnitt im Nordosten - Otto-Braun-Straße.....	63
Abbildung 28: Aktueller Querschnitt im Südosten - Karl-Marx-Allee.....	63

Abbildung 29: Aktueller Querschnitt im Südwesten - Alexanderstraße	64
Abbildung 30: Aktueller Querschnitt im Nordwesten - Alexanderstraße.....	64
Abbildung 31: Detailansicht der ausgewählten Kreuzung	65
Abbildung 32: Die ausgewählte Kreuzung nach der Umgestaltung	67
Abbildung 33: Querschnitte der Straße im Nordosten nach der Umplanung	68
Abbildung 34: Querschnitte der Straße im Südwesten nach der Umplanung	68
Abbildung 35: Querschnitte der Straße im Südosten nach der Umplanung	68
Abbildung 36: Querschnitte der Straße im Nordwesten nach der Umplanung	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzergruppen	8
Tabelle 2: Verkehrsräume der Verkehrsarten	19
Tabelle 3: Sicherheitsabstände zwischen den Verkehrsmitteln	19
Tabelle 4: Wenderadius von Kraftfahrzeugen	20
Tabelle 5: Wenderadius von Fahrrädern	20
Tabelle 6: Breitenmaße von Radverkehrsanlagen und Sicherheitsabstände.....	23
Tabelle 7: Kurvenradien und Anhaltewege von Fahrrädern	23
Tabelle 8: Anlagenbreite für den Radverkehr in Dänemark	31
Tabelle 9: Übersicht der Parameter für Radverkehrsanlagen der verschiedenen Länder.....	37
Tabelle 10: Bewertungskriterium - Konfliktpunkte	39
Tabelle 11: Bewertungskriterium - Sichtverhältnisse.....	40
Tabelle 12: Bewertungskriterium - Separierung der Radverkehrsanlage.....	40
Tabelle 13: Bewertungskriterium - Übersichtlichkeit.....	41
Tabelle 14: Bewertungskriterium - Wartezeit.....	42
Tabelle 15: Bewertungskriterium - Geometrische Veränderungen.....	42
Tabelle 16: Bewertungskriterium - Aufstellplätze	43
Tabelle 17: Ergebnisse der Bewertung der Sicherheit (leer).....	44
Tabelle 18: Ergebnisse der Bewertung des Komforts (leer).....	44
Tabelle 19: Auswertung der Ergebnisse (leer)	44
Tabelle 20: Ergebnisse der Bewertung der Sicherheit	45
Tabelle 21: Ergebnisse der Bewertung des Komforts	55
Tabelle 22: Auswertung der Ergebnisse.....	59

1. Einleitung

Der positive Einfluss des Fahrradfahrens auf das Klima und auf die Lebensqualität der Menschen findet immer mehr Anerkennung. Der Radverkehr gewinnt so weiter an Bedeutung und wird auch in der Politik als Instrument zur Lösung aktueller Verkehrsproblematiken in Betracht gezogen. Auf der Bundesebene entstand daher der nationale Radverkehrsplan 2020 (BMVBS, 2012). Im Bundesland Berlin fördert das Berliner Mobilitätsgesetz den Radverkehr als Teil des Umweltverbundes (MobG BE, 2018).

Die Erfolge der getroffenen Maßnahmen verdeutlichen die Verkehrsverteilung von Berlin. Während im Jahr 2013 nur 12% der Bevölkerung ihre Wege mit dem Fahrrad zurücklegten, stieg der Anteil bis 2018 auf 18% an (BMVBS, 2012). Dadurch wird deutlich, dass der Radverkehr immer mehr an planerischer Relevanz gewinnt und ihm somit auch mehr Platz im Straßenraum eingeräumt werden muss.

Werden die Fahrradunfälle mit schweren Unfallfolgen innerhalb Berlins betrachtet, wird der Handlungsbedarf bei dem Thema der Radverkehrssicherheit deutlich. In dieser Kategorie stiegen die Zahlen zwischen den Jahren 2013 und 2018 um 27% an (Der Polizeipräsident in Berlin, 2014, 2019). Die Unfallstatistiken von 2018 zeigen auch, dass Radfahrende neben den Menschen, die zu Fuß auf den Straßen der Hauptstadt unterwegs sind, am gefährdetsten sind, schwer im Straßenverkehr zu verunglücken. Aus der Gruppe der nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden kommt so über die Hälfte der Verkehrsoffer mit schweren Personenschäden. Die häufigsten Unfallursachen gegenüber Radfahrenden sind dabei die Ein- und Abbiegevorgänge motorisierter Verkehrsteilnehmenden an Knotenpunkten (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019). Um innerhalb der Bevölkerung die Akzeptanz für die Fortbewegung mit dem Fahrrad als Alternative zum motorisierten Individualverkehr zu erreichen, ist es deshalb entscheidend, die Verkehrssicherheit für Radfahrende zu erhöhen.

Ein Großteil der Unfälle kommt dort zustande, wo sich die Wege der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden kreuzen (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019). Dies geschieht besonders gehäuft an Knotenpunkten, da diese als Verbindung verschiedener Verkehrsströme dienen. Aus diesem Grund ist genau an diesen Stellen auf die Sicherheit zu achten.

Der § 1 Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) ist die Grundlage für eine sichere Verkehrsteilnahme aller Verkehrsarten. Er sagt aus, dass sich jeder Verkehrsteilnehmende vorsichtig und rücksichtsvoll im Verkehr bewegen muss (vgl. §1 StVO). Da es aber selten durch die rücksichtslose Fahrweise, sondern eher durch mangelnde Wahrnehmung der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden zu Unfällen kommt, (Kolrep-Rometsch u. a.,

2013) müssen konzeptionelle Maßnahmen in Betracht gezogen werden, um die Sicherheit zu erhöhen.

Es stellt sich so die Frage: Welche Konzepte können die Sicherheit des Radverkehrs an Knotenpunkten erhöhen? Diese Arbeit soll klären, wie sicher die deutschen Knotenpunkt-konzepte im internationalen Vergleich für den Radverkehr sind und ob das sicherste Knotenpunkt-konzept als Standardlösung in deutschen Städten angewandt werden kann.

2. Verkehrsverhalten

Die Analyse des Verhaltens der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden ist die Grundlage, um zu klären, in welcher Form die entsprechenden Verkehrswege und damit auch die Knotenpunkte gestaltet werden müssen. Dafür müssen verschiedene Parameter beachtet werden. So ist es wichtig, zu klären, für wen die Wege errichtet werden und was die Unfallursachen sind, um geeignete Maßnahmen einzuleiten.

2.1 Nutzergruppen

Die Betrachtung der Ansprüche der Radfahrenden soll helfen, die Radverkehrsanlagen ihren Bedürfnissen anzupassen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Radfahrenden die Anlage auch nutzen. Der ehemalige Radverkehrskordinator der Stadt Portland (USA), Roger Geller, entwickelte hierfür im Jahr 2005 vier verschiedene Nutzergruppen, die auf urbane Ballungszentren übertragen werden können (ADFC, 2018). In der folgenden Tabelle werden diese Nutzergruppen einer Stadt mit ihrem Anteil in der Bevölkerung aufgeführt.

Tabelle 1: Nutzergruppen (eigene Darstellung nach ADFC, 2018)

Nutzergruppen	Beschreibung	Anteil in der Bevölkerung
Stark und furchtlos	Sie fahren selbstbewusst Fahrrad, benötigen keine separierte Fahrradinfrastruktur und lehnen diese teilweise ab.	0,5%
Begeistert und überzeugt	Sie fahren gern Fahrrad, haben keine Angst und nutzen gern Radverkehrsanlagen.	6,5%
Auf keinen Fall	Sie fahren nicht mit dem Fahrrad, da sie das Fahrrad ablehnen, gesundheitlich nicht in der Lage sind oder zu weite Strecken fahren müssen.	33%
Interessiert, aber besorgt	Sie fahren selten Fahrrad, da es ihnen an einer separaten Radinfrastruktur fehlt. Sie fahren nur auf stressarmen und besonders sicheren Radwegen.	60%

Durch den Anteil von 60% der interessierten aber besorgten Personen ist zu erkennen, dass für den Großteil der Bevölkerung die Sicherheit von Bedeutung ist. Genauso darf der Faktor Stress nicht unterschätzt werden. Daraus resultiert, dass es wichtig ist, eine für Radfahrende sichere und angenehm zu befahrende Radverkehrsanlage zu errichten.

2.2 Unfallursachen

Für die sichere Gestaltung des Verkehrsraums ist es notwendig, Kenntnis über die am häufigsten vorkommenden Unfälle zwischen den verschiedenen Verkehrsarten zu erhalten. So können potenzielle Konflikte durch die Planung entschärft oder ganz vermieden werden.

Bei der Betrachtung der Unfälle der Radfahrenden wird deutlich, dass sie rund die Hälfte aller Unfälle verursachen. Es zeigt sich auch, dass der Kraftfahrverkehr, der häufigste Unfallgegner des Radverkehrs ist (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019). Um die genaue Problematik der Unfälle besser verstehen zu können, müssen die Unfälle nach Verursachenden getrennt betrachtet werden.

2.2.1 Durch Radfahrende verursachte Unfälle

Die Gründe für die im Jahr 2018 am häufigsten durch Radfahrende verursachten Unfälle sind das Nichteinhalten der Sicherheitsabstände, dicht gefolgt vom falschen Benutzen der Fahrbahn und dem fehlerhaften Einfahren in den Verkehr. Fehlverhalten gegenüber dem Fußverkehr, nicht angepasste Geschwindigkeiten, falsches Abbiegen, das Nichtgewähren der Vorfahrt oder das Missachten des Rotlichts kommen ähnlich häufig vor (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019). In der folgenden Abbildung 1 wird die Verteilung deutlich.

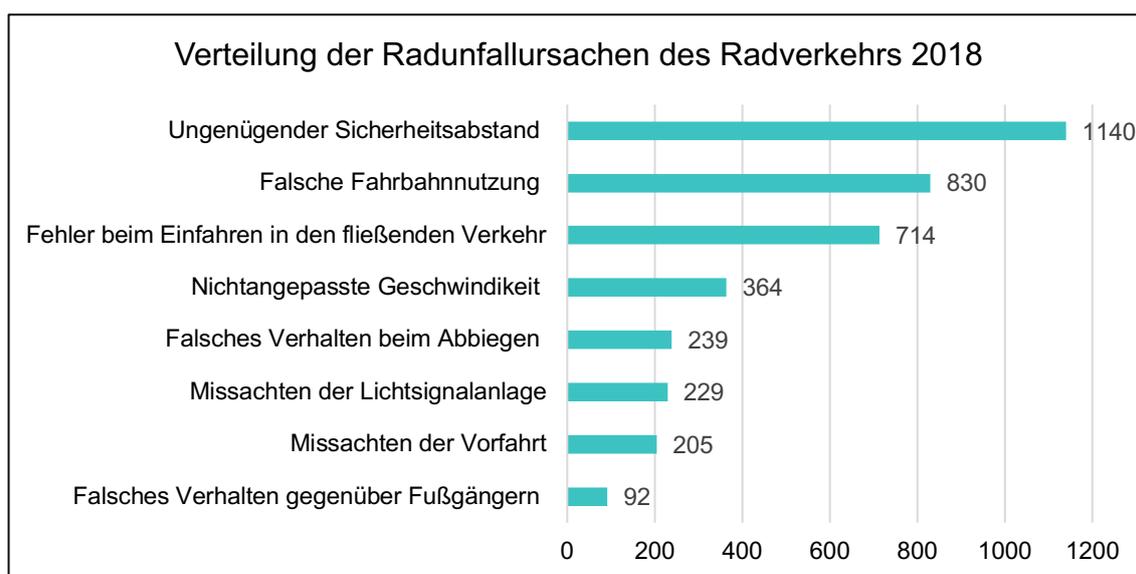


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Radunfallursachen von Radfahrenden aus dem Jahr 2018 (eigene Darstellung nach Der Polizeipräsident in Berlin, 2019)

Die Unfälle mit ungenügendem Sicherheitsabstand entstehen beispielsweise beim Vorbeiwinden am langsam fahrenden oder stehenden Verkehr. Diese Situation kann dann entstehen, wenn der Radverkehr zusammen mit dem Kraftverkehr geführt wird und nicht genügend Platz im Seitenraum für den Radverkehr zur Verfügung steht. Kommt es zum falschen Befahren der Fahrbahn, ist besonders die Benutzung der Radwege in die falsche Richtung sowie das Befahren des Gehwegs auffällig. Durch den falschfahrenden Radverkehr können Kraftfahrzeugführende überrascht werden, da diese die Fahrräder auf deren Fahrwegen erwarten. Kommt der Radverkehr mit dem Fußverkehr in Kontakt, werden durch ein Fehlverhalten des Radverkehrs Unfälle mit dem Fußverkehr ausgelöst.

Beim Einfahren in den fließenden Verkehr kommt es zu Unfällen durch das nicht Gewähren der Vorfahrt und das Überschätzen der eigenen Fähigkeiten. Dies führt auch in Kombination mit leichtgängigen Fahrrädern wie Rennrädern zu Unfällen durch nicht angepasste Geschwindigkeiten. Missachten Radfahrende das Rotlicht oder die Vorfahrt, kann dies genauso wie das falsche Verhalten beim Abbiegen zu Unfällen führen (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019). Der Polizeibericht gibt hier keine weiteren Angaben zu den Ursachen für die verkehrswidrigen Verhaltensweisen an. Aus diesem Grund müssen hier Annahmen getroffen werden. Die Ursachen für dieses Verhalten könnten daher der Drang der Radfahrenden nach einem flüssigen, barrierefreien und schnellen Vorankommen sein.

2.2.2 Durch andere Verkehrsteilnehmende verursachte Unfälle

Da bei Radverkehrsunfällen Radfahrende nicht die einzigen sind, die Unfälle auslösen, müssen die Unfallursachen der anderen Verkehrsteilnehmenden auch betrachtet werden. Aus diesem Grund werden hier die Unfälle betrachtet, an denen der Radverkehr beteiligt war, diesen aber nicht ausgelöst hat. Die Verteilung der Unfallursachen von anderen Verkehrsarten aus dem Jahr 2018 zeigt die nachfolgende Abbildung 2.

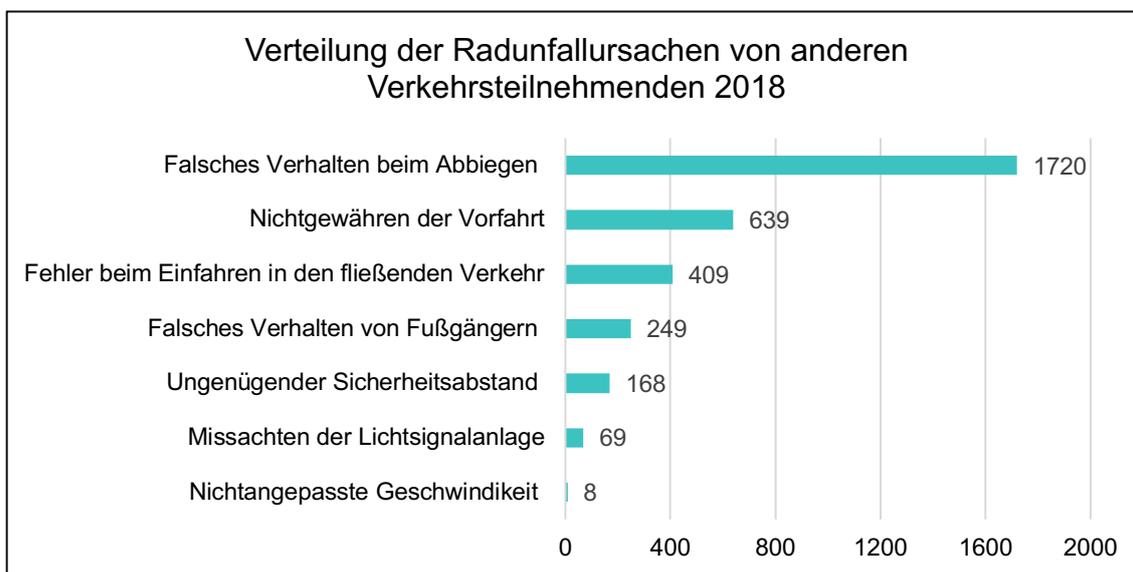


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Radunfallursachen von anderen Verkehrsteilnehmenden aus dem Jahr 2018 (eigene Darstellung nach Der Polizeipräsident in Berlin, 2019)

Innerhalb der Stadt Berlin sind abbiegende Kraftfahrzeuge die häufigsten Unfallgegner des Radverkehrs. Diese Unfälle lassen sich auf Fehler beim Abbiegen zurückführen. Hier zeigt sich die Problematik des toten Winkels. Unfälle, die durch das Übersehen des Radverkehrs verursacht werden, haben meist schwere Unfallfolgen. Unfälle, die durch das Missachten der Vorfahrt des Radverkehrs entstehen, können auch auf das Übersehen, insbesondere durch die schmale Silhouette der Radfahrenden, zurückgeführt

werden (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019). Aber auch die Fokussierung auf den vorausfahrenden Verkehr, beispielsweise bei Abbiegekolonnen, führt hier zu Unfällen (Kolrep-Rometsch u. a., 2013). Die Fokussierung auf den Kraftverkehr und das Übersehen des Radverkehrs sind ebenfalls Fehler, die bei Unfällen durch das Einfahren in den fließenden Verkehr entstehen. Das Missachten der Sicherheitsabstände, der Lichtsignalanlage und der Geschwindigkeitsbegrenzungen führen ebenfalls zu Unfällen mit dem Radverkehr. Unfälle, die vom Fußverkehr ausgehen, können auf die Unachtsamkeit beim Überschreiten der Radverkehrsanlage zurückgeführt werden (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019).

Dadurch wird deutlich, dass die Mehrzahl der Unfälle, die durch andere Verkehrsteilnehmende verursacht werden, durch das Kreuzen der Fahrtrichtungen des Radverkehrs entstehen. Dies kommt an Knotenpunkten gehäuft vor. Hier führen besonders die Problematik des toten Winkels sowie das Achten auf den vorausfahrenden Verkehr bei Abbiegekolonnen immer wieder zu Unfällen mit dem Radverkehr. Zusätzlich sind Sichthindernisse, eine unklare Gestaltung der Streckenführung und die schmale Erscheinung der Radfahrenden Unfallrisiken (Kolrep-Rometsch u. a., 2013).

2.2.2.1 Toter Winkel

Der tote Winkel ist der Bereich außerhalb eines Fahrzeugs, der trotz Spiegel nicht eingesehen werden kann. Normalerweise besitzt jedes Fahrzeug vier dieser Bereiche. Einen vor und einen hinter dem Fahrzeug sowie auf der rechten und linken Seite. Die Größe dieser Bereiche ist dabei abhängig von der Anzahl der Fenster und Spiegel sowie der Fahrzeuggröße. Aus diesem Grund sind die toten Winkel bei Lastkraftwagen und Busse besonders große. Kraftfahrzeuge können durch das Seitenfenster nur den Bereich neben sich und durch die Außenspiegel nur den Bereich nach hinten direkt neben dem Fahrzeug einsehen. Bei Personenkraftfahrzeugen kann der Sichtbereich durch den Schulterblick vergrößert werden. Alles was sich außerhalb dieser Sichtbereiche befindet, ist der tote Winkel und kann von den Fahrzeugführenden nicht oder nur bedingt eingesehen werden (ADAC, 2015).

Befinden sich die Radfahrenden während der Annäherung an den Knotenpunkt im direkten Sichtfeld des Kraftfahrzeuges, ergeben sich selten Konflikte (Kolrep-Rometsch u. a., 2013). Fahren aber Fahrräder im Bereich hinter oder neben dem Kraftfahrzeug, kann es dazu kommen, dass zwar die Radverkehrsanlage eingesehen werden kann, die Radfahrenden aber im toten Winkel mitfahren. So können die Radfahrenden meist nur noch über den Schulterblick der Kraftfahrzeugführenden wahrgenommen werden. Schlägt das Fahrzeug zum Ändern der Fahrtrichtung ein, hat die Person, die das

Kraftfahrzeug führt, selten die Möglichkeit, ohne Schulterblick die Radverkehrsanlage neben sich zu sehen. In diesen Situationen erhöht sich die Gefahr eines Unfalls (Kolrep-Rometsch u. a., 2013).

2.2.2.2 Fokussierung auf den vorausfahrenden Verkehr

Die Unfallwahrscheinlichkeit erhöht sich zusätzlich zu der Gefahr des toten Winkels bei Kraftfahrzeugen, die sich in einer Abbiegekolonne befinden. Als Gründe dafür wird die Fokussierung auf den vorausfahrenden Verkehr und das Übersehen der sich nähernden Radfahrenden genannt (Kolrep-Rometsch u. a., 2013). Abbiegeunfälle können so auf das mangelnde Bewusstsein des Kreuzens der Radverkehrsanlage zurückgeführt werden. Kommt ein Sichthindernis hinzu, wie zum Beispiel beim Linksabbiegen ein durchfahrendes Kraftfahrzeug, steigert dies das Unfallrisiko. Ebenfalls kann durch die schmale Kontur der Fahrräder deren Geschwindigkeit falsch eingeschätzt werden, wodurch der Abbiegevorgang zu spät abgebrochen wird (Kolrep-Rometsch u. a., 2013). Wird beim Linksabbiegen einer dieser Fehler bemerkt, haben die Kraftfahrzeugführenden nur noch zwei Möglichkeiten: Sie können entweder beschleunigen und eventuell den Radverkehr schneiden oder sie bremsen ab und blockieren den Kraftverkehr. Inwiefern diese Situation zu einer Häufung von Unfällen führt, ist nicht beschrieben.

3. Rechtliche Grundlagen

Basis der Planung von Radverkehrsanlagen in Deutschland sind Gesetze und Richtlinien. Die Gesetze bilden die Grundlage für die Richtlinien und geben die Verhaltensweisen vor. In den Richtlinien sind Handlungsanweisungen formuliert. Zusätzlich gibt es Empfehlungen, die die Richtlinien ergänzen. So werden dort beispielsweise der Ausbau und die Gestaltung von Radverkehrsanlagen beschrieben.

3.1 Gesetze

In Deutschland existieren mehrere Gesetze, die sich mit dem Verkehr beschäftigen. Darunter fallen Gesetze, die das Verhalten auf den Straßen regeln. Ebenfalls definieren diese Gesetze die Anforderungen der Verkehrsmittel an die Gestaltung der Verkehrsräume.

3.1.1 Grundlagen der Regelungen im Straßenverkehr

Die gesetzliche Grundlage zur Regelung des Straßenverkehrs in Deutschland ist in der StVO verankert. Dieses Gesetz gibt vor, wie sich die Verkehrsteilnehmenden zu verhalten haben. Genauso beinhaltet es die Vorschriften für die Verkehrsführung. Ergänzt wird die StVO durch die allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO). Diese gibt genauere Anweisungen zum Errichten von Verkehrsanlagen vor.

3.1.1.1 Vorfahrt und Lichtzeichen

An Knotenpunkten treffen die verschiedenen Verkehrsteilnehmenden aufeinander. Aus diesem Grund muss geregelt werden, wie sich der kreuzende Verkehr zu verhalten hat. So ist gesetzlich festgehalten, dass an Kreuzungen und Einmündungen dem von rechts kommenden Verkehr Vorfahrt zu gewähren ist. Außerdem müssen Fahrzeuge, die über den Gehweg in den fließenden Verkehr einfahren, diesem Vorfahrt gewähren. Ausgenommen von diesen Regelungen sind Knotenpunkte, an denen anderweitig die Vorfahrt geregelt wird, beispielsweise durch Verkehrszeichen oder Lichtsignalanlagen (vgl. § 8, Abs. 1 StVO).

Wird die Vorfahrt an einem Knotenpunkt durch eine Lichtsignalanlage geregelt, gehen die Lichtzeichen den gerade erklärten Vorfahrtsregeln und den vorfahrtregelnden Verkehrszeichen vor. Verkehrs- oder Lichtzeichen, die nur für den Radverkehr gültig sind, werden durch ein Fahrradsymbol gekennzeichnet (vgl. § 37, Abs. 1-2 StVO).

Für das Einrichten einer Lichtsignalanlage existieren verschiedene Gründe. Treten an einem Knotenpunkt durch die fehlende Übersicht verstärkt Unfälle auf und sind andere Sicherungsmaßnahmen nicht möglich, muss eine Lichtsignalanlage installiert werden. Die Installation ist auch an Knotenpunkten notwendig, an denen wiederkehrend die Vorfahrt verletzt wird und dies nicht auf mangelnde Verständlichkeit des Knotenpunkts zurückzuführen ist. Genauso ist das Einrichten einer Lichtsignalanlage dann erforderlich, wenn es in der wartepflichtigen Knotenpunktzufahrt zu einem Rückstau oder einer unzumutbar langen Wartezeit kommt. Wird eine Lichtsignalanlage eingerichtet, muss vor ihr eine Haltelinie markiert werden. Der Abstand soll so gewählt werden, dass die Lichtsignalanlage aus einem Kraftfahrzeug, das an der Haltelinie wartet, ohne Problem eingesehen werden kann. Dabei darf der Abstand von 2,5 Meter nicht unterschritten werden (vgl. zu § 37, Abs. 1 VwV-StVO).

3.1.1.2 Benutzungspflicht

Grundsätzlich gilt, dass alle Fahrzeuge die Fahrbahn benutzen müssen. Dabei müssen die Fahrzeuge möglichst weit rechts fahren, ohne den Seitenstreifen mitzuverwenden. Ausgenommen davon ist der Radverkehr. Existiert keine Radverkehrsanlage, kann der Seitenstreifen durch Radfahrende benutzt werden. Dabei darf der Fußverkehr nicht behindert werden (vgl. § 2 Abs.1, 2, 4 StVO).

Existiert eine Radverkehrsanlage, kann dafür für den Radverkehr eine Benutzungspflicht angeordnet werden. Dies darf nur dort geschehen, wo genügend Fläche für den Fußverkehr vorhanden ist und die Verkehrssicherheit oder der Verkehrsablauf es erfordern. (vgl. zu § 2, Abs. 4, S. 2 VwV-StVO) Eine Benutzungspflicht der Radverkehrsanlage gilt dann, wenn dies durch die in Abbildung 3 dargestellten Ge- und Verbotsschilder 237 (Radweg), 240 und 241 (Gemeinsamer Geh- und Radweg) angeordnet ist (vgl. § 2 Abs.1, 2, 4 StVO).



Abbildung 3: Radverkehrszeichen (Anlage 2 der StVO)

Ist die Benutzungspflicht angeordnet, muss die Radverkehrsanlage so gebaut und instandgehalten werden, dass sie den Anforderungen des Radverkehrs entspricht. Die Linienführung der Radverkehrsanlagen muss im Streckenverlauf kontinuierlich und insbesondere an Kreuzungen, Einmündungen und verkehrsreichen Grundstückszufahrten eindeutig und sicher gestaltet werden. Zusätzlich müssen die Anlagen ausreichend breit, befestigt und frei von Hindernissen sein (vgl. zu § 2, Abs. 4, S. 2 VwV-StVO).

Ist dies nicht der Fall, darf die Benutzungspflicht nicht durch die Verkehrszeichen angeordnet werden. Damit ist die Benutzung der Radverkehrsanlage nicht verpflichtend. So dürfen Radfahrende bei einer existierenden Radverkehrsanlage auch auf der Fahrbahn des Kraftverkehrs fahren (vgl. § 2 Abs. 1, 2, 4 StVO).

3.1.1.3 Einrichten von Radverkehrsanlagen

Allgemein kann der Radverkehr auf der Fahrbahn des Kraftverkehrs, auf dem Gehweg wie auch eigenständig geführt werden. Bei der Führung auf der Fahrbahn kann der Radverkehr gemeinsam mit dem Kraftverkehr fahren. Zusätzlich kann für den Radverkehr ein Schutzstreifen markiert werden. Dieser markierte Raum ist Teil der Fahrbahn des Kraftverkehrs. Eine andere Führungsvariante, auf dem Niveau der Fahrbahn des Kraftverkehrs, ist der Radfahrstreifen. Hier wird für den Radverkehr ein eigener Verkehrsraum eingerichtet. Wird der Radverkehr auf dem Gehweg geführt, geschieht dies gemeinsam mit dem Fußverkehr. Um die beiden Verkehrsarten zu trennen, kann ein getrennter Fuß- und Radweg eingerichtet werden. Um den Radverkehr vom Fuß- und Kraftverkehr räumlich zu separieren, können Radwege auch eigenständig geführt werden (vgl. zu § 2, Abs. 4, S. 2 VwV-StVO).

Das Einrichten einer Radverkehrsanlage ist abhängig vom Kraftverkehrsaufkommen. Auf Straßen mit hohem Kraftverkehrsaufkommen ist das Errichten einer Radverkehrsanlage erforderlich. So muss eine breite oder mit einem Sicherheitsabstand zum Kraftverkehr versehene Radverkehrsanlage eingerichtet werden. Eine ausreichende Breite für Radverkehrsanlagen ist in der VwV-StVO mit möglichst zwei Metern und mindestens 1,5 Metern angegeben. Von den vorgegebenen Maßen darf nur nach sorgfältiger Prüfung der örtlichen oder verkehrlichen Verhältnisse in kurzen Abschnitten abgewichen werden. Die vorgegebenen Maße beziehen sich auf einspurige Fahrräder. Nicht erfasst sind dabei mehrspurige Fahrräder, zum Beispiel dreirädrige Lastenräder (vgl. zu § 2, Abs. 4, S. 2 der VwV-StVO).

Ist die Einrichtung eines eigenen Verkehrsraums für den Radverkehr nicht möglich, kann innerhalb geschlossener Ortschaften und auf Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h ein Schutzstreifen markiert werden. Ist auch dies nicht

möglich, kann der Gehweg zur Mitbenutzung durch den Radverkehr freigegeben werden (vgl. zu § 2, Abs. 4, S. 2 VwV-StVO).

Um an Knotenpunkten das sichere Überqueren von Radfahrenden zu gewährleisten, sollen Markierungen angebracht werden. Diese Markierungen müssen dabei so gestaltet werden, dass die Führung auch für ortsfremde Personen klar erkennbar ist (vgl. zu § 2, Abs. 4, S. 3, 4 VwV-StVO). Radwege, die in Verbindung mit einer Vorfahrtsstraße einen Knotenpunkt überqueren, sind dabei immer zu markieren. Markierungen in Form von Radfahrstreifen auf der Fahrbahn eines Kreisverkehrs sind dagegen nicht zulässig. Die Markierungen von Radverkehrsanlagen an Knotenpunkten sind ebenfalls unzulässig, wenn dieser unter die Regelung „Rechts vor Links“ fällt, die Radverkehrsanlage mehr als fünf Meter von Vorfahrtsstraßen abgesetzt ist oder der Radverkehr durch Verkehrszeichen wartepflichtig ist (vgl. zu § 9, Abs. 2 VwV-StVO).

3.1.1.4 Abbiegen

Alle Fahrzeuge, die abbiegen wollen, müssen sich rechtzeitig und entsprechend weit in die Richtung einordnen, zu der abgelenkt werden soll. Sie müssen den entgegenkommenden Verkehrsteilnehmenden die Vorfahrt gewähren, bevor diese den Abbiegevorgang einleiten dürfen. Dabei spielt es keine Rolle, ob sich der entgegenkommende Verkehr auf oder neben der Fahrbahn befindet. Für Fahrzeuge mit zulässiger Gesamtmasse über 3,5 Tonnen gilt beim Abbiegen nach rechts, dass sie mit Schrittgeschwindigkeit fahren müssen, wenn mit Fuß- oder Radverkehr zu rechnen ist (vgl. § 9, Abs. 2-4,6 StVO).

Wollen Radfahrende links abbiegen, müssen sie die am Knotenpunkt geltenden Regelungen beachten. In Deutschland haben sie dabei zwei Möglichkeiten dies zu vollziehen. Die erste Variante ist das direkte Abbiegen, das in Abbildung 4 dargestellt ist. Hierbei ordnet sich der Radverkehr in den Kraftverkehr ein und biegt mit ihm nach links ab. Bei der zweiten Möglichkeit kann der Radverkehr links abbiegen, ohne sich in den Kraftverkehr einzuordnen. Bei dieser indirekten Variante fährt der Radverkehr erst auf die andere Straßenseite. Dort ordnet er sich in den Verkehrsstrom ein, um von dieser Position aus nach links weiterzufahren. Dabei müssen die geltenden Regelungen und Verkehrszeichen des anderen Verkehrsstroms beachtet werden (vgl. § 9, Abs. 2-4,6 StVO). Diese Variante zeigt die Abbildung 5, dabei stellt der graue Pfeil die Bewegung nach dem Einordnen in den anderen Verkehrsstrom dar.

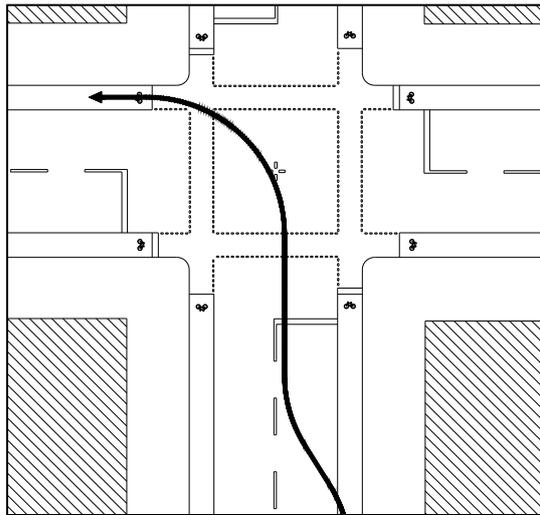


Abbildung 4: Direktes Linksabbiegen beim Radverkehr

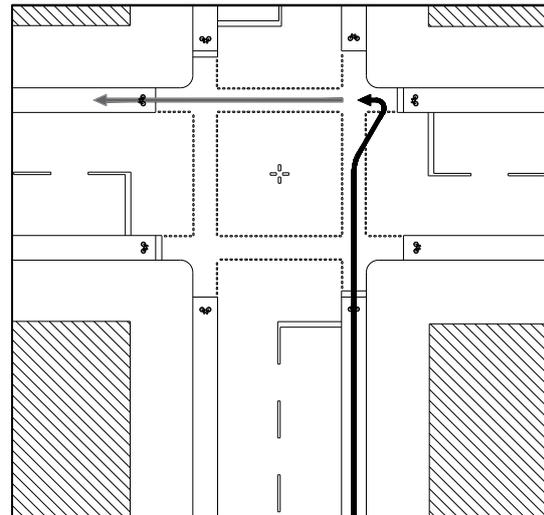


Abbildung 5: Indirektes Linksabbiegen beim Radverkehr

Soll nach rechts abgebogen werden, muss sich der Radverkehr normalerweise nicht in den Kraftverkehr einordnen, da dieser in der Regel am rechten Fahrbahnrand geführt wird. Für das freie Rechtsabbiegen an einem roten Lichtzeichen kann für die Verkehrsteilnehmenden ein Verkehrszeichen mit einem grünen Pfeil auf schwarzem Hintergrund angebracht werden. Hierbei muss möglichst weit rechts von der Fahrbahn abgebogen werden. Zuvor müssen die Verkehrsteilnehmenden am roten Lichtzeichen stoppen. Gefahren werden darf erst dann, wenn eine Behinderung oder Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmenden ausgeschlossen ist. Dieses Verkehrszeichen kann, seit April 2020 durch die Änderung der StVO, auch nur für den Radverkehr eingesetzt werden. Ist dies der Fall muss, das Schild mit einem Fahrradsymbol gekennzeichnet sein (vgl. § 37, Abs. 1, 2 StVO).

3.1.2 Berliner Mobilitätsgesetz

Das Berliner Mobilitätsgesetz soll dafür sorgen, dass alle Menschen in Berlin auf eine umwelt- und städteverträgliche Art am Verkehr teilnehmen können. Um dieses Ziel zu erreichen, soll die Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden erhöht und Barrieren abgebaut werden. Fokussiert wird dabei der Fuß- und Radverkehr sowie der öffentlichen Personennahverkehr (vgl. § 1, Abs. 1, 2 MobG BE).

3.1.2.1 Vision Zero

Damit alle Personen unabhängig ihrer Verkehrsmittelwahl sicher am Verkehr teilnehmen können, soll das Ziel „Vision Zero“ verfolgt werden (vgl. § 10, Abs. 1 MobG BE). Dieses Ziel sagt aus, dass keine schweren Personenschäden durch Verkehrsunfälle in Berlin entstehen sollen. So soll jede Planung und Maßnahme, die den Verkehr beeinflusst, diesem Ziel untergeordnet werden (vgl. § 10, Abs. 3 MobG BE). Bei diesen

Ausgestaltungen gibt das Gesetz vor, dass das Sicherheitsgefühl der Menschen zu beachten sei. Dieses soll in der Planung durch die Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten positiv beeinflusst werden (vgl. § 11 MobG BE).

3.1.2.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

Das Berliner Mobilitätsgesetz sieht vor, dass sichere Verkehrsinfrastruktur selbsterklärend sein soll, um das regelkonforme Verhalten zu fördern (vgl. § 21, Abs.1 MobG BE). Jährlich sollen die gefährlichsten Knotenpunkte, die von der Unfallkommission ermittelt werden, so verändert werden, dass die Verkehrssicherheit für alle Verkehrsarten gewährleistet ist. Die Verkehrsunfallstatistik sowie objektive Erkenntnisquellen entscheiden über die Auswahl der Knotenpunkte (vgl. § 21, Abs. 3 MobG BE). Werden Knotenpunkte umgestaltet, sollen Radverkehrsanlagen nach Stand der Technik errichtet werden. Dabei soll besonders auf optimale Sichtbeziehungen geachtet werden (§ 38, Abs. 2 MobG BE).

3.1.2.3 Einrichten von Radverkehrsanlagen

Wichtige Verbindungen im Berliner Radwegenetz gehören zum Vorrangnetz. Auf Straßen dieses Netzes soll der motorisierte Individualverkehr dem Radverkehr Vorrang einräumen (vgl. § 42, Abs. 1 MobG BE). Um den Radverkehr innerhalb des Netzes flüssig zu halten, sollen die Lichtsignalanlagen koordiniert werden (vgl. §42, Abs. 2 MobG BE). An Hauptverkehrsstraßen soll der Fahrweg des Radverkehrs angemessen breit und mit einem gutbefahrbaren Belag ausgestattet sein. Zudem sollen die Radverkehrsanlagen im sicheren Abstand zum parkenden Kraftverkehr eingerichtet werden (vgl. § 42, Abs. 1 MobG BE). Es soll auch darauf geachtet werden, dass unzulässiges Befahren oder Halten auf der Radverkehrsanlage durch den Kraftverkehr nicht möglich ist (vgl. § 42, Abs. 2 MobG BE). An Knotenpunkten in Nebenstraßen soll auf eine gute Sichtbeziehung zwischen allen Verkehrsteilnehmenden geachtet werden (vgl. § 44, Abs. 3 MobG BE).

3.2 Richtlinien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Die technischen Regelwerke, die für die Straßen- und Verkehrsinfrastruktur wichtig sind, werden in Deutschland von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) erstellt (FGSV, 2020). Diese Regelwerke ergänzen die Anweisungen aus den Gesetzen und sind damit von planerischer Relevanz.

3.2.1 Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen

Die Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen von 2006 (RASt 06) wird als Bemessungsgrundlage für Verkehrsanlagen in Siedlungen herangezogen. Ihr gegenüber steht die Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL), die im nicht urbanen Raum anzuwenden ist (FGSV, 2012). Da sich diese Arbeit mit Knotenpunktkonzepten innerhalb von Städten beschäftigt, finden die RAL hier keine Anwendung.

3.2.1.1 Raumbedarf der Verkehrsteilnehmenden

Die Abmessungen der Verkehrsräume setzen sich aus der Breite des Verkehrsteilnehmenden und dessen Bewegungsspielräume zusammen. Zum Verkehrsraum kommen Sicherheitsabstände hinzu. Alles zusammen wird als lichter Raum bezeichnet und gibt den Platzbedarf an (FGSV, 2012). Für Fahrzeuge, die geradeaus fahren, werden in der RAST 06 die Verkehrsräume mit folgenden Maßen angegeben:

Tabelle 2: Verkehrsräume der Verkehrsarten (eigene Darstellung nach FGSV, 2012)

Verkehrsmittel	Breite des Verkehrsraums
Lastkraftwagen	3,05 m
Personenkraftwagen	2,25 m
Zweirädriges Fahrrad	1,00 m
Dreirädriges Fahrrad	1,30 m
Zu Fuß Gehende	1,80 m

Um den genauen Platzbedarf zu berechnen, müssen zur Breite des Verkehrsraums die Sicherheitsabstände hinzuaddiert werden. Diese sind ebenfalls in der RAST 06 aufgelistet. Für die einzelnen Verkehrsarten gelten folgende Sicherheitsabstände:

Tabelle 3: Sicherheitsabstände zwischen den Verkehrsmitteln (eigene Darstellung nach FGSV, 2012)

Verkehrsart	Abstand
Zwischen Kraftfahrzeugen	0,25 m
Zwischen Linienbussen	0,40 m
Zwischen Kraftfahrzeugen und dem Fahrbahnrand	0,75 m
Zwischen Fahrrädern und Einbauten	0,25 m
Zwischen Fahrrädern und zu Fuß Gehenden	0,25 m

Beim Einplanen des Sicherheitsraums für den Fußverkehr werden dieselben Abstände angewendet, die auch für den Radverkehr gelten (FGSV, 2012).

Um sicherzustellen, dass für die Fahrzeuge auch ausreichend Platz beim Abbiegen vorhanden ist, müssen für die Kurvenfahrt die Wenderadien von Fahrzeugen beachtet werden. Diese sind bei jedem Kraftfahrzeug unterschiedlich und können beispielsweise in Computerprogrammen simuliert werden (Dip.-Ing. (FH) Winter, o. J.). Die folgende Tabelle stellt standardisierte Werte dar, die in Abhängigkeit der Länge für die Wenderadien der Fahrzeuge zur Orientierung angenommen werden können (FGSV, 2012).

Tabelle 4: Wenderadius von Kraftfahrzeugen (eigene Darstellung nach FGSV, 2012)

Bemessungsfahrzeug	Länge	Äußerer Wenderadius
Personenkraftwagen	4,74 m	5,85 m
Lieferwagen	6,89 m	7,35 m
Großer Lkw (3-achsig)	10,10 m	10,05 m
Lastzug	18,71 m	10,30 m
Reise-, Linienbus	12,00 m	10,50 m
Müllfahrzeug	9,90 m	10,25 m

Auch Fahrräder benötigen Raum für Kurvenfahrten. So werden in der folgenden Tabelle deren Wenderadien dargestellt. Diese Werte stammen aus Cycle infrastructure design.

Tabelle 5: Wenderadius von Fahrrädern (eigene Darstellung nach Cycle infrastructure design)

Bemessungsfahrzeug	Länge	Äußerer Wenderadius
Fahrrad	1,8 m	1,65 m
Fahrrad mit einem Anhänger	2,7 m	2,65 m
Tandem	2,4 m	3,15 m

3.2.1.2 Knotenpunktarten

Straßen können sich auf verschiedene Arten kreuzen. Deshalb gibt es planfreie und plangleiche Knotenpunkte. Bei planfreien Knotenpunkten begegnen sich die Verkehrsströme auf unterschiedlichem Niveau. Hier verbinden Rampen die unterschiedlichen Verkehrswege. Auf plangleichen Knotenpunkten begegnen sich die Verkehrsströme auf demselben Niveau. Dafür werden Kreuzungen und Kreisverkehre eingesetzt. Zur Bestimmung der Art des Knotenpunkts werden verschiedene Parameter der verbindenden Straße benötigt. Hierzu zählen die Nutzungsart der Straße, die Verkehrsstärke, die Unfallstatistiken und der vorhandene Platz. Es muss unterschieden werden, ob es sich um eine Erschließungsstraße oder Hauptverkehrsstraßen handelt und ob sich Straßen mit gleichem oder unterschiedlichem Rang kreuzen. Die verschiedenen Vorfahrtsregeln an Knotenpunkten, Rechts-vor-Links, vorfahrtregelnde Verkehrszeichen, Lichtsignalanlage, haben verschiedene Vorgaben, die bei der Anwendung berücksichtigt werden müssen.

Kreuzung

Kreuzungen sind die in Deutschland am häufigsten vorkommende Knotenpunktart. Besonders im urbanen Raum ist dies die bevorzugte Art, Straßen zu verbinden. Dabei können Straßen mit gleichem und unterschiedlichem Rang verbunden werden.

Bei der Rechts-vor-Links-Regelung müssen die zu kreuzenden Straßen den gleichen Rang haben und für niedrige Geschwindigkeiten freigegeben sein. Zudem darf das Verkehrsaufkommen aller Zufahrten nicht mehr als 800 Kraftfahrzeuge pro Stunde betragen. Der Vorteil dieser Regelung besteht darin, dass durch die unklaren Vorfahrtverhältnisse eine Reduzierung der Geschwindigkeiten durch die Kraftfahrzeuge erforderlich ist (FGSV, 2012).

Bei Knotenpunkten, die durch Verkehrszeichen geregelt werden, können sich Straßen mit unterschiedlichem Rang kreuzen, auf denen ein deutlicher Unterschied in der Verkehrsstärke herrscht. Diese Regelung sollte bei Knotenpunkten Anwendung finden, auf denen der öffentliche Personennahverkehr fährt oder Fahrradstraßen mit Vorrang behandelt werden sollen. Verhindert ein hohes Verkehrsaufkommen auf der übergeordneten Straße das Abfließen des Verkehrs auf der untergeordneten Straße oder kommt es auf ihr selbst zu einem hohen Verkehrsaufkommen, ist diese Form nicht mehr geeignet. Ebenfalls nicht geeignet ist diese Vorfahrtsregelung an Knotenpunkten, an denen die übergeordneten Straßen mit höheren Geschwindigkeiten befahren werden (FGSV, 2012).

Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage sollen dann eingerichtet werden, wenn bei anderen Regelungen der Vorfahrt Verkehrssicherheitsrisiken entstehen können. Dazu zählen auch Knotenpunkte als Unfallschwerpunkt, an denen andere Maßnahmen nicht gewirkt haben. Diese Regelung kann auch dann angewendet werden, wenn der Verkehrsfluss gefördert werden soll oder der öffentliche Personennahverkehr beim Überqueren oder Einbiegen in den Knotenpunkt behindert werden könnte. Ebenfalls können Lichtsignalanlagen eingesetzt werden, wenn die Querungsmöglichkeiten für den Rad- und Fußverkehr verbessert werden soll. Mit dieser Anlage können auch die Verkehrsteilnehmenden koordiniert sowie die Prioritätenreihenfolge der Verkehrsströme geregelt werden (FGSV, 2012).

Kreisverkehr

Der Kreisverkehr ist im Gegensatz zur Kreuzung im urbanen Raum seltener vertreten. Zudem wird von der RaSt 06 empfohlen, aus Sicherheitsgründen keine Radverkehrsanlagen auf der Kreisbahn anzulegen. So soll die Radverkehrsanlage vor dem Einmünden in den Kreisverkehr aufgelöst werden. Der Radverkehr soll sich dann in den Kraftverkehr auf der Fahrbahn eingliedern. Dies ist nicht zulässig, wenn zu erwarten ist, dass die

Verkehrsstärke innerhalb des Kreisverkehrs über 1500 Kraftfahrzeuge pro Stunde liegt oder wenn mehrere Fahrstreifen im Kreisverkehr vorhanden sind. Ist dies der Fall, muss geprüft werden, ob der Gehweg für den Radverkehr freigegeben werden kann. Bei ausreichendem Platz soll der Radverkehr abgesetzt von der Fahrbahn geführt werden (FGSV, 2012).

3.2.2 Empfehlungen für Radverkehrsanlagen

Die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) vertiefen und ergänzen die verschiedenen Richtlinien der FGSV, darunter auch die Richtlinien für die Anlagen von Stadtstraßen (RaSt 06), hinsichtlich der Nutzungsansprüche und der Führungsformen für den Radverkehr (FGSV, 2010). Die VwV-StVO verweist explizit für die Gestaltung der Radverkehrsanlagen auf die ERA (vgl. § 2, Abs. 4, S. 2 VwV-StVO).

Grundsätzlich gilt, dass die Radverkehrsanlagen an Knotenpunkten für die sich nähernden Verkehrsteilnehmenden rechtzeitig erkennbar, erfassbar und übersichtlich sowie gut und sicher zu durchqueren sein müssen. Deshalb ist für eine ausreichende Sichtbeziehung zwischen Radverkehr und den anderen Verkehrsteilnehmenden zu sorgen. Enge Radien, abrupte Verschwenkungen oder hohe Bordsteinkanten müssen vermieden werden, um den Radverkehr zügig und sicher über den Knotenpunkt zu führen. Die Führung des Radverkehrs sowie die Vorrangverhältnisse müssen klar erkennbar sein. Um den fließenden Verkehr nicht zu behindern, müssen ausreichend Aufstellflächen angelegt sein (FGSV, 2010).

3.2.2.1 Zusätzliche Sicherheitsabstände

Zusätzlich zu den Sicherheitsabständen, die in der RaSt 06 vermerkt sind, führt die ERA genauere Angaben zu den Sicherheitsabständen der verschiedenen Radverkehrsanlagen auf. Dabei werden nur die Sicherheitsabstände zu den Kraftfahrzeugen genauer definiert und in der folgenden Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Breitenmaße von Radverkehrsanlagen und Sicherheitsabstände (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

Anlagentyp	Breite der Radverkehrsanlage		Breite der Sicherheitsabstände		
	Regelmaß	Mindestmaß	Zur Fahrbahn	Zu Längsparkständen (2,00m)	Zu Schräg-/Senkrechtparkständen
Schutzstreifen	1,50 m	1,25 m	-	0,25 m - 0,50 m	0,75 m
Radfahrstreifen	1,85 m	1,85 m	-	0,25 m - 0,50 m	0,75 m
Einrichtungsradweg	2,00 m	1,60 m	0,50 m - 0,75 m	0,75 m	1,10 m
Einseitiger Zweirichtungsrادweg	2,50 m	2,00 m	0,50 m - 0,75 m	0,75 m	1,10 m

3.2.2.2 Radien und Haltewege

Die ERA definiert die üblichen Geschwindigkeiten von Radfahrenden zwischen 20 und 30 km/h. Eine Geschwindigkeit von 40 km/h oder mehr wird eher bei Bergabfahrten erreicht (FGSV, 2010). In Tabelle 7 stehen die Mindestkurvenradien und die Anhaltewege bei eigenständig geführten Radverkehrsanlagen in Beziehung zur Geschwindigkeit.

Tabelle 7: Kurvenradien und Anhaltewege von Fahrrädern (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

Geschwindigkeit [km/h]	Mindestkurvenradien [m]		Anhalteweg bei nasser Oberfläche [m]
	Asphalt/ Beton	Ungebundene Deckschicht	
20	10	15	15
30	20	35	25
40	30	70	40

Die Tabelle zeigt, dass Radverkehrsanlagen mit ungebundenen Oberflächen größere Kurvenradien benötigen. Dadurch ergibt sich an den Knotenpunkten ein hoher Platzbedarf. Asphaltierte oder betonierte Radverkehrsanlagen benötigen hingegen geringere Kurvenradien, wodurch dementsprechend weniger Platz benötigt wird. Ebenfalls ist in der Tabelle zu erkennen, dass bei hohen Geschwindigkeiten und nassen Fahrbahnen ein langer Anhalteweg zustande kommt.

3.2.2.3 Signalisierung

Bei der Signalisierung ist darauf zu achten, dass die Freigabezeiten für den Radverkehr nicht erheblich kürzer sind, als die des Kraftverkehrs, um die Wartezeit möglichst gering zu halten. Damit wird gewährleistet, dass eintreffende Radfahrende bei der nächsten Freigabezeit der Lichtsignalanlage abfließen können (FGSV, 2010).

Für die Signalisierung des Radverkehrs ergeben sich drei unterschiedliche Grundformen. Der Einsatz der verschiedenen Grundformen ist dabei abhängig von der Führung des Radverkehrs (FGSV, 2010).

1. Die Lichtsignalanlage, die für die Freigabezeiten des Kraftverkehrs vorhanden ist, gilt auch für den Radverkehr. Dies trifft immer dann zu, wenn keine gesonderte Regelung für den Radverkehr vorhanden ist. Das ist dann der Fall, wenn der Radverkehr zusammen mit Kraftverkehr auf der Straße geführt wird. Durch Schutzstreifen oder markierte Aufstellflächen für Fahrräder kann der Radverkehr der Lichtsignalanlage eindeutig zugeordnet werden (FGSV, 2010).
2. Eine gesonderte Signalisierung für den Radverkehr kann dann eingerichtet werden, wenn ein Radweg oder ein Radfahrstreifen im Seitenraum der Fahrbahn geführt wird. Dafür muss für den Radverkehr eine Haltelinie markiert und ein eigenes Lichtsignal installiert werden. Durch diese Regelung kann der Radverkehr getrennt vom Kraftverkehr die Freigabe erhalten (FGSV, 2010).
3. Bei der gemeinsamen Führung des Rad- und Fußverkehrs, beispielsweise auf dem Gehweg, soll die Lichtsignalanlage der zu Fuß Gehenden auch für den Radverkehr gelten. Aus diesem Grund wird auf dem Lichtzeichen, das dem Fußverkehr zugeordnet ist, die Zuordnung des Radverkehrs durch ein zusätzliches Fahrradsymbol verdeutlicht. Diese Art der Signalisierung kann auch bei Radwegen, die von der Fahrbahn des Kraftverkehrs abgesetzt sind, angewandt werden (FGSV, 2010).

Besonders zu beachten ist das Konfliktpotenzial zwischen geradeaus fahrenden Fahrrädern und abbiegenden Kraftfahrzeugen. Radfahrende, die sich auf einer Radverkehrsanlage im Seitenraum auf dem Gehwegen befinden, werden schlechter vom Fahrzeugführenden wahrgenommen als Radfahrende, die sich im Seitenraum auf der Fahrbahn aufhalten (FGSV, 2010). Um eine ausreichende Sichtbeziehung zwischen dem Fahrrad und dem Kraftfahrzeug herzustellen, schreibt die ERA vor, die Radverkehrsanlage vor einem Knotenpunkt an die Fahrbahn des Kraftverkehrs heranzuziehen. Dabei soll die Radverkehrsanlage in einem geringen Abstand zur Fahrbahn des Kraftverkehrs geführt werden. Dies kann bei dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten und Parkflächen im Seitenraum der Fahrbahn zu starken Verschwenkungen und zu Einbußen des Fahrkomforts führen. Ist dies der Fall, ist abzuwägen, ob die Radverkehrsanlage weiter abgesetzt werden kann (FGSV, 2010).

3.2.2.4 Abbiegende Fahrräder

Das Rechtsabbiegen ist für Fahrräder, durch die allgemeine Führung der Radverkehrsanlagen am rechten Rand, einfach zu bewältigen. Hierbei sind lediglich die Radien und der Fußverkehr zu beachten. Das Linksabbiegen kann dagegen, wie unter Punkt 3.1.1.4 beschrieben, in zwei Arten vollzogen werden: indirekt oder direkt (FGSV, 2010).

Bei dem indirekten Linksabbiegen können hinter dem Knotenpunkt links vom Radweg Aufstellplätze für den Radverkehr markiert werden. Bei ausreichender Flächenverfügbarkeit kann durch Querungsanlagen beispielsweise in Form von Mittelinseln das Linksabbiegen gesichert werden (FGSV, 2010).

Beim direkten Linksabbiegen können Sicherheitstreifen angelegt werden. Diese sind durch Markierungen auf der Fahrbahn vom Kraftverkehr abgetrennt. Müssen Radfahrende an Knotenpunkten, die durch Vorfahrtsschilder geregelt werden, dabei mehr als einen Fahrstreifen oder an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen mehr als zwei Fahrstreifen überqueren, ist diese Markierung nicht zulässig (FGSV, 2010).

4. Konzepte

Die Staaten Dänemark und Niederlande sind bei der Förderung des Radverkehrs besonders erfolgreich. So wurde 2017 in den Hauptstädten dieser Länder fast die Hälfte aller Wege mit Fahrrädern zurückgelegt (BicycleDutch, 2018). Wird davon ausgegangen, dass unter Berücksichtigung der Nutzergruppen, die unter Punkt 2.1 beschrieben wurden, über die Hälfte der Bürger einer Stadt nur sichere Radverkehrsanlagen zum Radfahren verwenden, kann angenommen werden, dass die Radverkehrsinfrastruktur in den beiden Ländern besonders sicher ist. Aus diesem Grund werden im folgenden Kapitel zusätzlich zu den deutschen Knotenpunktkonzepten auch die Designelemente aus Dänemark und den Niederlanden vorgestellt.

Wie unter Punkt 3.2.1.2 erwähnt wurde, sollen in Deutschland Radverkehrsanlagen innerhalb der Kreisbahn des Kreisverkehrs nicht geführt werden. Durch ein Absetzen der Führungen der Radverkehrsanlage kommt es an der Ausfahrt des Kreisverkehrs zu einem kreuzungsähnlichen Zustand. Aus diesem Grund werden hier nur Konzepte für Kreuzungen betrachtet. Hierbei wird auf Knotenpunktkonzepte mit Lichtsignalanlagen eingegangen, an denen alle Verkehrsströme im selben Umlauf die Freigabe erhalten können. So können die ausgewählten Konzepte besser miteinander verglichen werden. Da aber ein standardisiertes Knotenpunktkonzept gesucht wird, werden nur die Konzepte ausgewählt, die auch ohne eine Lichtsignalanlage eingesetzt werden können.

4.1 Deutschland

In Deutschland existieren, wie unter Punkt 3.1.1.3 vorgestellt, verschiedene Führungsformen des Radverkehrs. Aus diesem Grund ergeben sich auch verschiedene Konzepte, die an Knotenpunkte angewandt werden können. Die Grundlage dieser Konzepte sind in der VwV-StVO verankert. Innerhalb der ERA wird die Gestaltung der Konzepte für die Radverkehrsanlagen weiter ausgeführt. Die Führung des Radverkehrs auf dem Knotenpunkt ist dabei nicht zwingend abhängig davon, auf welcher Anlage der Radverkehr vor und nach dem Knotenpunkt geführt wird.

4.1.1 Führungsformen

In den Regelwerken wird empfohlen, dass keine Radverkehrsanlagen innerhalb von Tempo-30-Zonen und verkehrsberuhigten Bereichen eingerichtet werden sollen. Der Radverkehr soll dort zusammen mit dem Kraftverkehr auf der Straße geführt werden. Außerhalb dieser Bereiche können zusätzlich verschiedene Anlagentypen eingesetzt werden (FGSV, 2010).

Wird der Radverkehr auf einem Radweg geführt oder steht am Knotenpunkt nur wenig Platz zur Verfügung, soll die Radverkehrsanlage im Seitenraum zwischen dem Gehweg und dem Kraftfahrstreifen gerade über den Knotenpunkt geführt werden. Dabei befinden sich alle Fahrstreifen des Kraftverkehrs auf der linken Seite und der Gehweg auf der rechten Seite. Ist ausreichend Platz für eine Aufspaltung der Fahrtrichtungen vorhanden, können Radverkehrsfurten eingerichtet werden. Die Haltelinien für den Radverkehr sollen bei allen Radverkehrsanlagen drei bis fünf Meter vor der des Kraftverkehrs markiert werden. Ebenso kann auf der gegenüberliegenden Straßenseite ein Aufstellbereich für die indirekten Linksabbiegenden eingerichtet werden (FGSV, 2010). Bei den Markierungen der Radverkehrsanlage auf dem Knotenpunkt sind die Angaben unter Punkt 3.1.1.3 zu beachten.

4.1.1.1 Führung als Radwege

Wird der Radverkehr auf einem Radweg über einen Knotenpunkt geführt, geschieht dies separiert im Seitenraum der Fahrbahn. Die Abtrennung zwischen Rad- und Kraftverkehr wird durch Bordsteine verstärkt. Ist die ankommende Radverkehrsanlage von der Fahrbahn abgesetzt, muss diese, zur besseren Wahrnehmung des Radverkehrs, zur Fahrbahn geschwenkt werden. Die Verschwenkung muss rechtzeitig vor dem Knotenpunkt beginnen. Die Radverkehrsanlage wird dann mit maximal 0,5 Meter Abstand über eine Länge von zehn Metern parallel zur Fahrbahn des Kraftverkehrs geführt. Innerhalb des Knotenpunkts wird die bauliche Trennung aufgelöst. Die Radverkehrsanlage wird dann gerade über den Knotenpunkt auf die andere Straßenseite geführt (FGSV, 2010). Auf Abbildung 6 ist schematisch dargestellt, wie dieses Konzept umgesetzt werden kann.

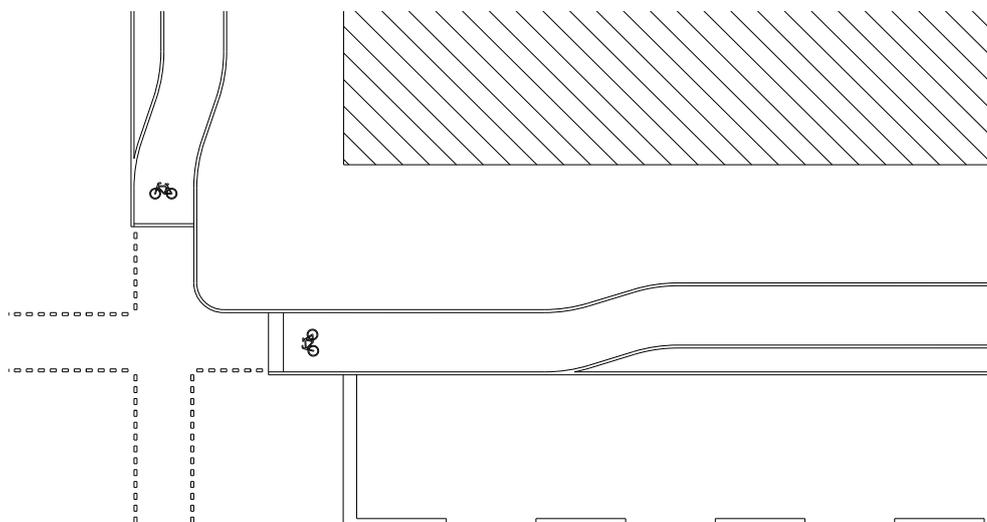


Abbildung 6: Deutsches Konzept der Radweg (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

4.1.1.2 Führung als Radfahrstreifen

Ein anderes Konzept, das im Seitenraum über den Knotenpunkt geführt wird, ist das der Radfahrstreifen. Diese Variante wird am rechten Fahrbahnrand eingerichtet. So wird die Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn geführt und muss deshalb nicht verschwenkt werden. Durch die nahe Führung zum Kraftverkehr ist hier ein geringer Abstand zu den Kraftfahrzeugen vorhanden. Eine bauliche Trennung ist nicht vorgesehen. Diese Variante verläuft ebenfalls gerade über den Knotenpunkt. Für die Verbesserung der Sichtbeziehungen zwischen dem Rad- und Kraftverkehr kann der Fahrstreifen vor dem Knotenpunkt aufgeweitet werden. Dafür wird die Haltelinie des Radverkehr bis zur Mitte der Straße durchgezogen. Die Fläche, die zwischen den Haltelinien entsteht, soll durch Markierungen eindeutig dem Radverkehr zugeordnet werden. Diese Einrichtung können direkt linksabbiegende Radfahrende während des Wartens dazu nutzen, um sich am linken Fahrbahnrand einzuordnen (FGSV, 2010). In der nachfolgenden Abbildung 7 ist das Konzept der Radfahrstreifen bildlich dargestellt.

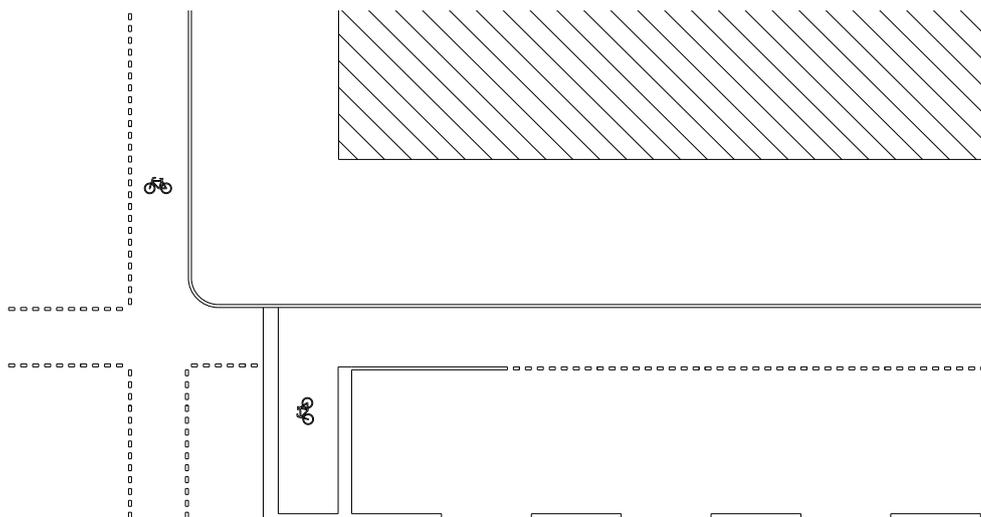


Abbildung 7: Deutsches Konzept der Radfahrstreifen (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

4.1.1.3 Führung als Radfahrfurten

Die Radfahrfurten werden auf der Fahrbahn zwischen den Kraftverkehrsströmen eingerichtet. Dafür muss mindestens eine Fahrtrichtung des Kraftverkehrs von den anderen abgetrennt sein. So kann für diese Fahrtrichtung ein extra Fahrstreifen eingerichtet werden. Zwischen den Fahrstreifen kann dann die Radverkehrsfurt geführt werden. Ist beispielsweise am Knotenpunkt ein gemeinsamer Fahrstreifen für den linksabbiegenden und geradeaus fahrenden Kraftverkehr sowie ein eigener Fahrstreifen für den rechtsabbiegenden Kraftverkehr vorhanden, wird der geradeaus fahrende Radverkehr zwischen diesen beiden Fahrstreifen auf einer Radverkehrsfurt geführt. Die nach rechts abbiegenden Kraftfahrzeuge müssen in diesem Beispiel die Radverkehrsanlage und damit den

geradeaus fahrenden Radverkehr vor dem eigentlichen Abbiegeprozess kreuzen. Rechtsabbiegende Fahrräder ordnen sich in den Fahrstreifen der Kraftfahrzeuge ein. Der restliche Radverkehr wird auf dem Knotenpunkt gerade aber leicht diagonal nach rechts zum Fahrbahnrand auf der anderen Straßenseite geführt (FGSV, 2010). Dieses Beispiel ist in Abbildung 8 dargestellt.

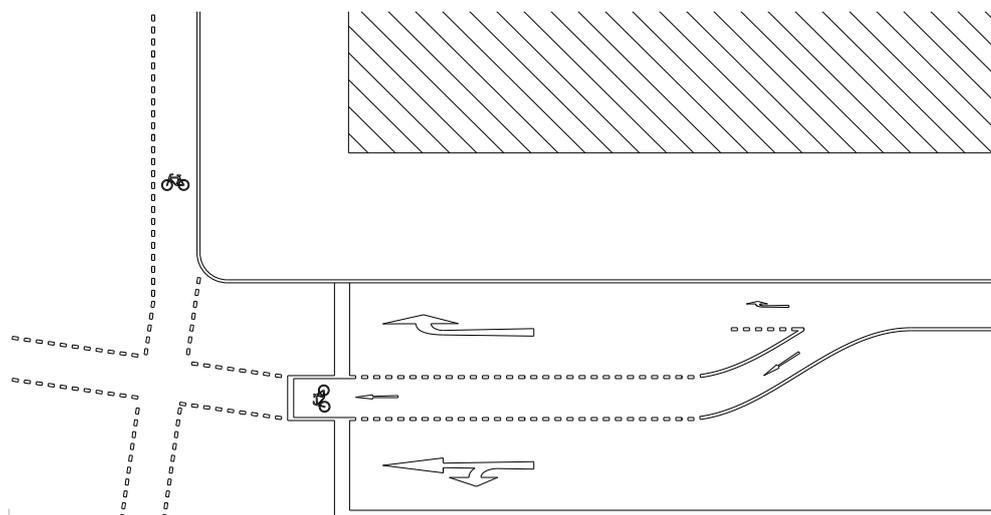


Abbildung 8: Deutsches Konzept der Radfahrfurt bei gerader Führung über den Knotenpunkt (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

Zum Erleichtern des direkten Linksabbiegens für Radfahrende kann ein Abbiegestreifen eingerichtet werden (vgl. zu § 9, Abs. 2, VwV-StVO). Dafür muss der linksabbiegende Kraftverkehr auf einen eigenen Fahrstreifen geführt werden. Sollen Linksabbiegestreifen eingerichtet werden, müssen die Regelungen, die unter Punkt 3.2.2.4 dargestellt wurden, beachtet werden (vgl. zu § 9, Abs. 2 VwV-StVO). In der folgenden Abbildung 9 ist die Variante einer Radverkehrsfurt dargestellt, die als linksabbiegende Furt über den Knotenpunkt führt.

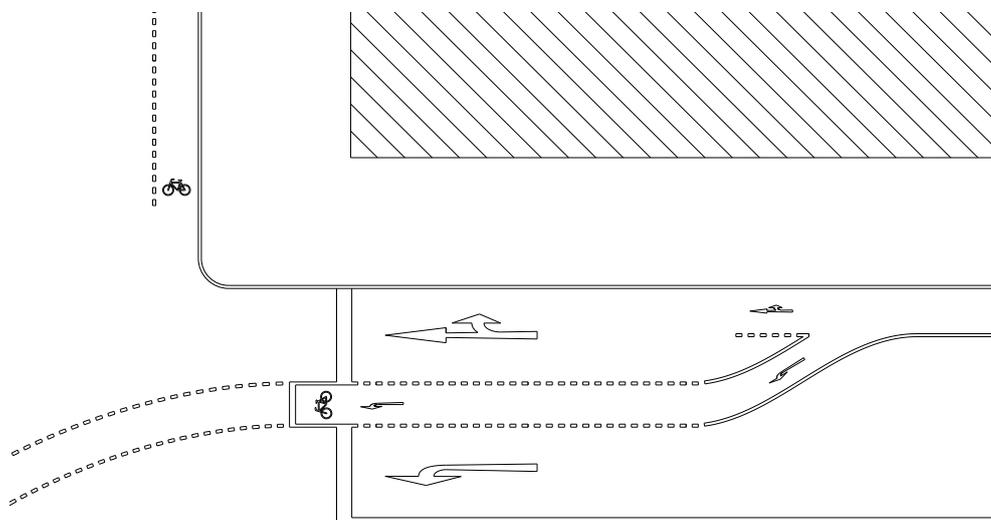


Abbildung 9: Deutsches Konzept der Radfahrfurt für das direkte Linksabbiegen (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

4.1.1.4 Gemeinsame Führung mit dem Kraftverkehr

Wird der Radverkehr gemeinsam mit dem Kraftverkehr geführt, fahren beide Verkehrsarten zusammen auf einem Fahrstreifen. Dabei sind keine gesonderten Maßnahmen für den Radverkehr vorgesehen (FGSV, 2010). Dies wird auch in der Abbildung 10 deutlich.

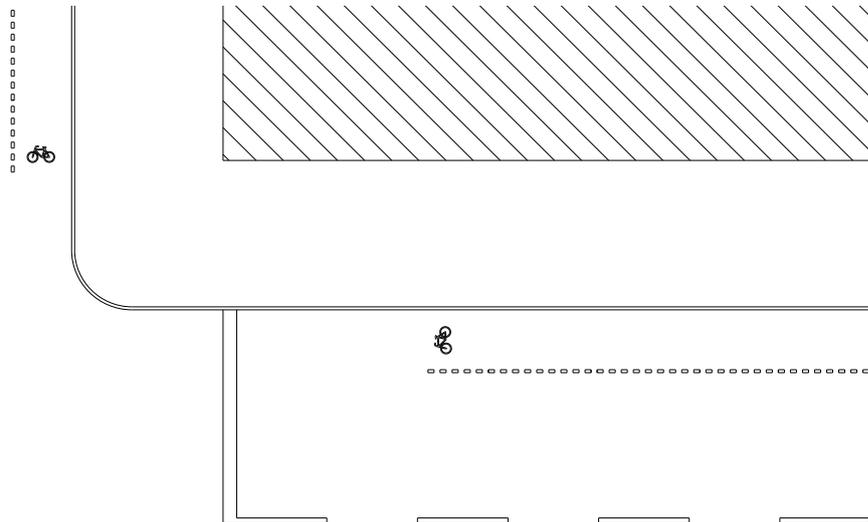


Abbildung 10: Deutsche Führung des Radverkehrs im Kraftverkehr (eigene Darstellung nach FGSV, 2010)

4.1.2 Signalisierung in Deutschland

Wie unter Punkt 3.2.2.3 erwähnt, können für den Radverkehr verschiedene Signalisierungen eingesetzt werden. Bei einer gesonderten Signalisierung kann der Radverkehr einen Zeitvorsprung oder eine eigene Phase erhalten. Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Radverkehr die konfliktreichen Flächen vor dem Passieren des Kraftverkehrs räumen kann. Ebenso kann diese Form eingesetzt werden, um die Wartezeit des Radverkehrs durch mehrmaliges Freigeben zu verkürzen (FGSV, 2010). Für das Rechtsabbiegen an einem roten Lichtzeichen kann, wie unter 3.1.1.4 beschrieben, ein grüner Pfeil für den Radverkehr eingerichtet werden.

4.2 Dänemark

Die verschiedenen Knotenpunktgestaltungen aus Dänemark werden im „Håndbog i Cykeltafik“ aufgeführt. Es werden auch hier die Konzepte ausgewählt, die auch ohne eine Lichtsignalanlage eingesetzt werden können.

4.2.1 Planfreie und plangleiche Knotenpunkte

Die Konzepte, die in Dänemark angewandt werden, basieren auf planfreien, aber auch auf plangleichen Knotenpunktlösungen. Die Rampen, die bei planfreien Knotenpunkten

zum Überwinden der Höhenunterschiede aufgestellt werden müssen, nehmen viel Raum ein. Nach dem dänischen Konzept muss zum Überwinden eines Höhenunterschiedes von 4,5 Metern eine 100 Meter lang Rampe errichtet werden (Celis Consult, 2014). Da in Städten eine hohe Anzahl und geringe Abstände von Knotenpunkten die Regel ist, können durch den großen Platzbedarf planfreie Ansätze nicht als Standardlösung im verdichteten urbanen Raum eingesetzt werden. Aus diesem Grund werden nur die Konzepte betrachtet, bei denen sich die Verkehrsströme auf demselben Niveau begegnen.

Bei der plangleichen Führung werden die Radwege separiert im Seitenraum vom Kraftverkehr geführt (Celis Consult, 2014). Um nachzuvollziehen, wie die Radverkehrsanlagen dimensioniert sind, werden in der nachfolgenden Tabelle 8 die Breiten der unterschiedlichen Führungsarten dargestellt.

Tabelle 8: Anlagenbreite für den Radverkehr in Dänemark (eigene Darstellung nach Celis Consult, 2014)

	Normale Breite	Minimale Breite
Einbandstraße	2,2 m	1,7 m
Zweispuriger Radweg	2,5 m	2,5 m
Fahrradweg	1,5 m	1,5 m

4.2.2 Abbiegeprozesse

Bei den plangleichen Knotenpunkten existieren bestimmte Regelungen für das Abbiegen. Radfahrende dürfen an signalisierten Knotenpunkten, an denen es durch ein Verkehrszeichen gestattet ist, auch bei Rot nach rechts abbiegen. Dabei müssen sie dem kreuzenden Verkehr Vorfahrt gewähren. Das Linksabbiegen ist über einen indirekten Vorgang durchzuführen. Der Radverkehr muss dafür, wie in Deutschland, gerade über den Knotenpunkt fahren. Auf der anderen Seite stellen sich die Fahrräder vor dem Übergang des Fußverkehrs auf. Nach der Freigabe des Knotenpunktes durch die Lichtsignalanlage kann der Abbiegeprozess nach links durchgeführt werden. Für das Aufstellen können extra Bereiche markiert werden (Celis Consult, 2014).

4.2.3 Führungsformen

Durch die frühe Förderung des Radverkehrs inspirierte das skandinavische Land auch andere Nationen, darunter Deutschland. Somit ergeben sich viele Parallelen in den plangleichen Konzepten. Die ursprünglichen Konzepte, die in Dänemark immer noch Anwendung finden, werden separiert im Seitenraum und auf der Fahrbahn geführt.

4.2.3.1 Separierte Radwege

Bei der Variante der separierten Radwege in Dänemark wird der Radverkehr auf einen vom Kraftverkehr separierten Radweg geleitet. Dieser wird 30 bis 50 Meter vor dem Knotenpunkt dicht an die Fahrbahn des Kraftverkehrs herangeführt. Auf dieser Strecke dürfen zwischen der Radverkehrsanlage und der Fahrbahn des Kraftverkehrs keine Bepflanzungen oder Parkplätze existieren. Der Kraftverkehr erhält für das Rechtsabbiegen einen eigenen Fahrstreifen. Der Radverkehr wird auf einem Radweg, der sich rechts neben der Fahrbahn befindet, geführt. An den Stellen, an denen ein besonderes Konfliktpotenzial zwischen dem Kraftverkehr und dem Radverkehr zu erwarten ist, soll zur besseren Wahrnehmung des Radfahrstreifens dieser farblich markiert werden. Muss der Radverkehr anhalten, soll er sich fünf Meter vor der Haltelinie des Kraftverkehrs aufstellen. Diese Führung wird in Abbildung 11 dargestellt.

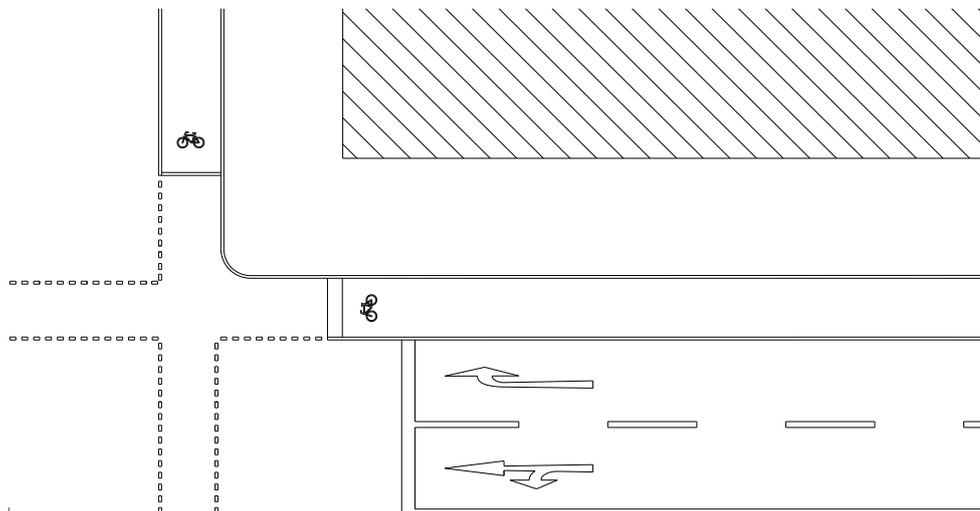


Abbildung 11: Dänisches Konzept der Radwege mit separiertem Rechtsabbiegestreifen (eigene Darstellung nach Celis Consult, 2014)

Nur wenn nicht genügend Platz für die Abspaltung des rechtsabbiegender Kraftverkehrs existiert, kann diese Variante auch an einem Mischfahrstreifen eingerichtet werden (Celis Consult, 2014).

4.2.3.2 Auf der Fahrbahn geführter Radverkehr

Dieses Konzept kann in zwei Varianten eingeteilt werden. Bei der ersten, die auf Abbildung 12 zu sehen ist, wird der Radverkehr 10 bis 20 Meter vor dem Knotenpunkt auf den Rechtsabbiegerstreifen des Kraftverkehrs geführt. Durch ein Fahrradsymbol auf der Fahrbahn soll der Kraftverkehr auf den Radverkehr aufmerksam gemacht werden.

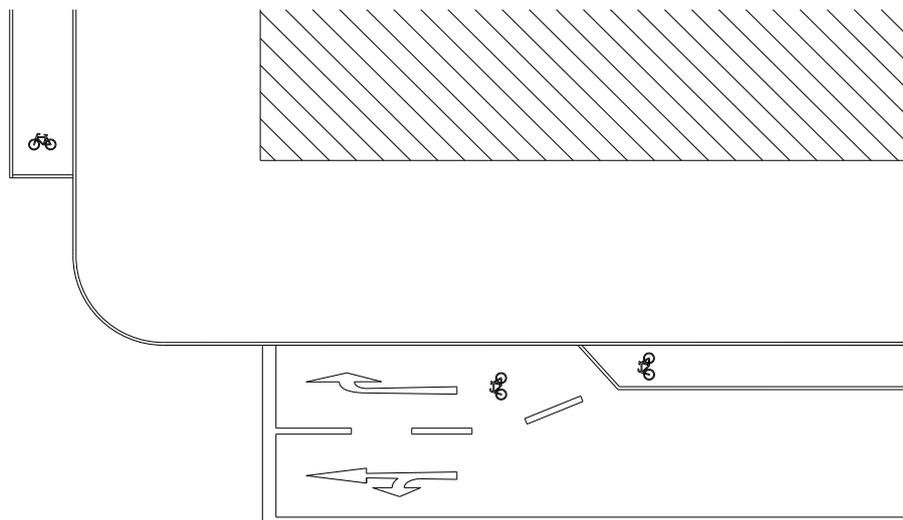


Abbildung 12: Dänische Führung des Radverkehrs im Rechtsabbiegestreifen des Kraftverkehrs (eigene Darstellung nach Celis Consult, 2014)

In einer abgewandelten Variante wird eine 1,5 bis 2,2 Meter breite Radverkehrsfurt links vom rechtsabbiegenden Kraftverkehr eingerichtet. Diese Furt soll den geradeausfahrenden Radverkehr vom Kraftverkehr trennen. Die rechtsabbiegenden Fahrräder ordnen sich auf dem Fahrstreifen für rechtsabbiegende Kraftfahrzeuge ein (Celis Consult, 2014). Die Abbildung 13 zeigt diese Variante.

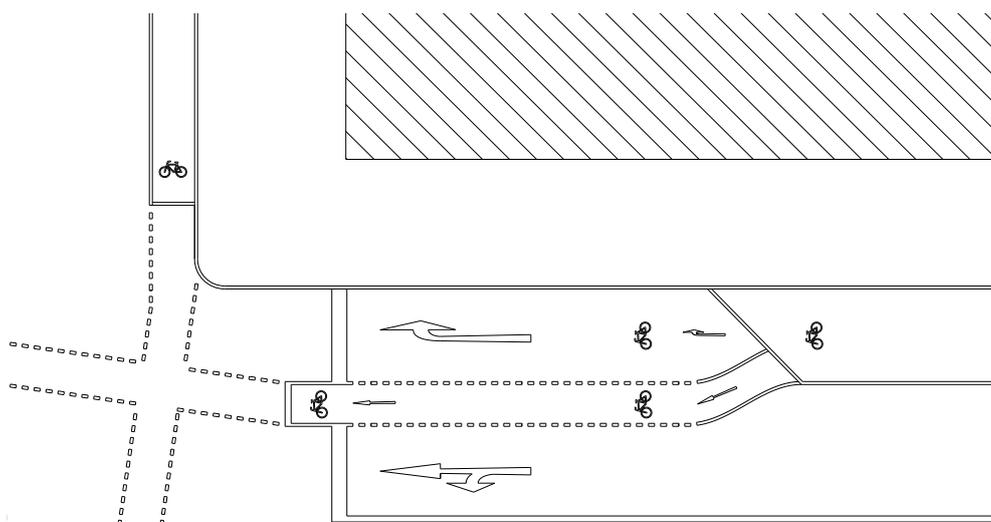


Abbildung 13: Dänisches Konzept der Radverkehrsfurt (eigene Darstellung nach Celis Consult, 2014)

4.2.4 Signalisierung in Dänemark

Kommt es an einem Knotenpunkt zu einem größeren Radverkehrsaufkommen, erhält der Radverkehr an einer Lichtsignalanlage ungefähr zwei Sekunden vor dem Kraftverkehr die Freigabe (Celis Consult, 2014).

4.3 Niederlande

Der „Masterplan Fiets“ wurde zwischen den Jahren 1990 und 1997 in den Niederlanden als nationaler Radverkehrsplan umgesetzt. Ziel dieses Programms war es, durch die Erhöhung der Sicherheit sowie des Komforts für den Radverkehr, die Kraftfahrzeugführenden zum Umstieg auf das Fahrrad zu bewegen (Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten, 1999). Mehrere Untersuchungen beweisen, dass die getroffenen Maßnahmen die Verkehrssicherheit für Radfahrende verbessern. So nahm die Zahl der tödlich verunglückten Radfahrenden um 14% und die Zahl der Schwerverletzten um 27% zwischen den Jahren 1986 und 1997 ab (Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten, 1999). Diese Ergebnisse sind zusätzliche Anlässe, die niederländischen Konzepte mit zu berücksichtigen.

4.3.1 Führung des Radverkehrs

Das niederländische Konzept sieht vor, dass der Radverkehr an Kreuzungen immer separiert geführt wird. Das bedeutet auch, wenn der Radverkehr über einen Schutzstreifen auf die Fahrbahn geleitet wird, kommt es am Knotenpunkt zu einer räumlichen Trennung vom Kraftverkehr. Zudem wird der Radweg hinter dem Übergang des Fußverkehrs vom Kraftverkehr weggeschwenkt. So überquert der Radverkehr mehrere Meter abgesetzt vom Kraftfahrverkehr die zu kreuzende Fahrbahn. Direkt hinter dem Übergang für zu Fuß Gehende sowie vor der Verschwenkung trifft der von links kommende Radfahrstreifen auf die geradeaus führende Radverkehrsanlage. Am Ende der Verschwenkung spaltet sich ein Radweg nach rechts ab (ADFC, 2018). Die Radverkehrsanlagen sollen im Knotenpunktbereich eine Breite von zwei Metern haben. Der Gehweg ist durch Bordsteine vom Radweg getrennt und bei den Übergängen barrierefrei gestaltet (BicycleDutch, 2014). Radverkehrsanlagen, die der Hauptstraße folgen, werden zusätzlich farblich markiert (ADFC, 2018). In der Abbildung 14 ist die Führung des Konzepts der geschützten Kreuzung dargestellt.

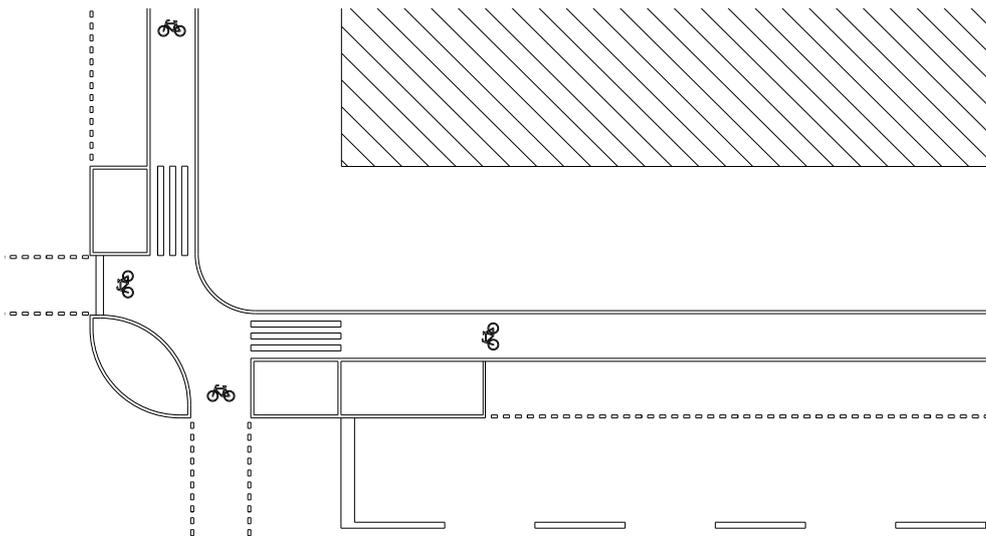


Abbildung 14: Konzept der geschützten Kreuzung (eigene Darstellung nach ADFC, 2018)

4.3.2 Abgrenzung zum Kraftverkehr

Durch die Verschwenkung der Radverkehrsanlage entsteht eine Freifläche zwischen geradeaus fahrendem Radverkehr und abbiegendem Kraftverkehr. Diese linsenförmige Freifläche dient als Schutzinsel und sorgt dafür, dass Rad- und Fußverkehr deutlich vom Kraftverkehr abgetrennt sind. Sie soll denselben Radius wie der Gehweg besitzen, wodurch Kraftfahrzeuge den Abbiegeprozess nur langsam durchführen können. Durch die Länge der Schutzinsel entsteht neben ihr ein Haltebereich für die abbiegenden Kraftfahrzeuge. Durch diese Halteposition haben Kraftfahrzeuge durch das Seitenfenster einen guten Blick auf den sich dem Knotenpunkt nähernden Radverkehr. Da die Schutzinsel im Bereich des toten Winkels liegt, wird auch diese Gefahr minimiert. Zudem können links abbiegende Kraftfahrzeuge erst den entgegenkommenden Kraftverkehr kreuzen und dann neben der Schutzinsel warten, bis der Radverkehr vorbei ist, ohne den fließenden Kraftverkehr zu behindern (ADFC, 2018).

4.3.3 Halten und Abbiegen von Fahrrädern

Die Haltelinie für den Radverkehr wird am Ende der Verschwenkung und kurz vorm Überqueren der Fahrbahn eingerichtet. So befindet sich der Haltepunkt des Radverkehrs mehrere Meter vor dem des Kraftverkehrs. Dadurch befindet sich der Radverkehr im Sichtfeld des Kraftverkehrs. Durch die Schutzinsel entsteht auch für den Radverkehr eine Wartenische. Diese können bei einer Rotphase wartende Radfahrende nutzen, ohne den querenden oder rechts abbiegenden Radverkehr zu behindern. Der nach rechts weiterfahrende Radverkehr passiert nicht die Haltelinie und kann dadurch frei nach rechts abbiegen. Durch die Separierung der Radverkehrsanlage zum Kraftverkehr wird das direkte Linksabbiegen verhindert. Das indirekte Linksabbiegen verläuft hier wie

unter Punkt 3.1.1.4 vorgestellt. Nachdem die Radfahrenden gerade über die Straße gefahren sind, können sie sich auf der anderen Straßenseite ebenfalls in der Wartenische aufstellen (ADFC, 2018).

Durch die Absetzung der Radverkehrsanlage entsteht zwischen dem Radweg und der Fahrbahn für den Fußverkehr ein Wartebereich. Da sich der Haltepunkt für den Radverkehr erst hinter dem Übergang des Fußverkehrs befindet, kann so der Konflikt zwischen dem vorbeifahrenden Radverkehr und der Grünphase des Fußverkehrs entschärft werden (ADFC, 2018).

4.3.4 Freigabezeiten

Der Radverkehr erhält bei diesem Konzept eine eigene Lichtsignalanlage. Dadurch kann die Freigabezeit für den Radverkehr optimiert werden. Die Lichtsignalanlage wird so geschaltet, dass die indirekten links Abbiegenden nicht nochmals warten müssen. Teilweise wird dem Radverkehr auch in allen Richtungen gleichzeitig Grün gewährt ohne dass der Kraftverkehr in den Knotenpunkt einfahren darf (ADFC, 2018).

4.4 Tabellarische Zusammenfassung der Konzepte

Zur Verdeutlichung der vorangegangenen Ausführungen werden in Tabelle 9 die einzelnen Designelemente der verschiedenen Konzepte gegenübergestellt.

Tabelle 9: Tabellarische Zusammenfassung der Konzepte

	Deutschland	Dänemark	Niederlande
Mindestbreiten von Radverkehrsanlagen	1,5 m	1,5 m - 2,5 m	2 m
Radverkehrsanlage vor dem Knotenpunkt	Mischverkehr Schutzstreifen Radfahrstreifen Separierter Radweg	Separierter Radweg	Separierter Radweg
Radverkehrsanlage beim Überqueren des Knotenpunkts	Mischverkehr Radverkehrsfurt Schutzstreifen	Mischverkehr Radverkehrsfurt Radfahrstreifen Radweg	Separierter Radweg
Abbiegen (rechts)	Wenn ausgewiesen, dann nach Stopp frei	Wenn ausgewiesen, dann nach Stopp frei	Immer frei
Abbiegen (links)	Direkt im Mischverkehr Indirekt übers Geradeausfahren	Indirekt übers Geradeausfahren	Indirekt übers Geradeausfahren
Verschwänkungen der Radverkehrsanlage	Zur Fahrbahn	Zur Fahrbahn	Weg von der Fahrbahn
Vorgezogene Haltelinie	Bis zu 5 m	5 m	Hinter dem Übergang des Fußverkehrs
Aufstellflächen	Im Mischverkehr Auf dem Radweg/-fahrstreifen Aufgeweitete Aufstellflächen	Im Mischverkehr Auf dem Radweg/-fahrstreifen	Geschützter Aufstellbereich als Haltenischen
Freigabezeit	Wenige Sekunden vor den Kfz	Wenige Sekunden vor den Kfz	Für den Radverkehr optimiert

5. Entwicklung des Bewertungsschemas

Um die einzelnen Elemente der unterschiedlichen Konzepte vergleichen zu können, wird ein Bewertungsschema benötigt. Aus diesem Grund soll mit den Oberkategorien Sicherheit und Komfort eine Bewertung möglich gemacht werden. In diesen Kategorien sollen die unterschiedlichen Elemente zur Gestaltung von Radverkehrsanlagen, der unter Punkt 4. vorgestellten Konzepte, bewertet werden.

Die Bewertungspunkte gehen von der Punktzahl eins bis zu der Punktzahl fünf. Hierbei stehen fünf Punkte für gut, vier Punkte für befriedigend, drei Punkte für ausreichend, zwei Punkte für mangelhaft und ein Punkt für ungenügend. Nach der Bewertung wird aus der Summe der Punkte eines Konzepts ein gewichteter Mittelwert gebildet. Das Ergebnis repräsentiert die gesamte Bewertung eines Konzepts.

5.1 Sicherheit

Die Sicherheit ist das wichtigste Bewertungskriterium in diesem Schema. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse dieser Kategorie höher gewichtet. So werden sie mit dem Faktor zwei multipliziert.

Das sichere Überqueren eines Knotenpunkts für Radfahrende ist abhängig von mehreren Faktoren. Wie unter Punkt 3.2.2 erörtert, werden in der ERA einige Faktoren genannt, die hier mit übernommen wurden. So werden die Sichtbeziehungen zwischen den verschiedenen Verkehrsarten und das einfache Erfassen eines Knotenpunktes bewertet (FGSV, 2010). Zusätzlich werden die Schnittstellen und die Separierung der einzelnen Verkehrsarten ins Bewertungsschema aufgenommen.

5.1.1 Konfliktpunkte

Als Konfliktpunkte eines Knotenpunkts werden die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmenden bezeichnet. Hier werden die Stellen betrachtet, an denen sich der Radverkehr und die anderen Verkehrsteilnehmenden während der Freigabe des Knotenpunkts schneiden. Sie sind immer potenzielle Unfallstellen, weshalb eine geringe Anzahl die Sicherheit erhöht. In der Tabelle 10 werden die Bewertungskriterien für die Konfliktpunkte dargestellt.

Tabelle 10: Bewertungskriterium - Konfliktpunkte

Punkte	Kriterium
5	Keine Schnittstellen
4	Drei Schnittstellen und weniger
3	Vier bis sechs Schnittstellen
2	Sieben bis neun Schnittstellen
1	Zehn und mehr Schnittstellen

5.1.2 Sichtverhältnisse

Für die Verkehrssicherheit des Radverkehrs ist eine gute Sichtbeziehung vor dem Kreuzen der Verkehrsströme der entscheidende Faktor. (Kolrep-Rometsch u. a., 2013) Hierbei kann die Sichtbarkeit in zwei Abschnitte unterteilt werden. Die beiden Abschnitte sind in den folgenden Abbildungen 15 und 16 dargestellt.

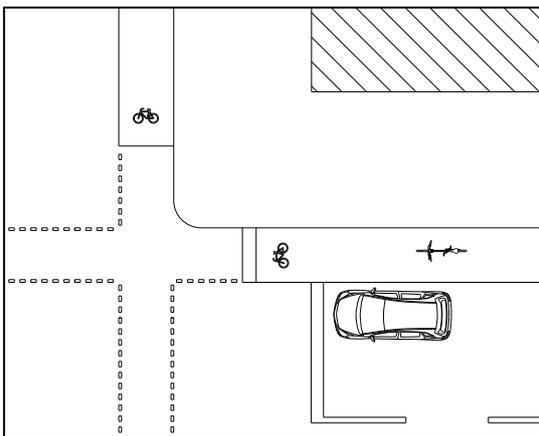


Abbildung 15: Sichtverhältnis im 1. Abschnitt

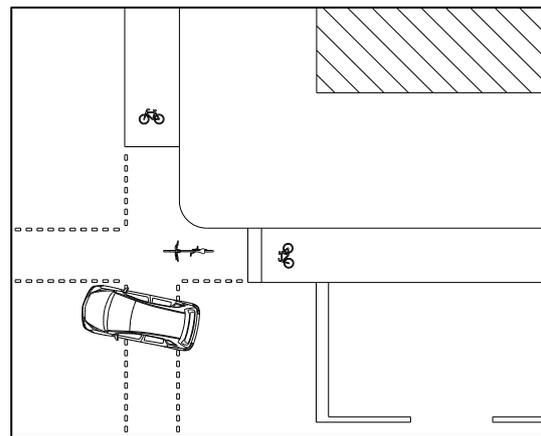


Abbildung 16: Sichtverhältnis im 2. Abschnitt

Der erste Abschnitt befindet sich vor dem Schnittpunkt. Da hier die Verkehrsteilnehmenden anhalten und sich bewegen, ergeben sich hier zwei Situationen, die betrachtet werden müssen. Zuerst wird die Haltesituation betrachtet. Hier hält der Verkehr, bevor er den Knotenpunkt überqueren kann. In der zweiten Situation sind die Verkehrsteilnehmenden in Bewegung. Sie durchqueren ohne Halt den ersten Abschnitt und begeben sich direkt zum Schnittpunkt. Zur Beurteilung der Sichtverhältnisse am Schnittpunkt selbst müssen die Sichtverhältnisse im zweiten Abschnitt betrachtet werden. Hier kreuzen die verschiedenen Verkehrsarten ihre Wege. Bei allen drei Abläufen werden dieselben Bewertungskriterien angewendet. Die Kriterien werden in der folgenden Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Bewertungskriterium - Sichtverhältnisse

Punkte	Kriterium
5	Eine zwingende und direkte Sichtbeziehung besteht beim Blick nach vorn.
4	Eine direkte Sichtbeziehung kann durch eine leichte Verlagerung des Blickfeldes zur Seite erreicht werden.
3	Zum Aufbauen der Sichtbeziehung muss sich vom ursprünglichem Sichtfeld abgewandt werden oder es wird ein Hilfsmittel (z.B. Spiegel) benötigt.
2	Die Sichtbeziehung kann nur sehr schlecht oder unter Zuhilfenahme des Schulterblicks hergestellt werden.
1	Das Erreichen der Sichtbeziehung kann nur über eine Änderung der Position oder gar nicht erfolgen.

5.1.3 Separierung

Auf die Separierung des Radverkehrs vom restlichen Verkehr wird hauptsächlich zwischen den unterschiedlichen Knotenpunkten geachtet. Dies muss aber auch am Knotenpunkt selbst passieren. Werden die verschiedenen Verkehrsarten nicht sicher voneinander getrennt, kann es am Knotenpunkt zum unkontrollierten Überfahren der Fahrbahnen des Radverkehrs und damit zu gefährlichen Situationen kommen. Die folgende Tabelle 12 zeigt die Bewertungskriterien für die Separierung.

Tabelle 12: Bewertungskriterium - Separierung der Radverkehrsanlage

Punkte	Kriterium
5	Baulich getrennte und mit einem Sicherheitsabstand versehene Führung
4	Baulich getrennte Führung
3	Führung im Seitenraum des Kraftverkehrs
2	Führung im Kraftverkehr mit eigenem Fahrstreifen
1	Kein eigener Fahrweg vorhanden

5.1.4 Übersichtlichkeit

Um eine Verunsicherung der Verkehrsteilnehmenden am Knotenpunkt zu vermeiden, muss dieser für alle rechtzeitig vor dem Befahren begreifbar sein (BMVBS, 2012). Der Knotenpunkt muss so gestaltet sein, dass er auch für ortsfremde Personen eindeutig ist. Eine deutliche Streckenführung kann das Verständnis für den Knotenpunkt erleichtern. Dabei ist es für die Sicherheit des Radverkehrs wichtig, dass die anderen Verkehrsteilnehmenden klar erkennen können, wie die Radfahrenden geführt werden. Die Tabelle 13 stellt die Kriterien dar.

Tabelle 13: Bewertungskriterium - Übersichtlichkeit

Punkte	Kriterium
5	Intuitive Führung aller Fahrtrichtungen des Radverkehrs.
4	Klare Führung aller Fahrtrichtungen des Radverkehrs mit teilweiser Mitbenutzung eines geringen Teils der Radverkehrsanlage durch andere Verkehrsarten.
3	Einfache Markierung der Fahrbahn des Radverkehrs, wobei für eine Fahrtrichtung keine Markierungen vorhanden sind.
2	Die Führung des Radverkehrs ist durch mehrere unterschiedlich markierte Fahrtrichtungen unklar oder es ist nur eine von mehreren Fahrtrichtungen markiert.
1	Keine Markierung für den Radverkehr vorhanden.

5.2 Komfort

Wie unter Punkt 2.1 in Tabelle 1 dargestellt wird, lehnen einige Radfahrende Radverkehrsanlagen ab. Wird die Radverkehrsanlage nicht verwendet, verliert das Konzept seine Wirkung. Um die Akzeptanz zu gewährleisten, ist die Betrachtung des Komforts einer Radverkehrsanlage wichtig. Auch die Nutzergruppe der besorgten Radfahrenden bevorzugt komfortable Fahrwege. Aus diesem Grund wurde die Bewertung des Komforts in dieses Bewertungsschema aufgenommen.

In der ERA, wie unter Punkt 3.2.2 erwähnt, wird als Kriterium für einen Knotenpunkt eine kontinuierliche Führung und ausreichend Platz zum Aufstellen aufgeführt. (FGSV, 2010) So werden diese beiden Punkte zusätzlich zur Wartezeit, die das übliche Bewertungskriterium eines Knotenpunkts ist (FGSV, 2015), in das Bewertungsschema aufgenommen. Da der Komfort gegenüber der Sicherheit zweitrangig ist, werden die Ergebnisse einfach gewertet.

5.2.1 Wartezeit

Die Wartezeit ist eine der gängigsten Bewertungskriterien. Sie wird in Gutachten für die Qualitätsbewertung von Knotenpunkten herangezogen (FGSV, 2015). Jeder Knotenpunkt hat verschiedene Parameter, wodurch sich die Wartezeiten bei gleicher Gestaltung verändern. Deshalb wird hier nicht die tatsächliche Wartezeit bewertet, sondern die Punkte, an denen gehalten werden muss. Damit soll bewertet werden, wie oft gehalten wird und wie schnell diese Punkte wieder verlassen werden können. Die Beurteilungspunkte sind in der Tabelle 14 aufgelistet.

Tabelle 14: Bewertungskriterium - Wartezeit

Punkte	Kriterium
5	Alle Fahrtrichtungen sind nach dem Gewähren der Vorfahrt frei, ohne eine mögliche Wartepflicht bei freier Fahrt.
4	Bei einer Fahrtrichtung darf nach dem Stoppen weitergefahren werden. In den anderen Fahrtrichtungen besteht die Möglichkeit der Wartepflicht. Kann der Knotenpunkt befahren werden, wird nur noch durch das Gewähren der Vorfahrt nochmals gehalten.
3	In eine Fahrtrichtung darf frei gefahren werden. Nur durch das Gewähren der Vorfahrt muss gehalten werden. Bei den anderen Fahrtrichtungen besteht die Möglichkeit der Wartepflicht. Darf hier gefahren werden, kann es bei einer Fahrtrichtung zu einer erneuten Wartepflicht kommen.
2	Eine Fahrtrichtung darf nach dem Stoppen und dem Gewähren der Vorfahrt weiterfahren. Bei den anderen Fahrtrichtungen besteht die Möglichkeit der Wartepflicht. Darf hier gefahren werden, kann es bei einer Fahrtrichtung zu einer erneuten Wartepflicht kommen.
1	Bei allen Fahrtrichtungen besteht die Möglichkeit der Wartepflicht. Darf hier gefahren werden, kann es zu einer erneuten Wartepflicht kommen.

5.2.2 Geometrische Veränderungen

Wie unter Punkt 3.2.2 dargestellt, verweist die ERA darauf, dass es durch häufige Verschwenkungen zu Einbußen des Fahrkomforts kommt. Ebenfalls werden unter Punkt 3.2.2.2 die Kurvenradien in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit gesetzt. Unterschreiten Kurven diese Maße, müssen Radfahrende ihre Geschwindigkeit drosseln. Da Fahrräder zurzeit noch überwiegend durch Muskelkraft angetrieben werden, ist jedes Beschleunigen nach dem Abbremsen eine Anstrengung. Diese Anstrengung wirkt sich ebenfalls negativ auf den Fahrkomfort aus. Um diesen zu fördern, müssen die Radien der Kurven den Geschwindigkeiten der Radfahrenden angepasst werden. Die folgende Tabelle 15 zeigt die Bewertungskriterien für die geometrischen Veränderungen.

Tabelle 15: Bewertungskriterium - Geometrische Veränderungen

Punkte	Kriterium
5	Annähernd gerade Führung über den Knotenpunkt mit großen Kurvenradien.
4	Verschwenkte Führung, auf der mit großen Kurvenradien gefahren werden kann.
3	Verschwenkte Führung, auf der überwiegend große Kurvenradien gefahren werden können.
2	Verschwenkte Führung, auf der überwiegend kleine Kurvenradien gefahren werden.
1	Verschwenkte Führung, auf der mit kleinen Kurvenradien gefahren werden muss.

Im urbanen Raum und speziell an Knotenpunkten ist nur wenig Platz vorhanden. So werden hier enge Kurven beim Abbiegen mit einem inneren Kurvenradius kleiner als vier Meter und bei Verschwenkungen kleiner als zehn Meter definiert.

5.2.3 Aufstellplätze

Durch die Diversität der Radfahrenden, die unter Punkt 2.1 beschrieben wurde, gibt es Unterschiede beim Anfahren vom Knotenpunkt. Um die schnelleren Radfahrenden nicht zu benachteiligen, wird ausreichend Platz zum Aufstellen benötigt. Genauso muss dieser Platz gewährleisten, dass der fließende Fahrradverkehr an den wartenden Radfahrenden vorbeikommt, damit sich diese nicht gegenseitig behindern. Um dies richtig beurteilen zu können, muss der unter Punkt 3.2.1.1 erwähnte Verkehrsraum der Radfahrenden beachtet werden. Tabelle 16 zeigt die Punkte, nach denen die Aufstellplätze bewertet werden.

Tabelle 16: Bewertungskriterium - Aufstellplätze

Punkte	Kriterium
5	Aufstellfläche für mehrere Fahrräder und für alle Fahrrichtungen ohne Behinderung des restlichen Radverkehrs.
4	Aufstellfläche für mehrere Fahrräder und für alle Fahrrichtungen, wobei der nachfolgende Radverkehr behindert werden kann.
3	Aufstellfläche für wenige Fahrräder und für alle Fahrrichtungen, wobei der nachfolgende Radverkehr sich aufstaut.
2	Aufstellfläche für wenige Fahrräder und eine Fahrrichtung, wobei andere Fahrrichtungen behindert werden.
1	Keine eigene Aufstellfläche für Fahrräder.

5.3 Tabellarische Darstellung des Bewertungsschemas

Aufgrund der Parallelen in den Konzepten aus Dänemark und Deutschland werden diese gemeinsam in einem Punkt bewertet. Betrachtet werden dabei die Führung im Seitenraum auf dem Konzept der Radwege und Radfahrstreifen sowie der Führung auf der Fahrbahn des Kraftverkehrs mit dem Konzept der Radfahrfurt und der Führung im Kraftverkehr. Trotz der Ähnlichkeit in den Konzepten aus Dänemark und Deutschland gibt es Unterschiede in der Führung des links abbiegenden Radverkehrs. Aus diesem Grund wird zusätzlich auf die indirekte und direkte Linksabbiegerführung eingegangen. Das Konzept der gesicherten Kreuzung aus den Niederlanden wird einzeln betrachtet.

Die nachfolgenden Tabellen 17 bis 19 werden für die Bewertung verwendet. Sie dienen der Verdeutlichung der Ergebnisse. Die Konzepte mit der indirekten Linksabbiegerführung werden mit i. und die mit der direkten Linksabbiegerführung mit d. abgekürzt. Ebenfalls werden die Kraftfahrzeuge mit Kfz abgekürzt und die Konzepte nur mit ihrer Führungsform benannt.

Tabelle 17: Ergebnisse der Bewertung der Sicherheit (leer)

Bewertungen	Radweg		Radfahrstreifen		Mit Kfz geführt		Radfahrfurten		Geschützte Kreuzung
	i.	d.	i.	d.	i.	d.	i.	d.	
Konfliktpunkte									
Sichtverhältnisse									
Separierung									
Übersichtlichkeit									
Endergebnis									

Tabelle 18: Ergebnisse der Bewertung des Komforts (leer)

Bewertungen	Radweg		Radfahrstreifen		Mit Kfz geführt		Radfahrfurten		Geschützte Kreuzung
	i.	d.	i.	d.	i.	d.	i.	d.	
Wartezeit									
Geometrische Veränderungen									
Aufstellplätze									
Endergebnis									

Tabelle 19: Auswertung der Ergebnisse (leer)

Bewertungen	Gewichtung	Radweg		Radfahrstreifen		Mit Kfz geführt		Radfahrfurten		Geschützte Kreuzung
		i.	d.	i.	d.	i.	d.	i.	d.	
Sicherheit	2									
Komfort	1									
Endergebnis										

Was in diese Bewertung nicht einfließt, ist die Beeinträchtigung anderer Verkehrsteilnehmenden oder der bauliche Aufwand, der betrieben werden muss, um die Konzepte umzusetzen. Diese beiden Punkte sind zusammen mit der Gesetzeskompatibilität der Konzepte zwar ausschlaggebend dafür, ob diese umgesetzt werden, aber nicht entscheidend für die Sicherheit der Radfahrenden.

6. Bewertung der Konzepte

Die Bewertung soll feststellen, welche der aufgelisteten Konzepte das geringste Gefahrenpotenzial besitzt. Zur vereinfachten Bewertung wird in allen Punkten von einer vierarmigen Kreuzung, die durch Lichtzeichen geregelt wird, ausgegangen. Für die Konzepte aus Deutschland und Dänemark wird davon ausgegangen, dass der grüne Pfeil für den rechts abbiegenden Radverkehr installiert ist. Ebenfalls wird davon ausgegangen, dass die direkt Linksabbiegenden während einer Freigabe den Knotenpunkt passieren können und indirekt Linksabbiegende zwei Freigaben zum Passieren benötigen.

6.1 Bewertung der Sicherheit

In Tabelle 20 ist die Bewertung der Sicherheit dargestellt. Erkennbar ist, dass die Konzepte mit der direkten Linksabbiegeführung im Vergleich zu den Konzepten mit der indirekten Linksabbiegeführung durch das erarbeitete Schema schlechter bewertet wurden.

Tabelle 20: Ergebnisse der Bewertung der Sicherheit

Bewertungen	Radweg		Radfahrstreifen		Mit Kfz geführt		Radfahrfurten		Geschützte Kreuzung
	i.	d.	i.	d.	i.	d.	i.	d.	
Konfliktpunkte	4	2	4	2	4	2	3	1	3
Sichtverhältnisse	3,33	3,33	3,46	3,46	4	4	4	4	3,54
Separierung	4	3	3	2,33	1	1	1,67	1,33	5
Übersichtlichkeit	5	3	4	4	1	1	2	1	5
Endergebnis	4,08	2,83	3,61	2,95	2,5	2	2,67	1,83	4,14

In den folgenden Unterpunkten wird erörtert, wie die Vergabe der Bewertungen erfolgt.

6.1.1 Konfliktpunkte

Die Anzahl der Konfliktpunkte ist immer davon abhängig, wie die Verkehrsteilnehmenden geleitet werden. Dabei werden hier die Schnittstellen gezählt, die während einer Freigabe durch die Lichtsignalanlage zustande kommen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die gegenüberliegenden Verkehrsströme gleichzeitig und für alle Richtungen die Freigabe erhalten. Da die indirekt linksabbiegenden Radfahrenden zwei Freigaben zum Passieren des Knotenpunkts benötigen, wird hier nur die Hälfte ihres Abbiegevorgangs betrachtet.

Zum besseren Verständnis werden die Schnittstellen anhand von Abbildungen erklärt. Der zu betrachtende Radverkehrsstrom wird in den Abbildungen schwarz dargestellt.

Die Schnittpunkte sind zur Verdeutlichung mit einem roten Kreis markiert. Zusätzlich sind die anderen Verkehrsströme farblich markiert worden. Dabei steht Orange für den Kraft-, Grün für den Fuß- und Blau für den Radverkehr.

6.1.1.1 Konfliktpunkte bei den Konzepten im Seitenraum des Kraftverkehrs

Durch die Führung im Seitenraum der Straße kommt es bei dem Konzept der Radwege und der Radfahrstreifen zu der gleichen Anzahl von Schnittstellen.

In der Abbildung 17 werden die Schnittstellen bei der indirekten Linksabbiegeführung dargestellt und in Abbildung 18 bei der Führung der direkt Linksabbiegenden.

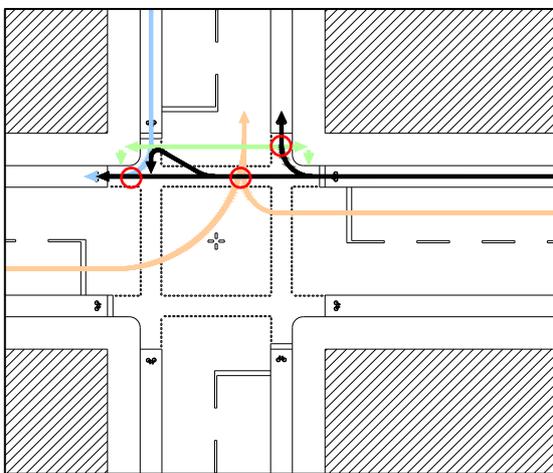


Abbildung 17: Schnittstellen im Seitenraum und indirektem Linksabbiegen

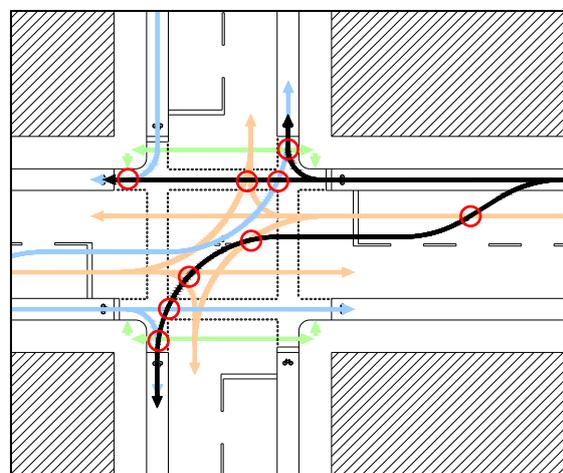


Abbildung 18: Schnittstellen im Seitenraum und direktem Linksabbiegen

Erkennbar ist, dass es durch die indirekte Linksabbiegeführung zu weniger Schnittstellen kommt, als bei der direkten Führung. Aufgrund der drei Schnittstellen erhält die indirekte Linksabbiegeführung 4 Punkte. Die direkte Linksabbiegeführung erhält mit neun Schnittstellen 2 Punkte.

6.1.1.2 Konfliktpunkte bei der Führung im Kraftverkehr

Wird der Radverkehr mit dem Kraftverkehr zusammengeführt, kann es dazu kommen, dass der Kraftverkehr den Radverkehr überholt. Fahren die beiden Verkehrsarten nebeneinander, verhält es sich mit den Schnittstellen wie bei der Führung im Seitenraum. Dies wird in den Abbildungen 19 und 20 deutlich.

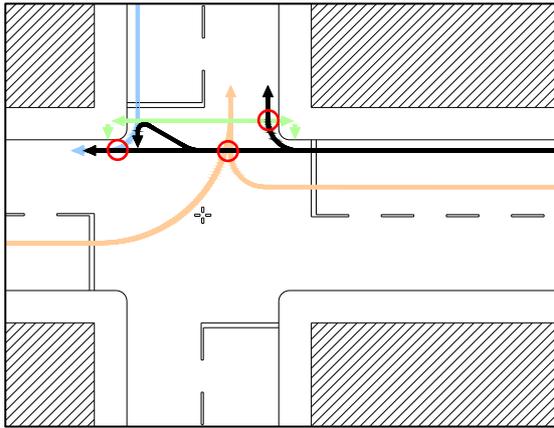


Abbildung 19: Schnittstellen beim Fahren im Kraftverkehr und indirektem Linksabbiegen

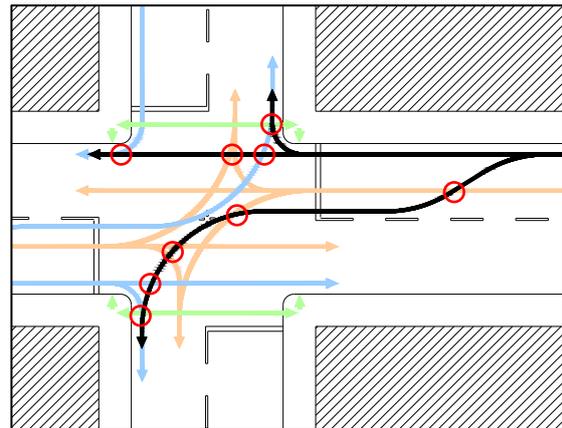


Abbildung 20: Schnittstellen beim Fahren im Kraftverkehr und direktem Linksabbiegen

Bei dem indirekt linksabbiegenden Radverkehr kommt es zu drei Schnittstellen und einer Bewertung von 4 Punkten. Biegt der Radverkehr direkt links ab, sind es neun Schnittstellen, die zu 2 Punkten führen.

6.1.1.3 Konfliktpunkte beim Konzept der Radfahrfurten

Um die Radfahrfurten zu beurteilen, wird das Beispiel, das in den Konzepten unter Punkt 4.1.1.3 vorgestellt wird, als Ausgangssituation angenommen. Hier wird nur der geradeaus fahrende Radverkehr auf einer Radverkehrsfurt geführt. Die rechts abbiegenden Radfahrenden ordnen sich in den Fahrstreifen für die rechts abbiegenden Kraftfahrzeuge ein. Links abbiegende Radfahrende müssen wie bei den anderen Konzepten entweder indirekt (Abbildung 21) oder direkt (Abbildung 22) abbiegen.

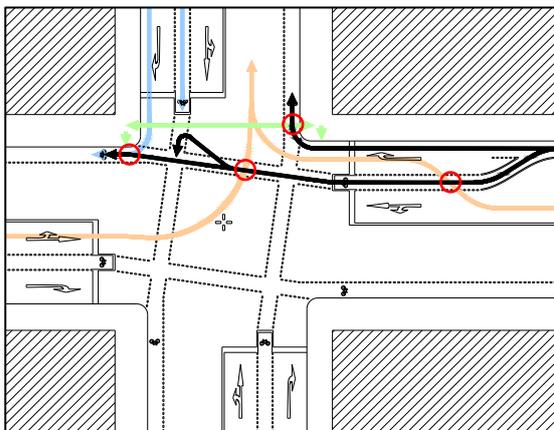


Abbildung 21: Schnittstellen auf Radfahrfurten und indirektem Linksabbiegen

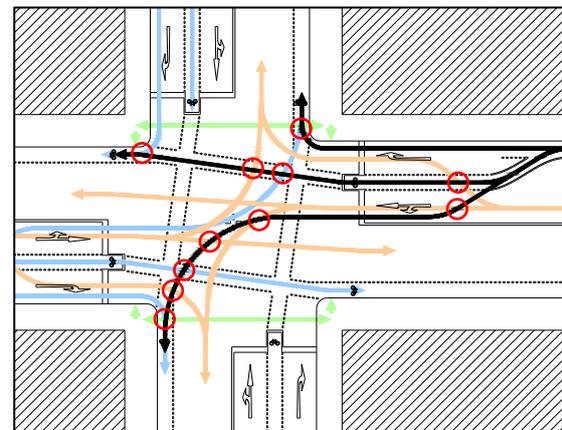


Abbildung 22: Schnittstellen auf Radfahrfurten und direktem Linksabbiegen

Durch die getrennte Führung der rechts abbiegenden Verkehrsteilnehmenden ergeben sich mehr Schnittpunkte, als bei den zuvor dargestellten Konzepten. So erhält das Konzept der Radverkehrsfurten in Kombination mit dem indirektem Linksabbiegen durch die

vier Schnittpunkte 3 Punkte. Durch die Kombination mit dem direkten Linksabbiegen ergeben sich elf Schnittpunkte, wodurch das Konzept 1 Punkt erhält.

6.1.1.4 Konfliktpunkte beim Konzept der geschützten Kreuzung

In den Niederlanden ist durch das Design der geschützten Kreuzung lediglich das indirekte Linksabbiegen möglich. Die Schnittpunkte dieser Führungsform werden in der Abbildung 23 dargestellt.

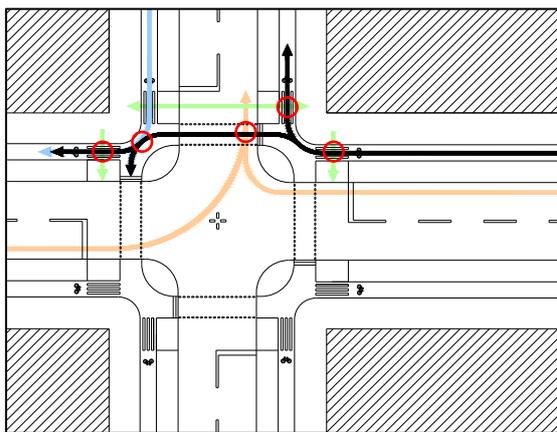


Abbildung 23: Schnittstellen auf der geschützten Kreuzung

Da sich der Fuß- und Radverkehr ohne Beeinflussung durch die Lichtsignalanlage kreuzen können, ergeben sich auch hier mehr Schnittpunkte, als bei den zu Beginn vorgestellten Konzepten. So kommen hier fünf Schnittstellen zusammen. Das ergibt eine Bewertung von 3 Punkten.

6.1.2 Sichtverhältnisse

Für die Sicherheit der Radfahrenden ist nicht nur eine gute Sichtbarkeit zum Kraftverkehr von Bedeutung, sondern auch zum Fußverkehr. Aus diesem Grund werden die Sichtbeziehungen des Kraft- und Fußverkehrs zum Radverkehr bewertet.

6.1.2.1 Sichtverhältnisse bei dem Konzept der Radwege

Auf dem Konzept der Radwege soll sich der Radverkehr während des Wartens bis zu fünf Meter vor den wartenden Kraftfahrzeugen aufstellen. So kann die erste Reihe der Kraftfahrzeuge den Radverkehr einsehen. Damit werden in dieser Situation 4 Bewertungspunkte erreicht. Kommt der Verkehr in Bewegung, funktioniert dieses Prinzip nicht mehr. Während der Fahrt können nur die Fahrzeuge, die auf dem rechten Fahrstreifen fahren, die neben sich befindliche Radverkehrsanlage einsehen. Das Einsehen erfolgt hier über die direkte Sicht nach vorn und durch die Rückspiegel indirekt nach hinten.

Kommen die Kraftfahrzeuge dem Punkt zum Abbiegen näher, kann es dazu kommen, dass Kraftfahrzeuge beim Rechtsabbiegen ihre Geschwindigkeit drosseln. So kann ein Fahrrad im toten Winkel des Fahrzeugs mitfahren und übersehen werden. Durch den Schulterblick der Person, die das Kraftfahrzeug führt, kann hier festgestellt werden, ob sich Radfahrende auf dem Radweg befinden. Das ergibt in dieser Situation 2,5 Punkte. An der Schnittstelle ergibt sich die Möglichkeit, dass Kraftfahrzeuge zum Abbiegen einschlagen. So würden die Fahrzeuge nicht mehr parallel zur Radverkehrsanlage stehen. In dieser Position wird es schwierig, den Radverkehr durch die Rückspiegel einzusehen. Auch in diesem Fall könnte durch den Schulterblick festgestellt werden, ob sich Radfahrende auf der Radverkehrsanlage befinden. So erhält auch der zweite Abschnitt 2,5 Punkte.

Wartende links abbiegende Kraftfahrzeuge können durch das System der vorgezogenen Haltelinie den Radverkehr mit einem Blick auf die andere Straßenseite sehen. So ergeben sich 4 Bewertungspunkte während der Situation des Haltens. Befindet sich der Verkehr in Bewegung, wird der Radverkehr teilweise durch den geradeaus fahrenden Gegenverkehr verdeckt. Dadurch ergeben sich 2 Punkte. Durch das Verdecken kann der Radverkehr erst am Kreuzungspunkt durch einen Blick zur Seite besser eingesehen werden. Damit werden im zweiten Abschnitt 4 Punkte erreicht.

Zu Fuß Gehende werden parallel zur Radverkehrsanlage geführt. Sie kreuzen die Radverkehrsanlage, wenn sie die Straße überqueren wollen. Bewegt sich der Rad- und Fußverkehr in entgegengesetzte Richtungen, kann der Radverkehr mit dem Blick nach vorn gut wahrgenommen werden. Dies wird mit 5 Punkten bewertet. Bewegen sich beide Verkehrsarten in dieselbe Richtung, kommt der schnellere Radverkehr aus dem Rücken des Fußverkehrs. So kann die Radverkehrsanlage, von den zu Fuß Gehenden aus dieser Richtung nur durch einen Schulterblick oder erst beim Kreuzen der Anlage eingesehen werden. Das ergibt 2 Punkte. Können die zu Fuß Gehenden ohne Halt weitergehen, kann es dazu kommen, dass die Anlage auch in einem spitzeren Winkel gekreuzt wird. Dabei gelten die zuvor beschriebenen Sichtverhältnisse. Aus diesem Grund werden sowohl in der Situation der Bewegung als auch im zweiten Abschnitt 3,5 Punkte vergeben. An der Position kurz vor dem Kreuzen der Radverkehrsanlage wartet der Fußverkehr. Dabei befindet er sich in einem 90°-Winkel zur Radverkehrsanlage, wodurch ein Blick zur Seite ausreicht, um den Radverkehr zu sehen. Dadurch werden während der Haltesituation 4 Punkte erreicht.

Werden die Ergebnisse zusammengerechnet, erreicht der erste Abschnitt in der Situation des Haltens 4 Punkte. Ist der Verkehr in diesem Abschnitt in Bewegung, werden 2,67 Punkte erreicht. Damit erhält der erste Abschnitt 3,33 Punkte. Im zweiten Abschnitt

ergeben sich 3,33 Punkte. Insgesamt erlangt das Konzept der Radwege in dieser Bewertungskategorie 3,33 Punkte.

6.1.2.2 Sichtverhältnisse bei dem Konzept der Radfahrstreifen

Bei dieser Variante hält der Radverkehr ebenfalls bis zu fünf Meter vor dem Kraftverkehr. So haben die Kraftfahrzeuge der ersten Reihe während des Haltens eine gute Sicht auf den Radverkehr. Diese Sichtbeziehung wird durch einen aufgeteilten Radfahrstreifen noch verbessert. Die Radfahrenden können sich hier direkt vor dem wartenden Kraftverkehr aufstellen. Dadurch besteht vom Kraftverkehr zum Radverkehr eine direkte Sichtbeziehung. So werden in der Haltesituation 5 Punkte erlangt. Für die links abbiegenden Fahrzeuge rückt der wartende Radverkehr so weiter in das Sichtfeld. Dadurch wird hier in derselben Situation eine Punktzahl von 4,5 erzielt. Kommt der Verkehr in Bewegung, verliert diese Einrichtung ihre Wirkung. In dieser Situation und im zweiten Abschnitt unterscheidet sich dieses Konzept nicht mehr von dem der Radwege. So werden in diesen Punkten die gleichen Bewertungen für rechts und links abbiegende Kraftfahrzeuge erreicht, wie die von dem Konzept der Radwege. Für rechts abbiegende Kraftfahrzeuge werden in beiden Bereichen 2,5 Punkte und für links abbiegende einmal 2 und 4 Punkte erreicht.

Die Radverkehrsanlage ist zwar baulich vom Gehweg getrennt, läuft aber trotzdem parallel zum Fußverkehr. Dadurch ergibt sich für die Sichtverhältnisse des Fußverkehrs dieselbe Bewertung, die auch bei dem Konzept der Radwege vergeben wurde.

Auch hier werden die Ergebnisse zusammengerechnet. Im ersten Abschnitt während des Haltens ergeben sich 4,5 Punkte, ist der Verkehr in Bewegung werden 2,67 Punkte erreicht. Der erste Abschnitt erhält so 3,54 Punkte. Im zweiten Abschnitt ergibt sich eine Punktzahl von 3,33. Insgesamt bekommt das Konzept der Radfahrstreifen in dieser Bewertung 3,46 Punkte.

6.1.2.3 Sichtverhältnisse bei der Führung im Kraftverkehr

Wird der Radverkehr am Knotenpunkt gemeinsam mit dem Kraftverkehr auf der Fahrbahn geführt, fahren die Fahrräder vor den Kraftfahrzeugen und können somit direkt eingesehen werden. So werden für die Sichtverhältnisse der Kraftfahrzeuge in jedem Abschnitt 5 Punkte erzielt. Verlagert sich der Radverkehr in den Seitenraum, entstehen dieselben Gegebenheiten wie bei der Führung im Seitenraum. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse mit denen der Radwege gemittelt. Für den Fußverkehr gilt in allen Fällen das Gleiche wie bei den Konzepten der Radwege.

Im ersten Abschnitt werden beim Warten 4,58 Punkte und während der Bewegung 3,58 Punkte erreicht. Zusammengerechnet ergibt dies für den ersten Abschnitt 4,08 Punkte. Im zweiten Abschnitt ergeben sich 3,92 Punkte. Insgesamt erlangt das Konzept der Führung des Radverkehrs im Kraftverkehr für die Sichtverhältnisse 4 Punkte.

6.1.2.4 Sichtverhältnisse bei dem Konzept der Radfahrfurten

Bei dem Konzept der Radfahrfurten wird der Radverkehr vor dem Knotenpunkt zwischen dem geradeaus fahrenden und rechts abbiegendem Kraftverkehrsstrom geführt. Die Radfahrenden ordnen sich dabei teilweise in den Strom des Kraftverkehrs ein. Durch diese Führungsform ergeben sich die gleichen Voraussetzungen für die Sichtbeziehungen wie bei der Führung im Kraftverkehr. Aus diesem Grund erhält das Konzept der Radfahrfurten auch die gleiche Bewertung von 4 Punkten.

6.1.2.5 Sichtverhältnisse bei dem Konzept der geschützten Kreuzung

Das Konzept in den Niederlanden sieht vor, dass der Radverkehr bei einer Haltephase hinter dem Übergang für zu Fuß Gehende zum Stehen kommt. Damit befindet sich der Haltepunkt des Radverkehrs deutlich vor dem des Kraftverkehrs. Die rechts abbiegenden Kraftfahrzeugführenden können so eine Sichtbeziehung zum wartenden Radverkehr aufbauen. Durch den Blick nach vorn bis hin zur rechten Seite können die Kraftfahrzeugführenden den Radverkehr wahrnehmen. Das ergibt im ersten Abschnitt in der Haltesituation 4 Punkte. Ist der Verkehr in Bewegung, kann der Radverkehr ähnlich wie bei dem Konzept der Radwege eingesehen werden. Durch die parallele, aber abgesetzte Führung wird es schwieriger für den rechts abbiegenden Kraftverkehr, die Radfahrenden durch die Spiegel wahrzunehmen. Hier kann nur mit dem Schulterblick die Radverkehrsanlage sicher eingesehen werden. Dies wird mit 2 Punkten bewertet. Das Einsehen des Radwegs ist in diesem Konzept erst am Schnittpunkt selbst vorgesehen. Durch das Verschwenken der Radverkehrsanlage, weg vom Kraftverkehr, treffen die beiden Verkehrsarten fast in einem 90° Winkel aufeinander. Durch die Verschwenkung und dem Aufstellplatz neben der Schutzinsel kann aus dem Seitenfenster des Kraftfahrzeugs die Radverkehrsanlage am Schnittpunkt eingesehen werden. Der zweite Abschnitt wird deshalb mit 4 Punkten bewertet.

Die Sichtverhältnisse für zu Fuß Gehende und links abbiegende Kraftfahrzeuge sind hier genauso wie bei dem Konzept für Radwege. Sie erhalten damit auch diese Bewertungen.

Werden die Ergebnisse zusammengerechnet, werden im ersten Abschnitt beim Halten 4 Punkte und während der Bewegung 2,5 Punkte erreicht. Zusammen ergibt dies für den

ersten Abschnitt eine Bewertung von 3,25 Punkten. Im zweiten Abschnitt ergeben sich 3,83 Punkte. Insgesamt erlangt das Konzept der gesicherten Kreuzung für die Sichtverhältnisse 3,54 Punkte.

6.1.3 Separierung

Die Bewertung der Separierung der Verkehrsarten wird nicht in verschiedene Abschnitte aufgeteilt. Dies liegt daran, dass bei plangleichen Knotenpunkten die Fahrtrichtungen der verschiedenen Verkehrsströme gekreuzt werden müssen und deshalb am Schnittpunkt keine Separierung möglich ist.

6.1.3.1 Separierung bei dem Konzept der Radwege

Durch das Heranführen der Radwege an die Fahrbahn der Kraftfahrzeuge verringert sich der Sicherheitsabstand. Da der Radweg durch Bordsteine vor dem Knotenpunkt vom Kraftverkehr getrennt ist, existiert eine bauliche Trennung zwischen den Verkehrsströmen. Bei einer indirekten Führung des links abbiegenden Radverkehrs erhält das Konzept für die Radwege deshalb 4 Punkte. Wird dem Radverkehr das direkte Linksabbiegen ermöglicht, muss dieser sich in den Kraftverkehr einordnen und ist damit nicht mehr von ihm separiert. Dies wird mit 1 Punkt bewertet. Werden die Bewertungen der einzelnen Fahrtrichtungen zusammengerechnet, ergibt dies für das Konzept der Radwege mit direktem Linksabbiegen 2,5 Punkte.

6.1.3.2 Separierung bei dem Konzept der Radfahrstreifen

Das Konzept der Radfahrstreifen wird auf der Straße neben dem Kraftverkehr angewandt. Am Knotenpunkt ist kein Sicherheitsabstand oder eine bauliche Trennung für den Radverkehr vorgesehen. So erhält dieses Konzept bei einer indirekten Führung des links abbiegenden Radverkehrs 3 Punkte. Darf der Radverkehr direkt abbiegen, muss sich dieser in den Kraftverkehr einordnen. Aus diesem Grund wird hier für den Verkehrsstrom des direkten Linksabbiegens 1 Punkt vergeben. Gemittelt mit der vorherigen Bewertung, die für die restlichen Fahrtrichtungen stehen, ergeben sich 2 Punkte.

6.1.3.3 Separierung bei der Führung im Kraftverkehr

Wird der Radverkehr mit dem Kraftverkehr zusammengeführt, müssen die Kraftfahrzeuge beim Vorbeifahren selbst entscheiden, wie viel Abstand sie zum Radverkehr einhalten. Dabei kann es dazu kommen, dass der Sicherheitsabstand unterschritten wird. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Radverkehr direkt oder indirekt links abbiegen darf. Aus diesem Grund wird für beide Varianten des Konzepts mit 1 Punkt bewertet.

6.1.3.4 Separierung bei dem Konzept der Radfahrfurten

Bei den Radverkehrsfurten verhält es sich wie bei den Radfahrstreifen. Hier kommt noch hinzu, dass vor der Einfahrt in den Knotenpunkt die Radverkehrsanlage von einer Fahrtrichtung des Kraftverkehrs gekreuzt wird. So befindet sich der Radverkehr direkt zwischen dem Kraftverkehr. Der einzige Abstand zwischen den Kraftverkehrsströmen ist die Breite des Radfahrstreifens. Eine bauliche Trennung ist nicht vorgesehen. Läuft beispielsweise die Radverkehrsfurt geradeaus weiter, muss sich der rechts abbiegende Radverkehr in den rechts abbiegenden Kraftverkehr einordnen. Beim direkten Linksabbiegen müssen sich die Radfahrenden am linken Fahrbahnrand zusammen mit dem Kraftverkehr einordnen, solange keine Linksabbiegerfurt vorhanden ist. Deshalb wird für diese Fahrtrichtungen 1 Punkt vergeben. So erhält das Konzept der Radfahrfurten bei der indirekten Linksabbiegerführung 2 Punkte und bei der direkten 1,5 Punkte.

6.1.3.5 Separierung bei dem Konzept der geschützten Kreuzung

Durch das klare Absetzen des Radwegs von der Fahrbahn des Kraftverkehrs und der baulichen Trennung durch Bordsteine wird die Einhaltung der Sicherheitsabstände gewährleistet. Durch die Schutzinsel ist eine bauliche Trennung auch im Knotenpunkt vorgesehen. Daraus ergeben sich 5 Punkte.

6.1.4 Übersichtlichkeit

Im folgenden Abschnitt wird die Übersichtlichkeit der Knotenpunktkonzepte bewertet. Wie im Bewertungsschema beschrieben ist, wird eine klare und intuitive Führung gut bewertet.

6.1.4.1 Übersichtlichkeit bei dem Konzept der Radwege

Bei den Radwegen ist die Übersichtlichkeit für den geradeaus fahrenden Radverkehr durch die ihm klar zugeordneten Flächen gegeben. Für das indirekte Linksabbiegen kann auf dem Knotenpunkt eine zum Aufstellbereich führende Markierung eingerichtet werden. Der Aufstellbereich wird ebenfalls auf dem Knotenpunkt markiert. Für den direkt links abbiegenden Radverkehr existiert keine Markierung. Für rechts abbiegende Radfahrende ist durch die kreuzende Radverkehrsanlage der Fahrweg klar ersichtlich. Daraus ergeben sich bei diesem Konzept in Kombination mit der indirekten Linksabbiegerführung 5 Punkte und bei der direkten Führung 3 Punkte.

6.1.4.2 Übersichtlichkeit bei dem Konzept der Radfahrstreifen

Bei den Radfahrstreifen existiert für den geradeaus fahrenden Radverkehr eine ihm zugeordnete Markierung die am rechten Fahrbahnrand über den Knotenpunkt führt. Für das indirekte Linksabbiegen kann wie beim Radweg auch, ein extra Aufstellbereich auf der gegenüberliegenden Straßenseite markiert werden. Ebenfalls wird eine Markierung, die zu diesem Bereich führt, angelegt. Für das direkte Linksabbiegen ist bei dieser Führungsform ein aufgeweiteter Radfahrstreifen vorgesehen. Diese Markierung ist für das Halten bestimmt und endet vor dem Kreuzungsbereich. Innerhalb des Knotenpunkts werden für den direkt links abbiegenden Radverkehr keine Markierungen angebracht. Die Fläche des aufgeweiteten Radfahrstreifens ist zwar für den Radverkehr markiert, wird aber bei einem flüssigen Verkehrsablauf vom Kraftverkehr benutzt. Dadurch ist die klare Zuordnung zum Radverkehr fraglich. Die Führung für das Rechtsabbiegen ist wie beim Radweg klar erkennbar. Daraus ergibt sich für diesen Entwurf und für beide Linksabbiegevarianten eine Bewertung von 4 Punkten.

6.1.4.3 Übersichtlichkeit bei der Führung im Kraftverkehr

Bei dieser Führungsform ist keine Markierung vorgesehen. Daraus ergibt sich bei einer indirekten und direkten Führung des links abbiegenden Radverkehrs 1 Punkt.

6.1.4.4 Übersichtlichkeit bei dem Konzept der Radfahrfurten

Bei dem Konzept der Radfahrfurten wird zur Beurteilung wieder das Beispiel aus Punkt 4.1.1.3 verwendet. Hier ergeben sich mehrere Fahrwege für die Radfahrenden. Der geradeaus fahrende und indirekt links abbiegende Radverkehrsstrom wird wie bei dem Radfahrstreifen mit einer Markierung über den Knotenpunkt geführt. Für den direkt links abbiegenden Radverkehr kann ebenfalls eine Markierung eingerichtet werden. Für rechts abbiegende Radfahrende endet bei diesem Beispiel die Markierung mit Beginn des Rechtsabbiegestreifens für den Kraftverkehr. Durch die verschiedenen Fahrmöglichkeiten ergeben sich viele Markierungen auf der Fahrbahn. Dies kann für alle Fahrzeugführenden Unklarheiten hinsichtlich der Führung hervorrufen. Die Radfahrfurten erhalten aus diesem Grund für beide Führungen 2 Punkte.

6.1.4.5 Übersichtlichkeit bei dem Konzept der geschützten Kreuzung

Bei diesem Design gibt es nur eine Führung über den Knotenpunkt. Links abbiegende Radfahrende benutzen denselben Weg, wie die Geradeausfahrenden. Rechts abbiegende Radfahrende folgen dem kreuzenden Radweg. Durch diese Maßnahme ist es

besonders für den Kraftverkehr, aber auch für die anderen Verkehrsteilnehmenden klar ersichtlich, wie der Radverkehr geführt wird. Daraus ergeben sich 5 Punkte.

6.2 Bewertung des Komforts

Die Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse der Bewertung des Komforts der einzelnen Konzepte. Deutlich wird hier, dass die direkte Führung der links abbiegenden Radfahrenden besser bewertet wurde als die indirekte Alternative.

Tabelle 21: Ergebnisse der Bewertung des Komforts

Bewertungen	Radweg		Radfahrstreifen		Mit Kfz geführt		Radfahrfurten		Geschützte Kreuzung
	i.	d.	i.	d.	i.	d.	i.	d.	
Wartezeit	2	4	2	4	2	4	2	4	3
Geometrische Veränderungen	2	3	3,5	4	5	5	2	3	4
Aufstellplätze	2	2	5	5	1	1	2	2	3,5
Endergebnis	2	3	3,5	4,33	2,67	3,33	2	3	3,5

Die Bewertungen der Unterpunkte werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

6.2.1 Bewertung der Wartezeit

Die Wartezeit ist abhängig von der Anzahl der Haltepunkte und ihrer Verweildauer. Dies ist wiederum abhängig davon, welche Fahrtwege genutzt werden können. Dabei ist es irrelevant, über welche Radverkehrsanlage der Radverkehr geführt wird. Deshalb wird hier lediglich auf die direkte und indirekte Führung der links abbiegenden Radfahrenden eingegangen. Ebenfalls werden die Regelungen für das Rechtsabbiegen einbezogen.

Beim Geradeausfahren ergibt sich bei allen Konzepten dasselbe Bild. Vor dem Überqueren der Kreuzung befindet sich eine mögliche Halteposition an der Lichtsignalanlage. Erst wenn diese die Kreuzung frei gibt, darf gefahren werden.

Beim indirekten Linksabbiegen wird der Vorgang auf zwei Freigabezeiten aufgeteilt. Dadurch entstehen zwei mögliche Positionen, an denen gewartet werden muss. Der erste Halt entsteht hier wie beim Geradeausfahren an der Lichtsignalanlage. Nach dem Überqueren der Fahrbahn und vor dem eigentlichem Linksabbiegen muss wieder an der Lichtsignalanlage gewartet werden. Hier muss auf die Freigabe durch das Lichtsignal gewartet werden.

Beim direkten Linksabbiegen ergeben sich zwei Punkte, an denen möglicherweise gehalten werden muss. Der erste Halt ist wieder wie beim Geradeausfahren an der Lichtsignalanlage. Der zweite Halt kommt durch das Gewähren der Vorfahrt gegenüber dem entgegenkommenden Verkehr zustande. Hier muss nicht angehalten werden, wenn der Fahrweg frei ist.

Bei Radwegen, Radfahrstreifen und Radverkehrsfurten sowie bei der Führung mit dem Kraftverkehr kann durch einen grünen Pfeil, der unter Punkt 3.1.1.4 beschrieben wurde, das Rechtsabbiegen dauerhaft erlaubt werden. Ist der Knotenpunkt durch die Lichtsignalanlage nicht freigegeben, muss erst an der Haltelinie gestoppt werden, bevor weitergefahren werden darf. Bei der Führung auf der geschützten Kreuzung ist die Haltelinie hinter der Möglichkeit zum Rechtsabbiegen. Dadurch kann der rechts abbiegende Radverkehr weiterfahren, ohne zu stoppen. Sie müssen aber auf den kreuzenden Fußverkehr achten.

Radwege, Radfahrstreifen, Radverkehrsfurten und die Führung mit dem Kraftverkehr erhalten so mit der Regelung des grünen Pfeils beim indirekten Linksabbiegen eine Bewertung von 2 Punkten und bei der direkten Führung eine Bewertung von 4 Punkten. Das Konzept der geschützten Kreuzung erhält 3 Punkte.

6.2.2 Bewertung der geometrischen Veränderungen

Bei den geometrischen Veränderungen innerhalb der Konzepte werden Verschenkungen und die Kurvenradien der abbiegenden Radfahrenden betrachtet.

6.2.2.1 Geometrische Veränderungen bei dem Konzept der Radwege

Bei dieser Führung wird die Radverkehrsanlage gerade über den Knotenpunkt geführt, wodurch keine Kurven entstehen. Lediglich bei den Radwegen, die separiert von der Fahrbahn des Kraftverkehrs geführt werden, kommt es zu einer Verschwenkung. Da zehn Meter vor dem Knotenpunkt der Radweg zur Fahrbahn geschwenkt wird, ist ausreichend Platz für größere Kurvenradien. Durch die dichte Führung der Radwege am Fußverkehr können beim Rechtsabbiegen keine großen Radien gefahren werden, ohne den Gehweg mit zu benutzen. Beim indirekten Linksabbiegen sind ebenfalls sehr enge Kurven vorgesehen. So erhält das Konzept der Radwege hier 2 Punkte. Beim direkten Linksabbiegen schwenkt der Radverkehr zum linken Fahrbahnrand und fährt zusammen mit dem Kraftverkehr nach links. Dadurch können große Radien gefahren werden. In Kombination mit dem direkten Linksabbiegen erhält das Konzept 3 Punkte.

6.2.2.2 Geometrische Veränderungen bei dem Konzept der Radfahrstreifen

Dadurch, dass das Konzept der Radfahrstreifen wie das Konzept der Radwege im Seitenraum geführt wird, ergeben sich dieselben Kurvenradien für den abbiegenden Radverkehr. Da das Konzept auf der Fahrbahn geführt wird, muss die Radverkehrsanlage nicht verschwenkt werden. So werden hier in Kombination mit dem indirekten Linksabbiegen 3,5 Punkte und in Kombination mit dem direkten Linksabbiegen 4 Punkte vergeben.

6.2.2.3 Geometrische Veränderungen bei der Führung im Kraftverkehr

Wird der Radverkehr im Kraftverkehr geführt, ergeben sich keine Verschwenkungen. Zudem können alle Abbiegevorgänge mit großen Kurvenradien vollzogen werden. Dies wird mit 5 Punkten bewertet.

6.2.2.4 Geometrische Veränderungen bei dem Konzept der Radfahrfurten

Bei den Radfahrfurten ergibt sich das gleiche Bild, wie bei den Radfahrstreifen. Lediglich der Fahrweg der Radfahrenden, die der Radfahrfurt folgen, wird leicht verschwenkt. Dies kann in großen Radien erfolgen. So erhält dieses Konzept bei der Führung des indirekten Linksabbiegens 2 Punkte und bei der direkten Führung 3 Punkte.

6.2.2.5 Geometrische Veränderungen bei dem Konzept der geschützten Kreuzung

Durch die verschwenkte Führung der Radverkehrsanlage nach dem Übergang des Fußverkehrs können die abbiegenden Radfahrenden in jede Richtung große Kurvenradien fahren. So erhält das Design der geschützten Kreuzung 4 Punkte.

6.2.3 Bewertung der Aufstellplätze

Ist nur wenig Verkehr vorhanden, gibt es ausreichend Platz zum Aufstellen. Existiert am Knotenpunkt ein hohes Verkehrsaufkommen, sind für ein ungehindertes Losfahren Aufstellplätze von Nöten. Aus diesem Grund wird in der Bewertung von einem stark befahrenen Knotenpunkt ausgegangen.

6.2.3.1 Aufstellplätze bei dem Konzept Radwege

Die Fläche für Radfahrende auf Radwegen ist sehr begrenzt. Hier kann nur die Breite des Wegs zum Aufstellen genutzt werden. Es können sich so nur zwei Radfahrende mit Mühe nebeneinander aufstellen. Dadurch stauen sich ankommende Radfahrende auf.

Indirekt abbiegende Radfahrende haben auf der gegenüberliegenden Straßenseite einen eigenen Aufstellbereich. Dieser besitzt die gleichen Maße wie der für den geradeaus fahrenden Radverkehr. Für dieses Konzept ergibt sich daraus eine Bewertung von 2 Punkten.

6.2.3.2 Aufstellplätze bei dem Konzept der Radfahrstreifen

Bei den Radfahrstreifen ergibt sich zunächst dasselbe Bild, wie bei den Radwegen. Durch die Aufweitung des Radfahrstreifens kann aber den Radfahrenden ausreichend Platz zum Warten zur Verfügung gestellt werden. Da der Bereich über die gesamte Breite der Fahrbahn des Kraftverkehrs geht, können sich Radfahrende über diese Breite aufstellen. Dabei kann für jede Fahrtrichtung ein Bereich der Fläche genutzt werden. Das Konzept der Radfahrstreifen erhält dadurch 5 Punkte.

6.2.3.3 Aufstellplätze bei der Führung im Kraftverkehr

Wird der Radverkehr mit dem Kraftverkehr geführt, sind keine markierten Aufstellflächen für den Radverkehr vorgesehen. Die Radfahrenden müssen so hinter dem vorausfahrenden Kraftverkehr warten und können nicht vorbeifahren. Dadurch erhält dieses Konzept 1 Punkt.

6.2.3.4 Aufstellplätze bei dem Konzept der Radfahrfurten

Bei den Radverkehrsfurten sind die verschiedenen Fahrtrichtungen voneinander getrennt. Zum Aufstellen steht die Breite der Furt zur Verfügung, wodurch sich das gleiche Bild ergibt, wie bei den Radwegen. Rechtsabbiegende Radfahrende haben keinen eigenen Aufstellbereich. So wird bei dieser Bewertung die Führung im Kraftverkehr mit einbezogen. Die Radfahrfurt wird mit 3 Punkten bewertet. Das gemittelte Ergebnis beträgt somit 2 Punkte.

6.2.3.5 Aufstellplätze bei dem Konzept der geschützten Kreuzung

Hier entsteht durch die Art der Führung ein separierter Aufstellbereich für den gerade ausfahrenden und links abbiegenden Radverkehr. Rechts abbiegende Fahrräder benötigen keine Aufstellfläche. Sie können ohne Halt weiterfahren. Der Bereich kann dieselbe Breite wie die Radverkehrsanlage besitzen. Dadurch können sich mehrere Radfahrende aufstellen. Durch das Abbiegen des rechts fahrenden Radverkehrs vor dem Aufstellbereich könnte dieser durch einen Rückstau bei einem erhöhten Radverkehrsaufkommen behindert werden. Daraus ergibt sich eine Bewertung von 3,5 Punkten.

6.3 Auswertung

In der nachfolgenden Tabelle 22 werden die Ergebnisse aller Konzepte gegenüber gestellt.

Tabelle 22: Auswertung der Ergebnisse

Bewertungen	Gewichtung	Radweg		Radfahrstreifen		Mit Kfz geführt		Radfahrfurten		Geschützte Kreuzung
		i.	d.	i.	d.	i.	d.	i.	d.	
Sicherheit	2	4,08	2,83	3,61	2,95	2,5	2	2,67	1,83	4,14
Komfort	1	2	3	3,5	4,33	2,67	3,33	2	3	3,5
Endergebnis		3,39	2,89	3,58	3,41	2,56	2,44	2,44	2,22	3,92

Insgesamt ist zu erkennen, dass die direkte Führung des links abbiegenden Radverkehrs in der Kategorie Komfort klar vor der indirekten Führung liegt. Wird die Sicherheit betrachtet, kehrt sich dieses Bild um. Hier ist die indirekte Führung klar vorne.

Wird der Radverkehr auf der Fahrbahn des Kraftverkehrs geführt, geht dies trotz der guten Sichtverhältnisse zu Lasten der Sicherheit für den Radverkehr. Aus diesem Grund schneiden auch die Konzepte der Radfahrfurten und der gemeinsamen Führung mit dem Kraftverkehr am schlechtesten ab. Werden die Ströme des Rad- und Kraftverkehrs getrennt geführt, wirkt sich dies positiv auf die Bewertung der Sicherheit aus. So sind die Führungen im Seitenraum und das Design der geschützten Kreuzung am besten bewertet. Die Konzepte der Radwege und Radfahrstreifen liegen im Bewertungsschema fast gleichauf. Dies liegt daran, dass entweder die Sichtverhältnisse oder der Abstand zum Kraftverkehr nicht ausreichend sind. Bei der Variante der geschützten Kreuzung wird darauf geachtet, dass trotz der Trennung der Verkehrsarten an den entscheidenden Punkten gute Sichtverhältnisse herrschen. Durch die verschwenkte Führung kann am Schnittpunkt die gesamte Radverkehrsanlage leicht eingesehen werden. So wurde das Konzept der Niederlande etwas besser bewertet, als das der Führungen im Seitenraum.

Die Betrachtung der Beeinträchtigung anderer Verkehrsteilnehmenden und speziell der des Fußverkehrs könnten sich aber negativ auf die Variante der geschützten Kreuzung auswirken. Bei diesem Konzept stellt sich die Frage, wie hoch der bauliche Aufwand ist und wie gut es sich mit der deutschen Rechtslage verträgt.

7. Anwendung

Das Konzept der gesicherten Kreuzung hat in der Bewertung das beste Ergebnis erzielt. Um die Vorteile dieses Konzepts zu verdeutlichen, wird es exemplarisch an einem Knotenpunkt in Berlin angewandt.

7.1 Auswahl eines Knotenpunkts

Für die Auswahl eines Knotenpunkts gibt das Berliner Mobilitätsgesetz eine Vorgehensweise vor, die unter Punkt 3.1.2.2 beschrieben wird. So muss durch die Unfallstatistiken ein Knotenpunkt gefunden werden, der durch sein Gefahrenpotenzial eine Umplanung notwendig macht. Um eine engere Auswahl zu treffen, werden die Unfälle pro Bezirk betrachtet. In der folgenden Abbildung 24 werden die Fahrradunfälle je Bezirk im Jahr 2018 dargestellt.

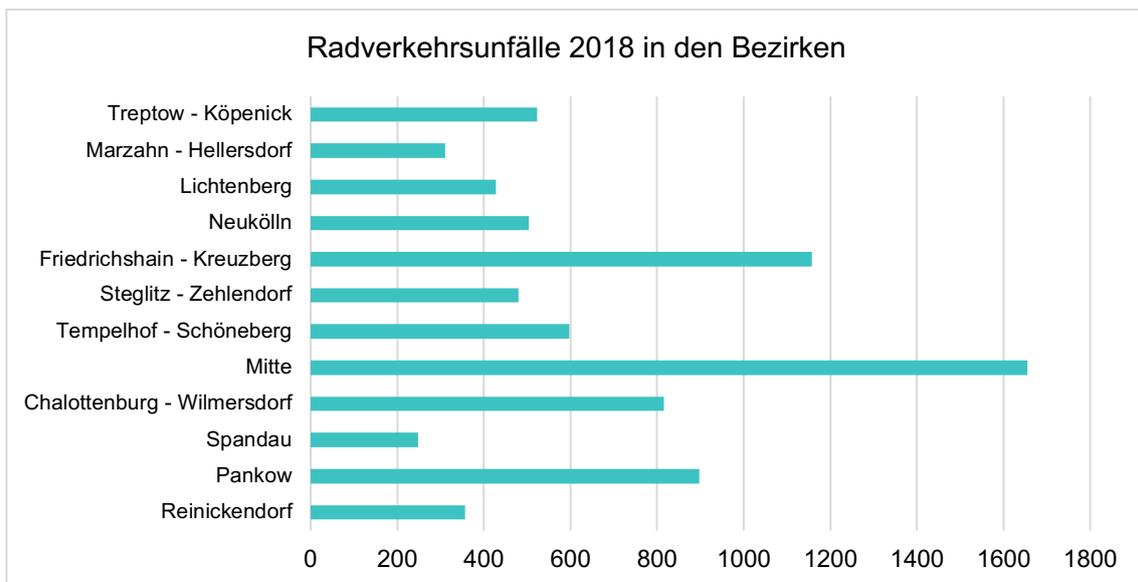


Abbildung 24: Radverkehrsunfälle nach Bezirken 2018 (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019)

In der Abbildung ist klar erkennbar, dass es in den Bezirken Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg vermehrt zu Unfällen kommt. Aus diesem Grund wird angenommen, dass die Knotenpunkte mit den meisten Unfällen aus diesen Bezirken kommt. Die Unfallstatistiken zeigen, dass der Kreisverkehr am U-Bahnhof Kottbuser Tor, mit 21 verunglückten Radfahrenden der Knotenpunkt mit den meisten Radverkehrsunfällen im Jahr 2018 war. Kurz darauf folgte die Kreuzung Otto-Braun-Straße, Alexanderstraße, Karl-Marx-Allee im Osten des Alexanderplatzes mit 18 Radverkehrsunfällen (Der Polizeipräsident in Berlin, 2019).

Da der Kreisverkehr am Kottbuser Tor durch seine Lage und Führung ein komplexer Knotenpunkt ist, kann eine standardisierte Umgestaltung nicht angewandt werden. Aus

diesem Grund wird die Kreuzung am Alexanderplatz für die exemplarische Umgestaltung vorgesehen.

7.2 Bestandsaufnahme

Der Knotenpunkt am Alexanderplatz ist eine vierarmige Kreuzung im Bezirk Mitte von Berlin. An diesem Knotenpunkt treffen aus der nordöstlichen Richtung die Otto-Braun-Straße, aus südöstlicher Richtung die Karl-Marx-Allee und aus südwestlicher sowie aus nordwestlicher Richtung die Alexanderstraße aufeinander. Im Westen schließt der Alexanderplatz an den Knotenpunkt an. Vom Nordosten zum Südwesten führt eine Unterführung unter dem Knotenpunkt hindurch (GDI-BE, 2017).

7.2.1 Verkehrsaufkommen

An dem ausgewählten Knotenpunkt treffen die Bundesstraßen 1, 2, und 5 aufeinander. Damit ist diese Kreuzung Teil des Bundesstraßennetzes. Die Karte des Umweltatlas, die in Abbildung 25 dargestellt ist, zeigt Verkehrsmengen am ausgewählten Knotenpunkt. Es ist erkennbar, dass im Jahr 2014 in diesem Bereich ein maximales Verkehrsaufkommen von 30.000 Kraftfahrzeugen pro Tag auftritt. Zum Vergleich kam es im selben Jahr auf der A100 am Dreieck Funkturm zu einer Verkehrsstärke von 100.000 Kraftfahrzeugen pro Tag (GDI-BE, 2017).

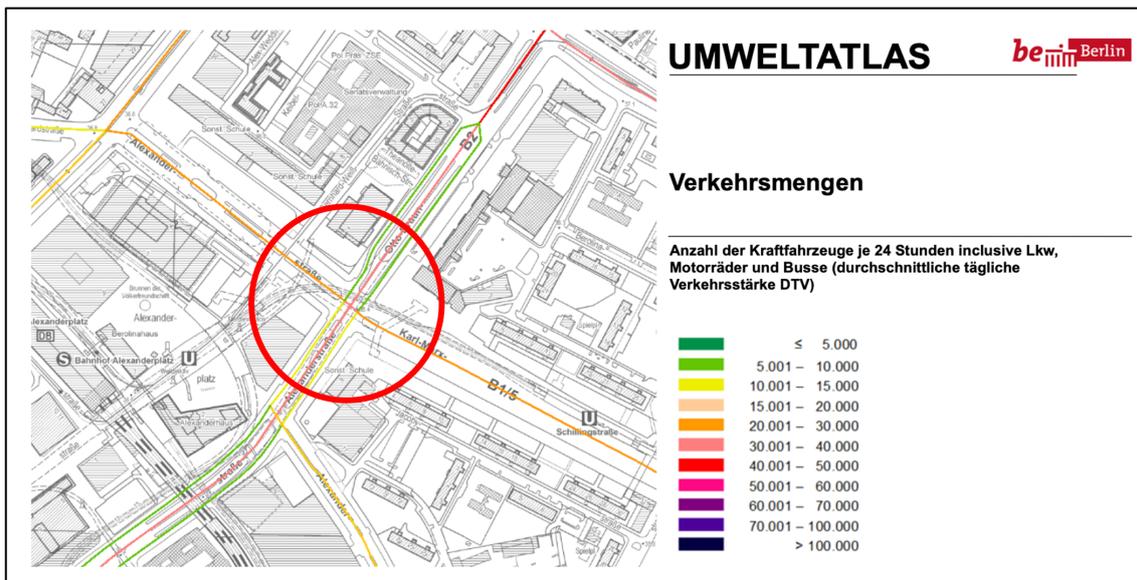


Abbildung 25: Kraftverkehrsstärke 2014 (GDI-BE, 2017)

7.2.2 Baulicher Bestand

Durch das hohe Verkehrsaufkommen sind die Fahrbahnen des Kraftverkehrs sehr breit ausgebaut. Auch die Mittelstreifen und Gehwege sind sehr breit gehalten. Die Randbebauung ist sehr offen gestaltet. So ergeben sich am Knotenpunkt mehrere Freiflächen, die teilweise begrünt sind. Die nachfolgende Abbildung 26 zeigt die aktuelle Gestaltung der Kreuzung. Zur Verdeutlichung der Führung des Radverkehrs wurde die Radverkehrsanlage blau straffiert.

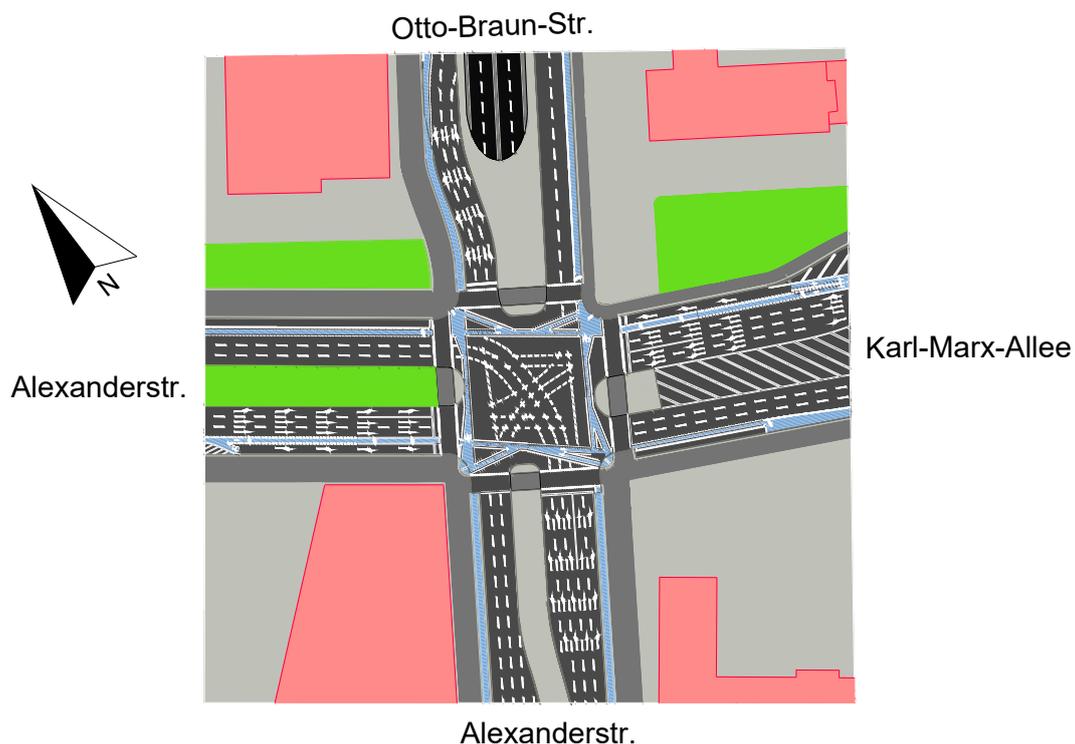


Abbildung 26: Überblick der ausgewählten Kreuzung (eigene Darstellung nach GDI-BE, 2018)

Im Nordosten befindet sich die Otto-Braun-Straße. Vor dem Knotenpunkt wird die Straße zu einer Unterführung abgesenkt. Diese führt den nach Süden weiterfahrenden Kraftverkehr am Knotenpunkt vorbei. Aus dieser Richtung kommen drei Fahrstreifen des Kraftverkehrs am Knotenpunkt an. Dabei ist der linke Fahrstreifen ein Abbiegestreifen, der mittlere Fahrstreifen führt geradeaus weiter und auf dem rechten Fahrstreifen kann geradeaus und nach rechts gefahren werden. Der Radverkehr wird hier auf einem abgesetzten Radweg geführt. Auf der anderen Seite der Straße führen zwei Fahrstreifen des Kraftverkehrs vom Knotenpunkt weg. Zwischen dem rechten Fahrstreifen und dem Gehweg ist ein Radfahrstreifen eingerichtet. Die Straße wird durch einen gepflasterten Mittelstreifen geteilt. Auf ihm befindet sich eine Mittelinsel für den Fußverkehr. Durch eine Verschwenkung der westlichen Straßenseite hin zur Mitte, wird der Abstand der beiden Straßenseiten verkürzt. In Abbildung 27 ist der Querschnitt der Otto-Braun-Straße dargestellt.

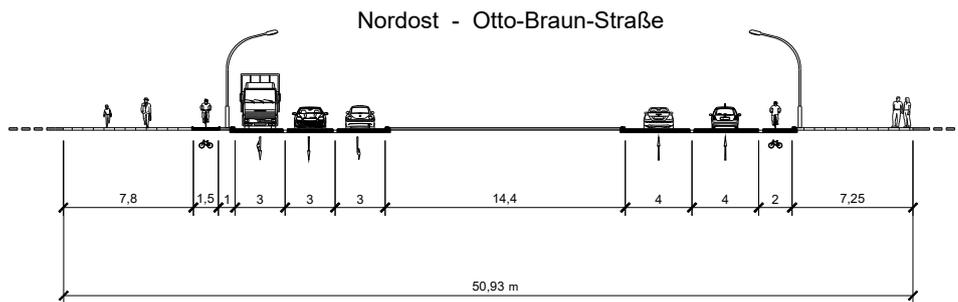


Abbildung 27: Aktueller Querschnitt im Nordosten - Otto-Braun-Straße

Von Südosten führt die Karl-Marx-Allee zur Kreuzung. In beide Richtungen existieren drei Fahrstreifen. Die nördliche Straßenseite teilt sich auf in zwei Linksabbiegestreifen, zwei Geradeausfahrstreifen und einen Rechtsabbiegestreifen. Der Radverkehr wird hier auf einer Radfahrfurt zwischen dem rechts abbiegendem und geradeaus fahrenden Kraftverkehr geführt. Auf der südlichen Straßenseite ist direkt hinter dem Knotenpunkt im Seitenraum ein Parkstreifen markiert. Dort darf in Längsrichtung geparkt werden. Der Radverkehr wird auf einem Radfahrstreifen zwischen dem rechten Fahrstreifen und dem Parkstreifen geführt. Die Straße wird hier durch eine Mittelinsel des Fußverkehrs unterteilt. In einer Entfernung von ungefähr zehn Metern wird die Mittelinsel aufgelöst und die Straße ist durchgängig asphaltiert. Der Abstand der beiden Fahrtrichtungen bleibt durch Markierungen bestehen. Durch die offene Bauweise existiert bei beiden Gehwegen an den Seiten eine Freifläche. Abbildung 28 zeigt den Querschnitt der Karl-Marx-Allee.

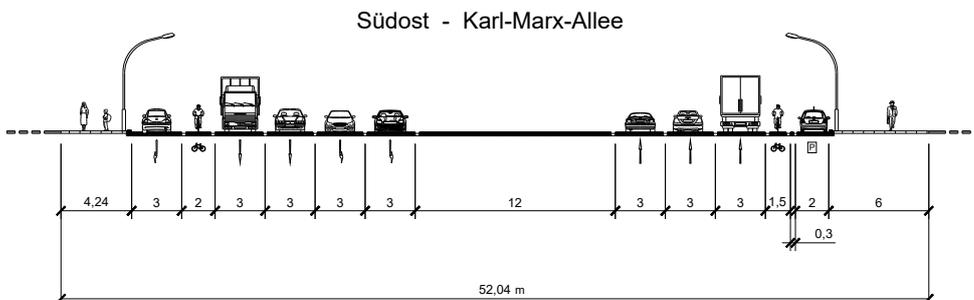


Abbildung 28: Aktueller Querschnitt im Südosten - Karl-Marx-Allee

Die Alexanderstraße kommt aus dem Südwesten. Die drei Kraftfahrstreifen, die am Knotenpunkt ankommen, werden auf drei Linksabbiegestreifen, ein geradeaus Fahrstreifen und ein Rechtsabbiegestreifen aufgeteilt. Auf der anderen Straßenseite führen drei Fahrstreifen vom Knotenpunkt weg. Der Radverkehr wird auf beiden Seiten auf einem leicht abgesetzten Radweg geführt. Durch den breiten Mittelstreifen ergibt sich eine breite Mittelinsel für zu Fuß Gehende. In der Abbildung 29 wird der Querschnitt der Alexanderstraße aus dem Südwesten dargestellt.

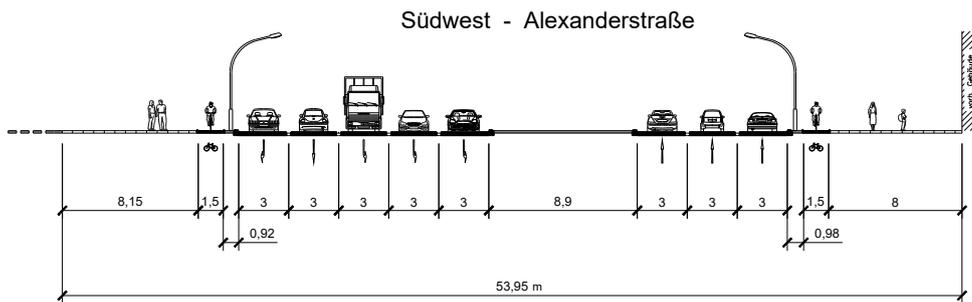


Abbildung 29: Aktueller Querschnitt im Südwesten - Alexanderstraße

In nordwestliche Richtung wird die Alexanderstraße weitergeführt. Auf jeder Straßenseite befinden sich drei Fahrstreifen und in der Mitte befindet sich eine Grünfläche. Die Fahrstreifen der südlichen Straßenseite teilen sich am Knotenpunkt auf einen Rechts- und einen Linksabbiegerstreifen und zwei Fahrstreifen, die geradeaus weiterführen, auf. Auf dieser Straßenseite wird der Radverkehr auf einer Radfahrfurt zwischen dem Rechtsabbiegerstreifen und dem Geradeausfahrstreifen geführt. Auf der nördlichen Straßenseite existieren im Seitenraum längs zur Fahrtrichtung Parkmöglichkeiten für Kraftfahrzeuge. Zwischen dem Parkstreifen und der Fahrbahn für den Kraftverkehr wird der Radverkehr auf einem Radfahrstreifen geführt. Die folgende Abbildung 30 stellt den aktuellen Querschnitt der Alexanderstraße aus dem Nordwesten dar.

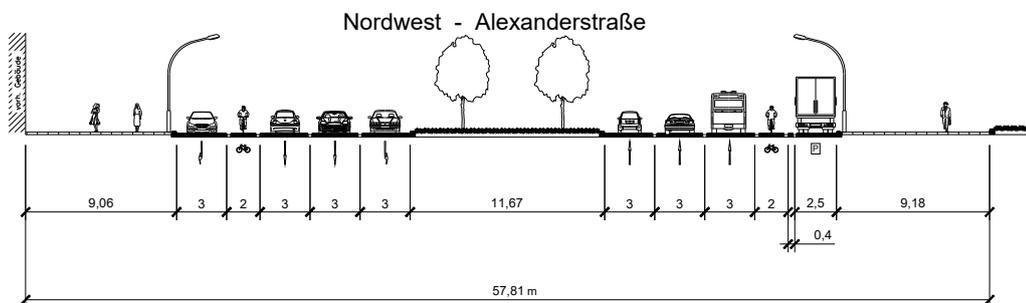


Abbildung 30: Aktueller Querschnitt im Nordwesten - Alexanderstraße

Im Kreuzungsbereich sind für den geradeaus fahrenden Kraftverkehr Markierungen angebracht. Für die links abbiegenden Kraftfahrzeuge aus Südost, Südwest und Nordwest sind ebenfalls Markierungen installiert. Für den geradeaus fahrenden und indirekt links abbiegenden Radverkehr sind auf der Fahrbahn ebenfalls Markierungen angebracht. Genauso sind im nördlichen Teil des Knotenpunkts Haltelinien für die indirekten Linksabbiegenden auf der Fahrbahn angelegt. Im südlichen Teil ist ein links abbiegender Radweg auf dem Gehweg installiert. Eine farbliche Markierung der Radverkehrsanlage liegt nicht vor. In der folgenden Abbildung 31 wird der aktuelle Kreuzungsbereich detaillierter

dargestellt. Zu besserer Wahrnehmung ist auch hier die Radradverkehrsanlage blau straffiert.

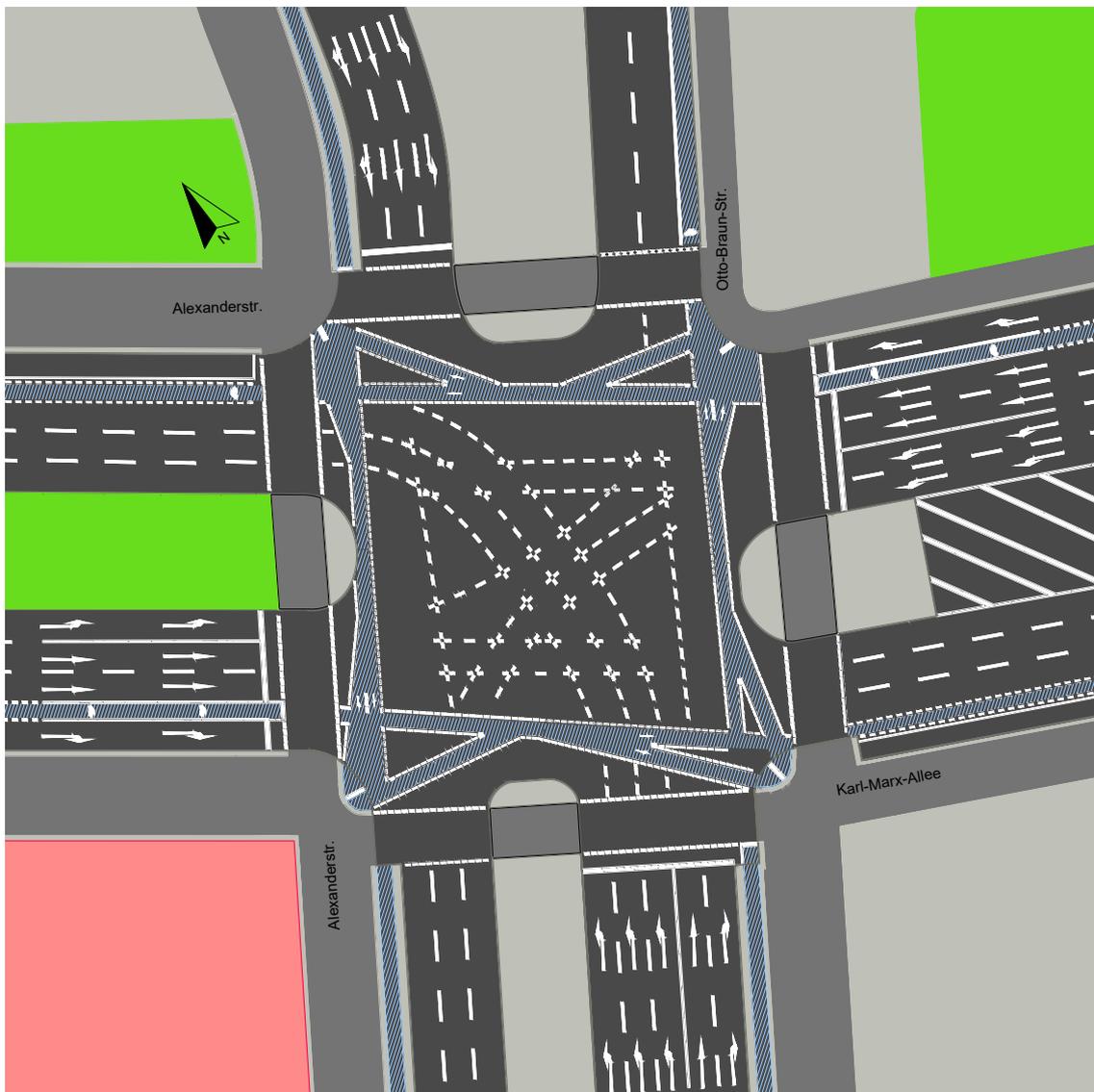


Abbildung 31: Detailansicht der ausgewählten Kreuzung (eigene Darstellung nach GDI-BE 2018)

7.3 Umgestaltung

Bei dem existierenden Konzept wird der Radverkehr hauptsächlich ohne bauliche Trennung zum Kraftverkehr geführt. Für die Umgestaltung des Knotenpunkts zum Konzept der geschützten Kreuzung müssen deshalb einige Maßnahmen ergriffen werden. Dabei wird die Radverkehrsanlage verlegt und der zusätzliche Platzbedarf von den Verkehrsflächen der andern Verkehrsarten gewonnen.

7.3.1 Veränderung der Radverkehrsanlage

An den Fahrbahnen, die zum Knotenpunkt hinführen müssen, mögliche Sichthindernisse auf einer Entfernung von 20 Metern vor dem Knotenpunkt entfernt werden. Dies soll den Raum für die Sichtachsen freihalten. Zudem wird die Radverkehrsanlage in diesem Abschnitt mit einem geringen Abstand von 0,5 Meter parallel zum Kraftverkehr geführt. Diese Maßnahme ist bei dem ursprünglichen Konzept nicht vorgesehen, wird hier aber umgesetzt, um der Vorgabe der ERA, die unter Punkt 3.2.2.3 beschrieben sind, zu entsprechen.

Vor der Haltelinie für den Kraftverkehr muss die Radverkehrsanlage 2,5 Meter von der Fahrbahn abgesetzt werden. Dadurch kann ein Aufstellbereich für den Fußverkehr zwischen der Radverkehrsanlage und der Fahrbahn für den Kraftverkehr entstehen. Hinter der Aufstellfläche des Fußverkehrs trifft der von links kreuzende Radverkehr auf die Radverkehrsanlage. An dieser Stelle wird die Radverkehrsanlage etwas weiter von der Fahrbahn weg geführt. So treffen die beiden Radwege in einem spitzen Winkel aufeinander und die Verkehrsströme werden fast parallel zusammengeführt. Dadurch wird das Einordnen der Radfahrenden vereinfacht.

Am Ende der Verschwenkung teilt sich die Fahrbahn der Radverkehrsanlage wieder in zwei Fahrtrichtungen auf. Eine Richtung führt geradeaus auf die andere Straßenseite, wo sie auf die dortige Radverkehrsanlage trifft. Die andere Richtung wird in einem Bogen nach rechts weitergeführt. Der geradeaus führende Radweg wird parallel zum Übergang für Fußverkehr über die Straße geführt. Kurz vor dem Befahren der Fahrbahn des Kraftverkehrs wird die Haltelinie für den Radverkehr eingerichtet. Im Bereich des Mittelstreifens wird die Radverkehrsanlage, wie der Übergang des Fußverkehrs, durch eine längliche Schutzinsel vom Kraftverkehr abgetrennt. Der rechts abbiegende Radweg wird in einem Abstand von 2,5 Metern zur Fahrbahn der Kraftfahrzeuge geführt. Dadurch entsteht wieder eine Aufstellfläche für zu Fuß Gehende. Durch das Absetzen des rechtsabbiegenden Radweges entsteht neben der Aufstellfläche eine Wartenische. Diese Nische können indirekt links abbiegende und geradeaus fahrende Radfahrende zum Warten nutzen.

Durch die Verschwenkung entsteht die charakteristische Schutzinsel. Sie ist durch Bordsteine klar von der Fahrbahn abgegrenzt. Durch die Schutzinsel wird der rechts abbiege Radius des Kraftverkehrs auf zehn Meter begrenzt. Der Radius für den Radverkehr beträgt fünf Meter. Neben der Schutzinsel können sich auf der einen Seite abbiegende Kraftfahrzeuge und auf der anderen Seite Radfahrende aufstellen. Dieses Prinzip wiederholt sich an jeder Ecke der Kreuzung. Dabei variieren die Radien der Schutzinseln.

Die weg- und hinführenden Radwege haben eine Breite von zwei Metern. Sie sind räumlich und baulich durch Bordsteine vom Kraftverkehr getrennt. Die Radwege neben den Aufstellbereichen des Fußverkehrs werden auf 1,5 Meter verengt und die Bordsteine abgesenkt. Dies soll das Überholen der Radfahrenden verhindern und zu Fuß Gehenden das Überqueren erleichtern. Innerhalb des Knotenpunkts sind die Radwege 2,5 Meter breit. Im gesamten Knotenpunktbereich befindet sich die Radverkehrsanlage auf demselben Niveau wie die Fahrbahn des Kraftverkehrs. An den Schnittstellen wird sie farblich markiert. Bei den Übergängen des Fußverkehrs soll zusätzlich ein Fahrradpiktogramm angebracht werden. Durch das Verkehrszeichen 237 (Radweg) soll zur Benutzung der Radverkehrsanlage verpflichtet werden. Auch erhält der Radverkehr an der Haltelinie ein eigenes Lichtsignal, das dem Lichtsignal des Kraftverkehrs vorgeschaltet ist. Die Abbildung 32 zeigt den ungeplanten Knotenpunkt.

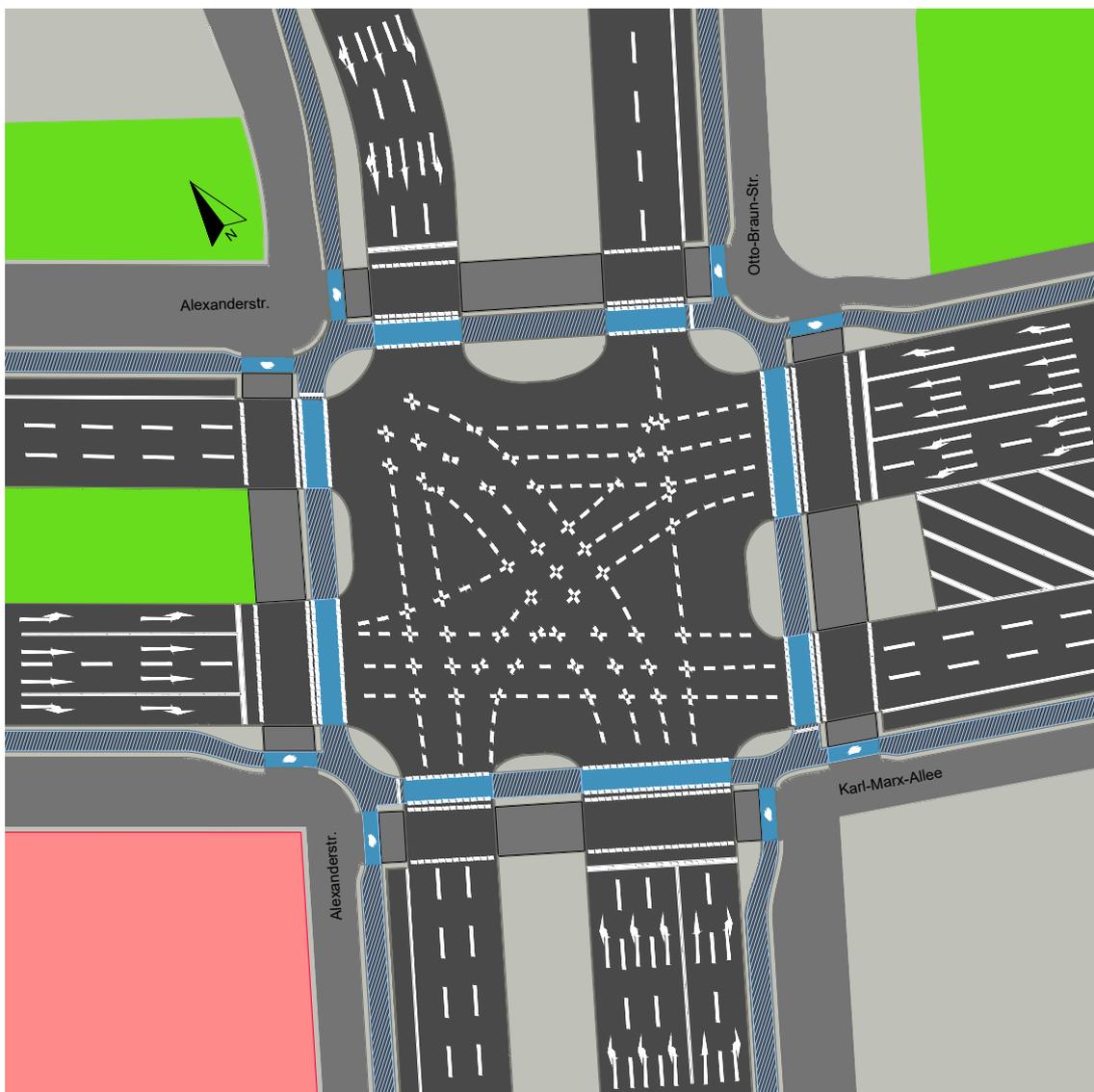


Abbildung 32: Die ausgewählte Kreuzung nach der Umgestaltung

7.3.2 Veränderungen für die anderen Verkehrsarten

Durch das hohe Verkehrsaufkommen der Kraftfahrzeuge wird der benötigte Platz nicht von dem Kraftverkehr abgezogen. Aus diesem Grund wird der Gehweg verengt. Um die breiten Radwege innerhalb des Knotenpunkts zu realisieren, wurden die Haltelinien der Kraftfahrzeuge sowie die Übergänge des Fußverkehrs weiter zurückgesetzt. Die Schutzinseln verkleinern die möglichen Kurvenradien der Kraftfahrzeuge. Durch die Breite der Straße können aber längere Fahrzeuge, die einen größeren Kurvenradius haben, weiter ausschwenken, damit sie um die Kurve fahren können. Auf den Straßen, die vom Knotenpunkt wegführen, entstehen hinter den Aufstellflächen des Fußverkehrs Freiflächen, die unterschiedlich genutzt werden können. Die Abbildungen 33 bis 36 zeigen die umgestalteten Querschnitte der Knotenpunktarme, sechs Meter entfernt von der Haltelinie des Kraftverkehrs

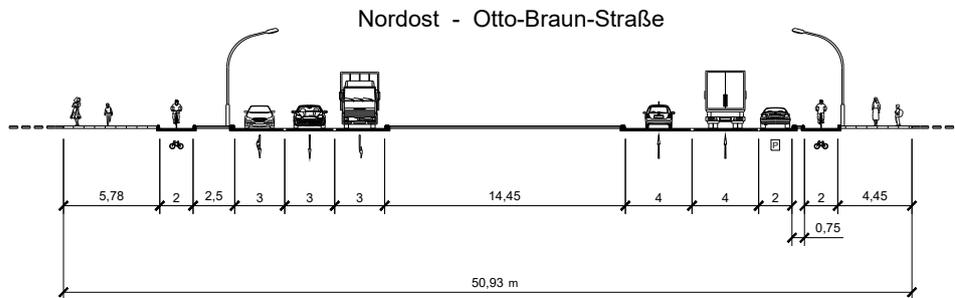


Abbildung 33: Querschnitte der Straße im Nordosten nach der Umplanung

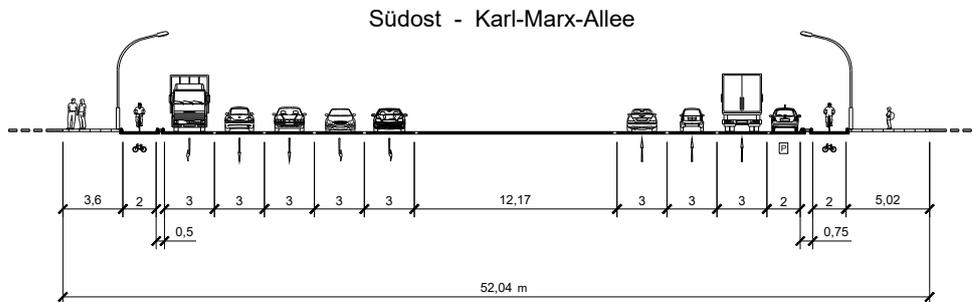


Abbildung 34: Querschnitte der Straße im Südosten nach der Umplanung

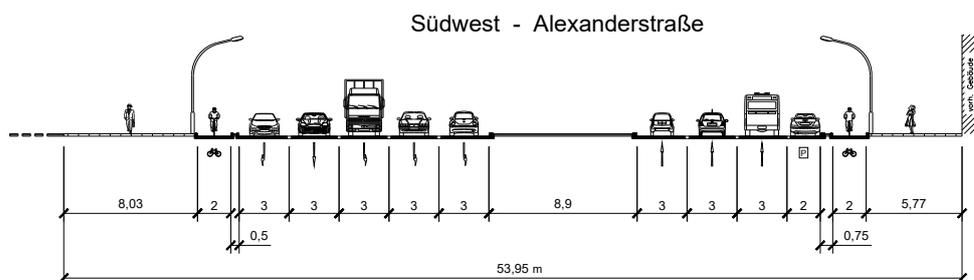


Abbildung 35: Querschnitte der Straße im Südwesten nach der Umplanung

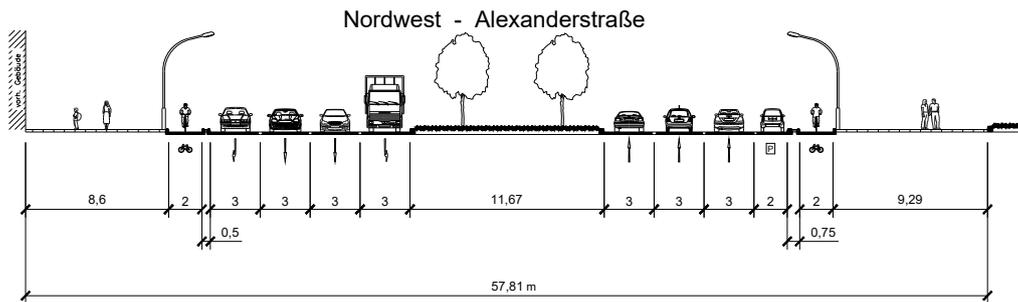


Abbildung 36: Querschnitte der Straße im Nordwesten nach der Umplanung

Wie in den Querschnitten zu sehen ist, sind alle Straßen ähnlich aufgebaut. Auf der Seite, die zum Knotenpunkt führt, kommt zuerst der Gehweg, dann die Radverkehrsanlage, danach der Kraftverkehr und dann die Mittelinsel. Zwischen der Fahrbahn des Kraft- und Radverkehrs wird auf dieser Seite ein Sicherheitsabstand von 0,5 Metern eingerichtet. Auf der Seite, die vom Knotenpunkt wegführt, kommen nach der Mittelinsel die Fahrstreifen des Kraftverkehrs, die Radverkehrsanlage und der Gehweg. Zwischen der Radverkehrsanlage und der Fahrbahn des Kraftverkehrs existiert eine Freifläche. Dieser Bereich wird hier dem ruhenden Kraftverkehr zur Verfügung gestellt. Zwischen diesem Parkstreifen und der Radverkehrsanlage existiert ein Sicherheitsraum von 0,75 Metern.

Die einzige Abweichung vom Sicherheitsabstand existiert bei der Otto-Braun-Straße. Würde der Radverkehr kurz vor dem Knotenpunkt in einem geringen Abstand zum Kraftverkehr geführt, käme es durch die Streckenführung vor dem Übergang des Fußverkehrs zu einer starken Verschwenkung. Um dies zu verhindern, wurde sich dafür entschieden, den Radverkehr schon früher, als bei den anderen Straßen, vom Kraftverkehr abzusetzen. So kommt es schon vor dem Knotenpunkt zu einem größeren Abstand zum Kraftverkehr.

7.4 Auswertung

Die Anwendung des Konzeptes an der östlichsten Kreuzung des Alexanderplatzes zeigt, dass die Umsetzung des nach dem Bewertungsschemas sicherstem Konzept möglich ist. Da das Konzept der geschützten Kreuzung aus dem Ausland stammt, muss überprüft werden, ob die unterschiedlichen Elemente, wie zum Beispiel die Regelung des freien Rechtsabbiegens für Radfahrende, so in Deutschland umgesetzt werden können. Zusätzlich schränkt das Konzept andere Verkehrsteilnehmende ein. So können rechts abbiegende Kraftfahrzeuge durch die verkleinerten Kurvenradien nur noch mit niedrigeren Geschwindigkeiten abbiegen. Dies ist aber vom Konzept so gewollt und wird von Lastkraftwagen durch die StVO, wie unter 3.1.1.4 erklärt, auch verlangt. Durch die Ausweitung der Radverkehrsanlage wird der Raum für den Fußverkehr in einem geringen Maß

verkleinert. Am Knotenpunkt existieren große Freiflächen, die der Fußverkehr ebenfalls nutzen kann. So sollten für die zu Fuß Gehenden keine Nachteile entstehen.

Durch die Umsetzung dieses Konzepts kann sich an dem ausgewählten Knotenpunkt durch die Separierung der einzelnen Verkehrsarten und die verbesserten Sichtverhältnisse am Schnittpunkt, die Verkehrssicherheit erhöhen. Ebenfalls zeigt sich, dass das Konzept der geschützten Kreuzung bei einer angepassten Dimensionierung der Radwege und Aufstellflächen als Standardkonzept angewandt werden kann.

8. Fazit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde der Einfluss von internationalen Knotenpunkt-konzepten auf die Radverkehrssicherheit untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Untersuchung wurden auf eine in Berlin befindliche Kreuzung angewendet.

Um der in diesem Zusammenhang gestellten Forschungsfrage „Welche Konzepte können die Sicherheit des Radverkehrs an Knotenpunkten erhöhen?“ nachgehen zu können, wurden Knotenpunktkonzepte aus Deutschland, Dänemark und den Niederlanden ausgewählt. Als Untersuchungsinstrument für die unterschiedlichen Konzepte wurde ein Bewertungsschema entwickelt. Diese Entwicklung basiert auf der Analyse verschiedener Richtlinien, Unfallhergängen und Nutzungsgruppen. So umfasst dieses Bewertungsschema die Bereiche Sicherheit und Komfort.

Neben der Sicherheit ist der Komfort für die Beurteilung der Radverkehrsanlagen deshalb von Bedeutung, weil die Akzeptanz der Radfahrenden gegenüber der Anlage gewährleistet werden kann.

Durch die Ergebnisse des Bewertungsschemas stellt sich heraus, dass das niederländische Knotenpunktkonzept für den Radverkehr sicherer ist als die Konzepte, die in Deutschland oder Dänemark angewendet werden. Das Anwendungsbeispiel zeigt, dass dieses Konzept an einem deutschen Knotenpunkt verwendet werden kann.

Lediglich die deutschen Richtlinien könnten, durch die Vorgaben der eigenen Konzepte, die Umsetzung des niederländischen Konzepts verhindern. So müsste untersucht werden, ob das Konzept mit den deutschen Richtlinien kompatibel ist, oder ob diese im Sinne der Radverkehrssicherheit sinnvoll zu überarbeiten sind.

Für die Entwicklung des Bewertungsschemas wurden die Unfallstatistiken der Berliner Polizei verwendet. Diese Statistiken beziehen sich auf Unfälle, die von Radfahrenden und anderen Verkehrsteilnehmenden verursacht wurden. Dabei wird lediglich auf die genauen Unfallursachen, die durch den Fuß- und Kraftverkehr verursacht werden, eingegangen. Für die Unfallursachen des Radverkehrs werden hingegen nur Verhaltensweisen angegeben. Was aber die Radfahrenden veranlasst hat, sich so zu verhalten, wird nicht weiter beleuchtet.

Um auch die durch Radfahrende verursachten Unfälle zu verhindern, muss erforscht werden, was ihre Verhaltensweisen auslöst. So kann zielgerichteter die Sicherheit der Radfahrenden an Knotenpunkten erhöht werden.

9. Literaturverzeichnis

- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (ADAC), Ressort Verkehr, Hrsg. 2015. „Toter Winkel bei Lkw, Bus und Pkw“
- Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e.V. (ADFC), Hrsg. 2018. „So geht Verkehrswende - Infrastrukturelemente für den Radverkehr“
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO). 2001. Abgerufen 7. Mai 2020, (http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwwbund_26012001_S3236420014.htm#fn1)
- Berliner Mobilitätsgesetz (MobG BE). 2018. Abgerufen 20. August 2020, (https://gesetze.berlin.de/jportal/recherche3doc/MobG_BE.pdf?json=%7B%22format%22%3A%22pdf%22%2C%22docPart%22%3A%22X%22%2C%22docId%22%3A%22jlr-MobGBErahmen%22%2C%22portalId%22%3A%22bsbe%22%7D&_=%2FMobG_BE.pdf)
- Berliner Senatsverwaltung für Umwelt Verkehr und Klimaschutz (SenUVK), Hrsg. 2020. „Mobilität in Berlin: Die Verkehrswende gewinnt an Fahrt“. Abgerufen 9. Juni 2020, (<https://www.berlin.de/sen/uvk/presse/pressemitteilungen/2020/pressemitteilung.906382.php>)
- BicycleDutch, Hrsg. 2014. „Intersection redesign in Utrecht (2)“. BicycleDutch. Abgerufen 13. Juli 2020, (<https://bicycledutch.wordpress.com/2014/09/25/intersection-redesign-in-utrecht-2/>)
- BicycleDutch, Hrsg. 2018. „Is Copenhagen a City of Cyclists?“ Bicycle Dutch. Abgerufen 13. Juli 2020, (<https://bicycledutch.wordpress.com/2018/11/27/is-copenhagen-a-city-of-cyclists/>)
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Hrsg. 2012. „Nationaler Radverkehrsplan 2020, den Radverkehr gemeinsam weiterentwickeln“
- Celis Consult. 2014. „Håndbog i cykeltrafik: en samling af de danske vejregler på cykelområdet“
- Der Polizeipräsident in Berlin, Hrsg. 2014. „Sonderuntersuchung ‚Radverkehrsunfälle‘ in Berlin 2013“
- Der Polizeipräsident in Berlin, Hrsg. 2019. „Sonderuntersuchung ‚Radverkehrsunfälle‘ in Berlin 2018“

- Dip.-Ing. (FH) Winter, Peter. o. J. „Schleppkurven“. Unterlagen zur Vorlesung Straßenentwurf mit CAD II, Hochschule Augsburg
- European Cyclists´ Federation (ECF). 1998. „Bicycle Reserch Report“. Nr. 98
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Hrsg. 2010. „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen: ERA“. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Hrsg. 2012. „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen: RASt 06“. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Hrsg. 2015. „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen: HBS 2015. Teil S: Stadtstraßen“. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Hrsg. 2020. „Startseite“. Abgerufen 04. Juli 2020, (<https://www.fgsv.de/start.html>)
- Geodateninfrastruktur Berlin (GDI-BE), Hrsg. 2017. „Verkehrsmengen 2014 (Umweltatlas)“. Geoportal Berlin. Abgerufen 13. Oktober 2020, (https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/gisbroker.do;jsessionid=BD8533CD38BC437A3D915BCD4EC8BE4A?cmd=navigationShowResult&mid=K.wmsk_07_01verkmeng2014%40senstadt)
- Geodateninfrastruktur Berlin (GDI-BE), Hrsg. 2018. „Digitale farbige Orthophoto 2018“. Geoportal Berlin. Abgerufen 13. Oktober 2020, (https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/gisbroker.do;jsessionid=B0ED12499590956272434BF3CF38534A?cmd=navigationShowResult&mid=K.k_luftbild2018_rgb%40senstadt)
- Kolrep-Rometsch, Harald, Rodney Leitner, Christina Platho, Thomas Richter, Annika Schreiber, und Marcel Schreiber. 2013. Abbiegeunfälle Pkw/Lkw und Fahrrad. Berlin: GDV
- Minesteium für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten. 1999. „Der niederländische Masterplan Fiets, Beschreibung und Auswertung im historischen Kontext“. Den Haag
- Straßenverkehrs-Ordnung (StVO). 2013. Abgerufen 7. Mai 2020, (http://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/StVO.pdf)

10. Abkürzungsverzeichnis

StVO	Abkürzung für die <u>S</u> traßen <u>v</u> erkehrs- <u>O</u> rdnung
VwV-StVO	Abkürzung für die allgemeine <u>V</u> er <u>w</u> altung <u>v</u> orschrift zur <u>S</u> traßen <u>v</u> erkehr- <u>O</u> rdnung
FGSV	Abkürzung für die <u>F</u> orschung <u>s</u> gesellschaft für <u>S</u> traßen- und <u>V</u> erkehr <u>s</u> wesen
RASt 06	Abkürzung für die <u>R</u> ichtlinie für die <u>A</u> nlage von <u>S</u> tadtstraßen von 20 <u>06</u>
RAL	Abkürzung für die <u>R</u> ichtlinie für die <u>A</u> nlage von <u>L</u> andstraßen
ERA	Abkürzung für die <u>E</u> mpfehlungen für <u>R</u> adverkehr <u>s</u> anlagen

Anhang

Berechnungen

Luftbild

Zeichnungen

Erklärung zur Abschlussarbeit