

Beschleunigung des Radverkehrs im Zuge lichtsignalisierter Streckenabschnitte auf Radverkehrsrouten hoher Bedeutung

Gefördert durch:



Das Projekt wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur aus Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans gefördert.

Projektbericht

Projektbericht zu:

„Beschleunigung des Radverkehrs im Zuge lichtsignalisierter Streckenabschnitte auf Radverkehrsrouten hoher Bedeutung“

Zuwendungsempfänger:

Technische Universität Berlin, Fachgebiet Straßenplanung und Straßenbetrieb

Förderkennzeichen:

VB 1115

Vorhabenbezeichnung:

„Beschleunigung des Radverkehrs im Zuge lichtsignalisierter Streckenabschnitte auf Radverkehrsrouten hoher Bedeutung“

Laufzeit des Vorhabens:

01.07.2012 bis 30.04.2014

Berichtszeitraum:

01.07.2012 bis 30.04.2014

Bearbeitung und Berichterstattung durch:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter

Dipl.-Ing. Martin Mroß

Dipl.-Ing. Alexander Radom

Janina-Charline Sachs, M. Sc.

Berlin im Oktober 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Stand der Wissenschaft und Praxis.....	2
2.1	Allgemeine Hinweise aus den gültigen Regelwerken.....	2
2.2	Nationale und internationale Praxisbeispiele.....	7
3	Erarbeitung von Maßnahmen zur Radverkehrsbeschleunigung.....	15
3.1	Allgemeines zur grünen Welle.....	15
3.2	Theoretische Ansätze zu grünen Wellen.....	16
3.3	Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Umsetzung gemeinsamer grüner Wellen im Radverkehr und Kfz-Verkehr.....	18
3.4	Untersuchungsansätze.....	21
4	Auswahl von Untersuchungsstrecken, Bestandsaufnahmen und Aufbau der Simulationsmodelle.....	21
4.1	Bestimmung von allgemeinen Auswahlkriterien.....	21
4.2	Auswahl der zu untersuchenden Streckenabschnitte.....	22
4.3	Ermittlung der aktuellen Verkehrsstärken auf den Streckenabschnitten.....	25
4.4	Ermittlung der lokalen Geschwindigkeiten.....	26
4.5	Erstellung der Simulationsmodelle.....	28
5	Optimierung der Lichtsignalsteuerung mit dem Ziel der Radverkehrsbeschleunigung.....	31
5.1	Bernauer Straße.....	31
5.2	Hardenbergstraße.....	41
5.3	Hohenzollerndamm.....	49
5.4	Mühlenstraße.....	60
5.5	Müllerstraße.....	71
5.6	Uhlandstraße.....	82
5.7	Wilhelmstraße.....	93
5.8	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	101
6	Empfehlungen.....	102
7	Fazit und Ausblick.....	104
8	Literaturverzeichnis.....	107
9	Abbildungsverzeichnis.....	108
10	Abkürzungsverzeichnis.....	113
11	Anhang.....	114

1 Einleitung

In vielen deutschen Städten werden bereits unterschiedliche politische und verkehrsplanerische Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs verfolgt und umgesetzt. Der Radverkehr hingegen wird bei der Lichtsignalisierung von Knotenpunkten und Streckenabschnitten in der Praxis bisher oft nur in geringem Maße berücksichtigt, obwohl dies in verschiedenen Radverkehrsstrategien konkret gefordert wird. Dabei kann eine für den Radverkehr optimierte Lichtsignalsteuerung zur Steigerung der Attraktivität des Radverkehrs beitragen. Wichtige Radverkehrsrouten werden innerstädtisch häufig im Zuge lichtsignalisierter Streckenabschnitte des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) geführt. Dies erfolgt zum einen aus Platzgründen und zum anderen, weil diese Verbindungen oft die direktesten und kürzesten sind.

Radfahrende müssen auf solchen Streckenzügen jedoch häufig an roten Signalen halten. Die grünen Wellen oder die verkehrsabhängigen Steuerungen sind i. d. R. auf die Belange des MIV oder des ÖPNV ausgerichtet. Daraus resultieren entsprechend lange Wartezeiten, eine größere Anzahl an Halten, eine Reduzierung der durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit und damit längere Reisezeiten im Radverkehr. Dies kann auch kurze Wege im innerstädtischen Radverkehr unattraktiv machen. Zudem besteht an einigen Knotenpunkten (KP) -u. a. in Berlin- bereits ein Platzproblem, sodass nicht genügend Aufstellfläche für die Vielzahl an wartenden Radfahrenden an roten Lichtsignalen vorhanden ist. Auch hier bietet eine für den Radverkehr optimierte Lichtsignalsteuerung großes Verbesserungspotential, da größere Stauerscheinungen im Radverkehr vermieden werden könnten.

In Deutschland existieren bisher kaum gesicherte Erkenntnisse und umfassende Erfahrungen bei der Anwendbarkeit beschleunigender Maßnahmen an Lichtsignalanlagen für den Radverkehr und deren Verträglichkeit mit den Belangen des MIV und ÖPNV. Welche konkreten Auswirkungen verschiedene Maßnahmen auf die Zielgrößen Reisegeschwindigkeit, Reisezeit, Staulänge und Anzahl der Halte für den Radverkehr haben, ist bislang ebenso unbekannt.

Ziel dieses Projektes ist es, diese Wissenslücke zu schließen und durch geeignete Untersuchungen konkrete Maßnahmen zu entwickeln, um den Radverkehr im Zuge wichtiger städtischer Radverkehrsrouten zu beschleunigen. Der städtische Radverkehr gewinnt dadurch weiter an Attraktivität, was einen Verlagerungseffekt im Modal Split zugunsten des Radverkehrs mit allen damit verbundenen positiven Effekten bewirkt. Dazu zählen u. a. Lärm- und Luftschadstoffreduzierung, Entlastung der städtischen MIV- und ÖPNV-Netze sowie die allgemeine Gesundheitsförderung. Die Ergebnisse des Projektes liefern im Rahmen einer nachhaltigen städtischen Verkehrsplanung einen wichtigen Beitrag zur Gewährleistung eines stadtverträglichen Verkehrs.

Mit der Erarbeitung von Maßnahmen zur „Beschleunigung des Radverkehrs im Zuge lichtsignalisierter Streckenabschnitte auf Radverkehrsrouten hoher Bedeutung“ wird untersucht, welche Interoperabilität der Radverkehr gegenüber anderen Verkehrsarten aufweist, wenn an einem Straßenzug der Radverkehr durch verschiedene signaltechnische Maßnahmen beschleunigt wird. Ins-

besondere soll untersucht werden, welche Verbesserungen im Verkehrsablauf des Radverkehrs auf den Streckenabschnitten erzielt werden können. Des Weiteren wird betrachtet, ob und in welchem Maße es durch besondere Berücksichtigung der Radfahrenden bei der Lichtsignalisierung zu vertretbaren Leistungsfähigkeitseinbußen im MIV oder im ÖPNV kommt. Die Analyse und Maßnahmenentwicklung erfolgt unter Zuhilfenahme von mikroskopischer Verkehrssimulationssoftware.

Abschließend sollen allgemeingültige und damit auf andere Streckenabschnitte und Städte übertragbare Empfehlungen zum Thema Radverkehrsbeschleunigung auf Streckenzügen mit Lichtsignalanlagen erarbeitet werden. Es wird beabsichtigt, die in der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen eines Folgeprojekts an mindestens einem der untersuchten Streckenzüge in Berlin ohne hohen infrastrukturellen Aufwand in einem Pilotbetrieb umzusetzen und deren Wirksamkeit in der Realität zu evaluieren.

2 Stand der Wissenschaft und Praxis

Im Rahmen einer Literaturanalyse wird der Stand der Wissenschaft anhand der aktuellen Erkenntnisse aus den Richtlinien und Regelwerken zusammengefasst. Besonderes Hauptaugenmerk liegt auf der Priorisierung und Beschleunigung des Radverkehrs auf Streckenabschnitten mit lichtsignalisierten Knotenpunkten. Dabei werden vor allem die wichtigsten Erkenntnisse zu koordinierten Steuerungen von Lichtsignalanlagen (grüne Wellen) aufgeführt. Ergänzend dazu werden relevante Ergebnisse sowie Erfahrungen aus inter- und nationalen Praxisbeispielen zum Thema Radverkehrsbeschleunigung an Lichtsignalanlagen zusammenfassend aufgeführt.

2.1 Allgemeine Hinweise aus den gültigen Regelwerken

Zu den wichtigsten Regelwerken in Bezug auf die Signalisierung des Radverkehrs an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen zählen die Richtlinien für Lichtsignalanlagen - RiLSA (FGSV, 2010_b), die Hinweise zur Signalisierung des Radverkehrs - HSRa (FGSV, 2005) und die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen - ERA (FGSV, 2010_a). In den RiLSA werden alle allgemeingültigen verkehrstechnischen Bestimmungen und Empfehlungen für die Einrichtung und den Betrieb von Lichtsignalanlagen beschrieben. Darüber hinaus werden dort alle Hinweise für die Entwicklung von koordinierten Lichtsignalsteuerungen angegeben. Die ERA beinhalten vor allem die Planungs- und Entwurfsgrundlagen zur Führung des Radverkehrs an Knotenpunkten sowie Streckenabschnitten. Inhaltlich bauen die HSRa auf den beiden zuvor genannten Regelwerken auf und vertiefen die grundlegenden Annahmen mit weiteren Hinweisen und Empfehlungen.

Das allgemeine Hauptziel der (linienhaften) Koordinierung der Lichtsignalanlagen eines Streckenabschnitts (im Folgenden grüne Welle genannt) ist es, den Großteil der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer eine Folge an Lichtsignalanlagen, unter Einhaltung einer bestimmten Geschwindigkeit, ohne Halt passieren zu lassen. Einhergehend mit der allgemeinen Zielsetzung wird mit einer koordinierten Lichtsignalsteuerung vor allem die Reduzierung der Verlustzeiten und der Anzahl der Haltevorgänge bei gleichzeitiger Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten entlang eines Streckenabschnitts angestrebt. Koordinierungen von Lichtsignalanlagen sollen für alle Verkehrs-

teilnehmergruppen relevant sein. Die allgemeinen, jedoch i. d. R. überwiegend auf den Kfz-Verkehr bezogenen, verkehrstechnischen Randbedingungen für die Entwicklung von Koordinierungen werden zusammengefasst in den RiLSA wie folgt beschrieben:

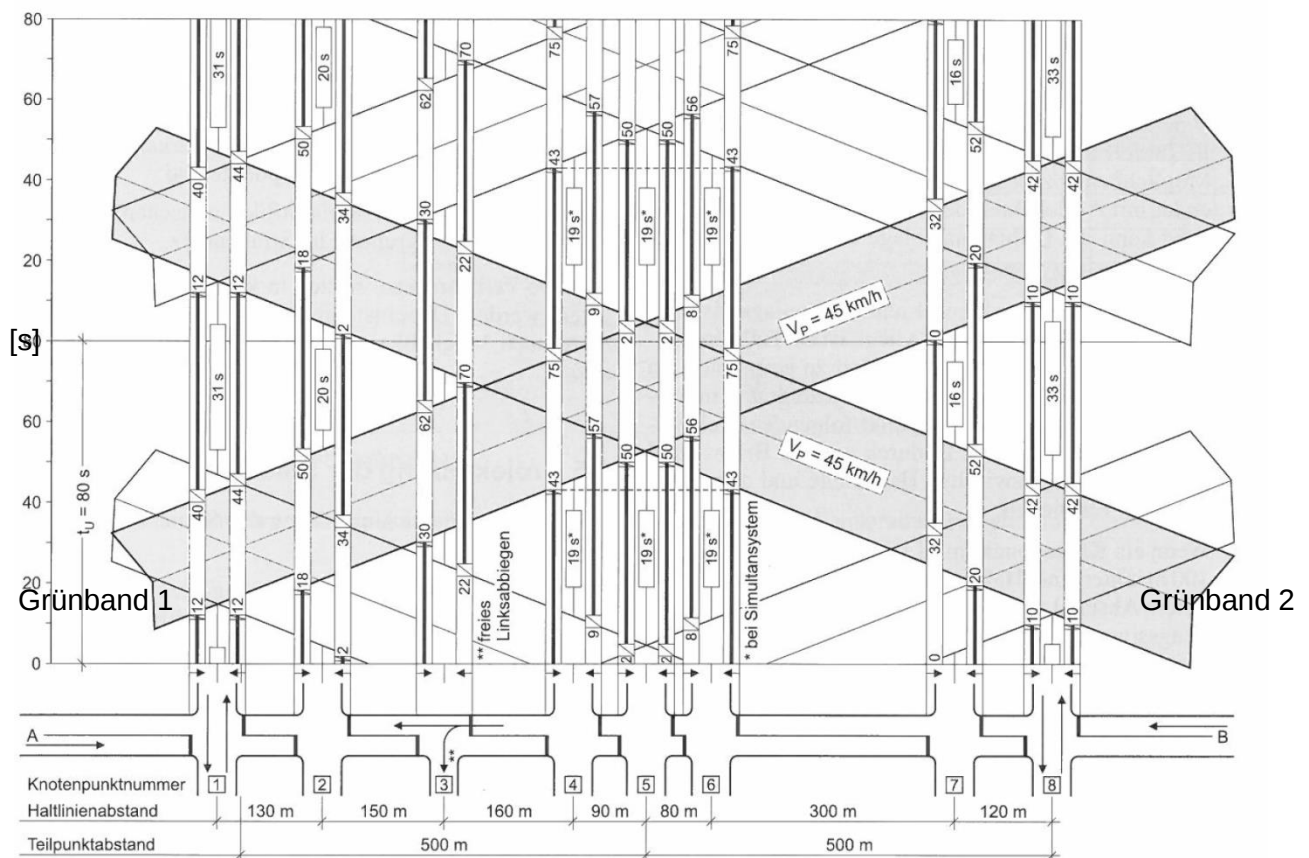
Grundlage einer Koordinierung über mehrere signalisierte Knotenpunkte bilden die Signalprogramme der jeweiligen Lichtsignalanlagen. Für den Aufbau der Koordinierung müssen zunächst die Umlaufzeiten der Signalprogramme aller zu koordinierenden Lichtsignalanlagen einheitlich sein. Diese Umlaufzeit (t_u) wird auch Systemumlaufzeit genannt. Die Umlaufzeit beschreibt eine Zeitgröße, in der alle Verkehrsströme an einem Knotenpunkt die entsprechende Freigabe erhalten. Einige Verkehrsströme können dabei gemeinsam signalisiert, andere müssen wiederum in verschiedenen Phasen freigegeben werden. Nach der Freigabe aller Verkehrsströme ist ein Umlauf am Knotenpunkt beendet und es beginnt der nächste von vorn.

Der Koordinierungsaufbau erfolgt über eine Zeitversatz-Anpassung der Freigabezeiten der entsprechenden Signalgruppen für die vorgegebene(n) Koordinierungsrichtung(en). Der Versatz der Freigabezeit beschreibt die zeitliche Verschiebung zwischen dem Freigabebeginn zweier aufeinanderfolgender Lichtsignalanlagen. Eine wichtige Beeinflussungsgröße auf den Zeitversatz der Freigabezeiten zwischen den Lichtsignalanlagen eines koordinierten Straßenzuges ist der Knotenpunkt-Abstand. Der Knotenpunkt-Abstand ist dabei für die Koordinierung eine unveränderliche, weil baulich feste Größe. In den RiLSA werden für eine Koordinierung des Kfz-Verkehrs Knotenpunkt-Abstände von bis zu 750 m (u. U. 1.000 m) als zweckmäßig angegeben. Aussageempfehlungen mit einer Entfernungsangabe für den Aufbau einer Koordinierung des Radverkehrs werden in den Regelwerken jedoch nicht getroffen. In den RiLSA wird jedoch darauf verwiesen, dass mit größerem Knotenpunkt-Abstand die Auflösung des Fahrzeugpuls ebenfalls größer wird. Die Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer kommen dann am nächsten Knotenpunkt mit einer höheren Streuung an, wodurch die Koordinierung auf dem Streckenzug unwirksam werden kann. Um dem Effekt der Pulkauflösung entgegenzuwirken wird in den RiLSA empfohlen, mit Hilfe von Geschwindigkeitssignalen eine Homogenisierung der Geschwindigkeiten der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer entlang des zu koordinierenden Streckenzugs zu erreichen. Auf den Geschwindigkeitssignalen wird die entsprechende Geschwindigkeit angezeigt, bei deren Einhaltung der nächste Signalisierungsquerschnitt ohne Halt passiert werden kann.

Die Homogenisierung der Geschwindigkeiten auf dem Streckenabschnitt führt zu einem engeren Zusammenschluss aller Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer und damit zu einer besseren Ausnutzung der Kapazität der Lichtsignalanlagen. Genauere Angaben, ob Geschwindigkeitssignale oder -schilder auch im Radverkehr eingesetzt werden können, werden in den Regelwerken nicht getroffen. Neben der Umlaufzeit, der Versatzzeit sowie dem Knotenpunkt-Abstand ist somit die Progressionsgeschwindigkeit eine maßgebende Entwurfsgröße für den Aufbau einer Koordinierung. Die Progressionsgeschwindigkeit ist dabei von entscheidender Bedeutung für den Zeitversatz der Freigabezeit (der Signalgruppen) zweier aufeinanderfolgender Lichtsignalanlagen des koordinierten Straßenzuges. Die Progressionsgeschwindigkeit ist die vorgesehene Geschwindigkeit, mit der sich die Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer auf dem koordinierten

Straßenzug fortbewegen (sollen). Für den Kfz-Verkehr wird im Regelfall eine Progressionsgeschwindigkeit im Bereich zwischen 90 % und 100 % der zulässigen Höchstgeschwindigkeit angesetzt (FGSV, 2010_b).

In Abb. 1 ist der Zusammenhang zwischen der Umlaufzeit ($t_u = 80$ s), dem Versatz der Freigabezeit (für die Fahrtrichtung: A->B beträgt der Versatz zwischen KP1 und KP2 +6 s) und der Progressionsgeschwindigkeit ($v_p = 45$ km/h) beispielhaft in einem Zeit-Weg-Diagramm (ZWD) aufgeführt. Mit den getroffenen Einstellungen entstehen so für beide Fahrtrichtungen zwei breite Grünbänder.



schwindigkeit zwischen 16 km/h und 20 km/h an. Den RiLSA entsprechend soll zusätzlich abgewogen werden, ob der Radverkehr in einer Sekundärwelle (Oberwelle) der grünen Welle des Kraftfahrzeugverkehrs mitgeführt werden kann. Dafür sollen im Zeit-Weg-Diagramm der Kraftfahrzeuge auch Zeit-Weg-Linien der Radfahrenden dargestellt werden (vgl. Abb. 2, z. B. 1. Oberwelle).

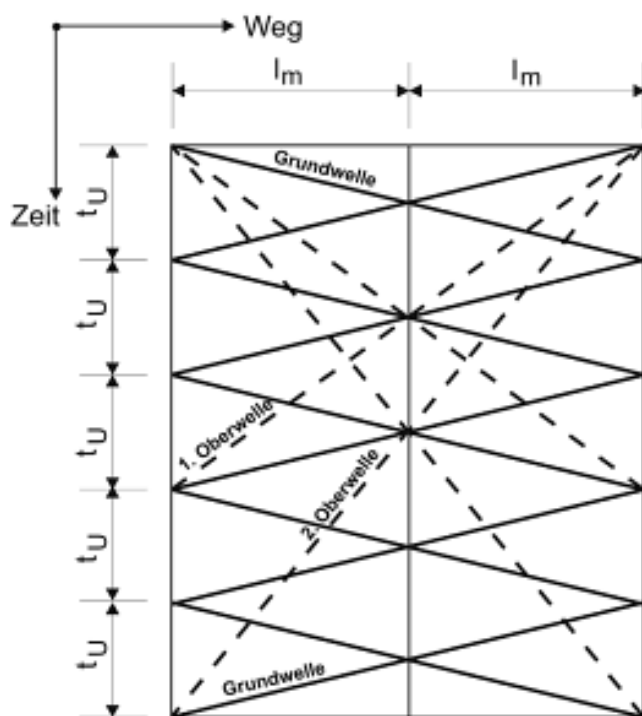


Abb. 2: Grüne Wellen - Grund- und Sekundärwellen (Schnabel, Lohse, 2011)

In den HSRa sind weitere Hinweise für die Führung des Radverkehrs in einer gemeinsamen Koordination bzw. in einer Sekundärwelle beschrieben. Als Progressionsgeschwindigkeit werden dafür in den HSRa im Kfz-Verkehr Geschwindigkeiten im Bereich zwischen 45 km/h und 60 km/h angenommen. Bei kleinen Knotenpunktabständen innerhalb des Straßenzuges (unter 200 m) wird laut den HSRa eine gemeinsame Koordination als möglich angesehen, mit der Anmerkung, dass am Folgeknotenpunkt eine ausreichend lange Freigabezeit für den Radverkehr eingeräumt werden muss.

Aufgrund der geringeren Geschwindigkeiten bewegen sich die Radfahrenden vom Beginn an am Ende des Grünbands des Kfz-Verkehrs, weshalb die Radfahrenden erst viel später nach dem Pulk des Kfz-Verkehrs am Folgeknotenpunkt eintreffen. Liegen die Knotenpunktabstände in einem Bereich von 400 m bis 750 m, kann lt. HSRa ebenfalls eine gemeinsame Koordination erreicht werden. Hier können die Radfahrenden in die auf die Startwelle folgende Sekundärwelle des Kraftfahrzeugverkehrs hineinfahren. Dies ist lt. HSRa jedoch nur dann möglich, wenn sich die Systemumlaufzeit und Progressionsgeschwindigkeit dazu eignen. Genauere Angaben dazu, welche Werte für diese beiden Größen gewählt werden sollten bzw. welche Wertekombinationen zweckmäßig sind, sind in den Regelwerken nicht angegeben. Auch für den Fall, dass die Radfahrenden in der Sekundärwelle des Kfz-Verkehrs mitfahren können, muss aufgrund der Pulkauflösung im Radver-

kehr eine lange Freigabezeit am Folgeknotenpunkt gewährleistet werden (FGSV, 2005). Schafft es die Mehrheit der Radfahrenden hingegen nicht, die Sekundärwelle des Kraftfahrzeugverkehrs zu erreichen, ist bei nicht zu hoher Auslastung am jeweiligen Knotenpunkt auch eine gesonderte Signalisierung der Radfahrenden denkbar.

Für einen zielorientierten Alltagsradverkehr fassen die ERA unter dem Begriff Hauptverbindungen des Radverkehrs insgesamt vier Kategorien innerhalb bebauter Gebiete zusammen (vgl. Abb. 3).

Kategoriegruppe		Kategorie	Bezeichnung	Beschreibung
IR	innerhalb bebauter Gebiete	IR II	innergemeindliche Radschnellverbindung	Verbindung für Alltagsradverkehr auf größeren Entfernungen (z.B. zwischen Hauptzentren, innerörtliche Fortsetzung einer Stadt-Umland-Verbindung)
		IR III	innergemeindliche Radhauptverbindung	In Oberzentren: Verbindung von Stadtteilzentren zum Hauptzentrum und zwischen Stadtteilzentren
		IR IV	innergemeindliche Radverkehrsverbindung	Verbindung von Stadtteilzentren zum Hauptzentrum der Mittel- und Grundzentren, Verbindung von Stadtteil-/Ortsteilzentren untereinander sowie zwischen Wohngebieten und allen wichtigen Zielen
		IR V	innergemeindliche Radverkehrsanbindung	Anbindung aller Grundstücke und potenziellen Quellen und Ziele

Abb. 3: Netzkategorien für den Radverkehr (FGSV, 2010_a)

Bezüglich dieser vier Kategorien werden in den ERA verschiedene Zielgrößen für die Gestaltung und Ausstattung der Verkehrswege definiert. Darunter sind vor allem die anzustrebende Fahrgeschwindigkeit sowie die maximalen Zeitverluste durch Anhalten und Warten je Kilometer zu nennen. Bei den Zeitverlusten durch Anhalten und Warten werden die Verluste an Knotenpunkten mit eingerechnet (vgl. Abb. 4).

Kategorie		angestrebte Fahrgeschwindigkeiten in km/h ²⁾	daraus abgeleitete maximale Zeitverluste durch Anhalten und Warten je km	Beleuchtung	Wegweisung
IR II	innergemeindliche Radschnellverbindung	15 bis 25	30 s	x	x
IR III	innergemeindliche Radhauptverbindung	15 bis 20	45 s	x	x
IR IV	innergemeindliche Radverkehrsverbindung	15 bis 20	60 s	x	1)
IR V	innergemeindliche Radverkehrsanbindung	-	-	-	-
1)	sofern Teil des Wegweisungsnetzes				
2)	einschließlich Zeitverluste an Knotenpunkten (nach den RIN)				

Abb. 4: Zielgrößen für die Gestaltung und Ausstattung (FGSV, 2010_a)

Auf die Ausstattungsmerkmale: „Beleuchtung und Wegweisung“ wird im Rahmen des Projektes nicht weiter eingegangen. Die Zielgrößen für innerstädtische Anlagen werden jedoch für die Bewertung der Maßnahmen herangezogen. Die angestrebten Fahrgeschwindigkeiten liegen für die

verschiedenen Kategorien im Bereich 15 km/h - 20 km/h bzw. 15 km/h - 25 km/h. Die Verlustzeiten variieren je nach Kategorie im Bereich von 30 s bis zu 60 s je Kilometer Wegstrecke.

2.2 Nationale und internationale Praxisbeispiele

Bei der Recherche nach relevanten Praxisbeispielen mit Radverkehrsbeschleunigung an lichtsignalisierten Streckenabschnitten konnten verschiedene Projekte, insbesondere mit grünen Wellen im Radverkehr, gefunden werden. Die umgesetzten Praxisbeispiele befinden sich z. B. in Kopenhagen, Odense, Amsterdam oder San Francisco. In diesen Städten sind grüne Wellen für den Radverkehr nach der jeweiligen Pilotphase mittlerweile fester Bestandteil der städtischen Lichtsignalsteuerungen, teilweise sind die grünen Wellen sogar mithilfe von Erhebungen und Messungen evaluiert (z. B. in Kopenhagen - grüne Welle entlang der Nørrebrogade (Ryding Hoegh, 2007) - oder in Odense).

Praxisbeispiel 1 - Kopenhagen

Die dänische Hauptstadt Kopenhagen nimmt bezüglich der Förderung und attraktiven Gestaltung des Radverkehrs in vielerlei Hinsicht eine Vorreiterrolle ein. Ein Indiz dafür leitet sich unter anderem anhand des hohen Stellenwerts ab, den der Radverkehr in Kopenhagen seit geraumer Zeit einnimmt. Rund 150.000 Kopenhagener (Københavns-Kommune, 2011) fahren täglich mit dem Fahrrad zur Arbeit oder zu einer Bildungsstätte. Der Radverkehr hatte in den Jahren 2008 bis 2010 in Kopenhagen einen durchschnittlichen Modal Split Anteil von etwa 36 % an allen zurückgelegten Wegen, die zur Ausbildungsstätte, zum Arbeitsplatz oder zum Einkaufen geführt haben, bei weiterhin steigender Tendenz. Für das Jahr 2015 soll laut Kopenhagener Radverkehrsstrategie ein Anteil am Modal Split von 50 % erreicht werden (Københavns-Kommune, 2011). Diese gewünschten Steigerungsraten sind jedoch nur mit klar formulierten verkehrsplanerischen und politischen Zielen und Maßnahmen zu erreichen. Ein wichtiger Punkt in diesem Zusammenhang ist die damalige Einführung und Umsetzung einer konsequenten signaltechnischen Priorisierung für den Radverkehr. Dafür wurde in einem Pilotprojekt im Jahr 2004 eine erste grüne Welle auf einem Streckenabschnitt in Kopenhagen umgesetzt. Diese grüne Welle erstreckt sich auf der Nørrebrogade über eine Streckenlänge von etwa 2,2 Kilometer und wird dabei über insgesamt 12 Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen (LSA) geführt. Die Nørrebrogade stellt für den Radverkehr eine wichtige Verbindung zwischen der Innenstadt und den äußeren Bezirken in Kopenhagen dar.

Zu Beginn des Pilotprojektes wurde der Straßenabschnitt in der Nähe des Stadtzentrums täglich von 30.000 Radfahrenden (die Zahl ist bis zum Jahr 2010 auf etwa 37.000 Radfahrende angestiegen) und 17.000 Kfz befahren (NRVP, 2010). Weiterhin wird der Streckenabschnitt von vielen Buslinien befahren, so dass diese in den Spitzenzeiten im Minutentakt auf der Nørrebrogade verkehren (Ryding Hoegh, 2007).



Abb. 5: Geschwindigkeitshinweisschilder (Copenhageneze, 2008)

Als Progressionsgeschwindigkeit wurde für die grüne Welle eine Geschwindigkeit von 20 km/h angesetzt. Die jeweilige Richtung der grünen Welle wird zeitabhängig geschaltet. Im Zeitbereich des Frühspitzenverkehrs (06:30 Uhr - 12:00 Uhr) werden die Radfahrenden in Richtung Zentrum fahrend in einer grünen Welle geführt. Ab 12:00 Uhr wechselt die Richtung der grünen Welle. Es wird nun der Radverkehr in der erweiterten Spätspitze (12:00 Uhr - 18:00 Uhr) in der Gegenrichtung aus dem Zentrum fahrend in der grünen Welle geführt (vgl. Ryding Hoegh, 2007). Damit die Radfahrenden auf die besondere lichtsignaltechnische Priorisierung aufmerksam gemacht werden, sind spezielle Schilder mit dem Hinweis auf die erforderliche Geschwindigkeit und den jeweiligen Zeitbereich der grünen Welle im Verlauf der Streckenabschnitte (vgl. Abb. 5) aufgestellt.

Im Vergleich zu dem in den deutschen Regelwerken angegebenen Wertebereich von 16 km/h - 20 km/h als anzusetzende Progressionsgeschwindigkeit (FGSV, 2010_b S. 46) liegt die in Kopenhagen gewählte Progressionsgeschwindigkeit damit im oberen Bereich. Die Ergebnisse aus verschiedenen Messfahrten entlang des Streckenabschnitts zeigen, dass trotz der hoch angesetzten Progressionsgeschwindigkeit eine Homogenisierung der Geschwindigkeiten im Radverkehr erreicht werden konnte. Dieser Effekt der Homogenisierung der Geschwindigkeiten im Radverkehr ist unter anderem auch dadurch zu erklären, dass es für die Benutzerinnen und Benutzer der Radverkehrsanlagen auf der Nørrebrogade nun viel komfortabler ist, eine konstante Geschwindigkeit von 20 km/h zu fahren, als bei einer Nichteinhaltung der Progressionsgeschwindigkeit kräftezehrende Abbrems- und Beschleunigungsvorgänge an den Knotenpunkten entlang des 2,2 km langen Streckenzuges vornehmen zu müssen.

Um die verkehrlichen Auswirkungen der grünen Welle für den Radverkehr sichtbar zu machen, wurden die Geschwindigkeitsprofile von Radfahrenden auf dem Streckenabschnitt vor und nach der Umsetzung der grünen Welle erhoben. Noch vor der Einrichtung der grünen Welle ist im erweiterten Frühspitzenverkehr in Richtung Zentrum deutlich zu erkennen, dass die Radfahrenden an mindestens sechs signalisierten Knotenpunkten entlang der Strecke zum Halten kommen. Die erreichte durchschnittliche Geschwindigkeit liegt bei einem Wert von etwa 15 km/h (vgl. Abb. 6).

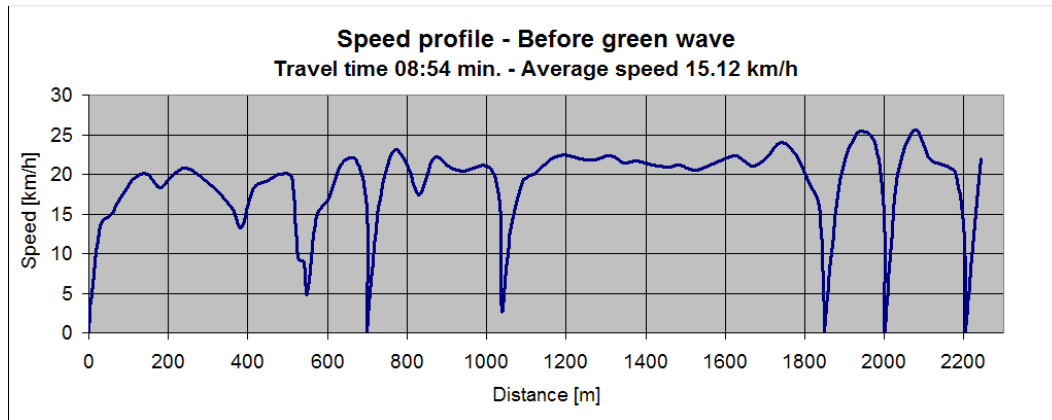


Abb. 6: Geschwindigkeiten im Radverkehr Richtung Zentrum ohne grüne Welle (Copenhagenize, 2008)

Nach Einrichtung der grünen Welle konnte das allgemeine Geschwindigkeitsniveau im Radverkehr auf der Nørrebrogade um insgesamt 5 km/h auf nun über 20 km/h gesteigert werden. Die Radfahrenden müssen bei Einhaltung der Progressionsgeschwindigkeit entlang des Streckenabschnitts an keinem Knotenpunkt mehr halten (vgl. Abb. 7).

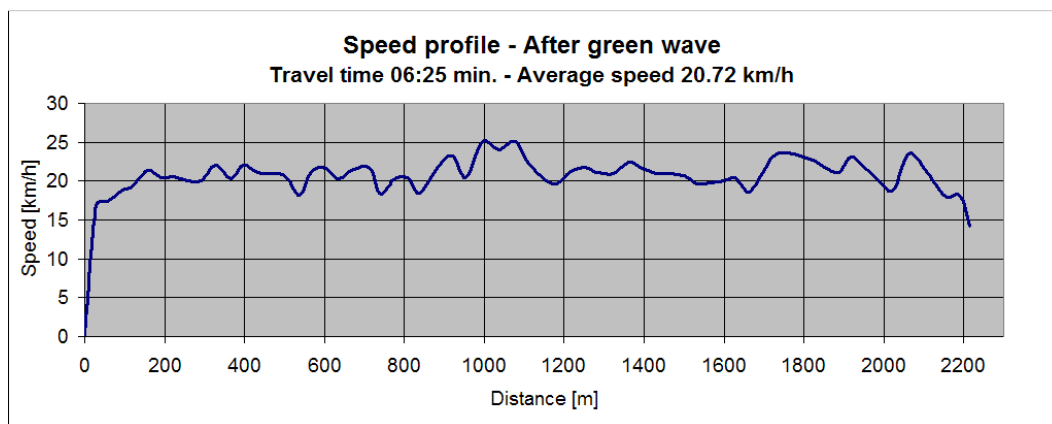


Abb. 7: Geschwindigkeiten im Radverkehr Richtung Zentrum mit grüner Welle (Copenhagenize, 2008)

Mit der Implementierung der grünen Welle ist es für die erweiterte Frühspitze in Richtung Zentrum gelungen, eine Reduktion der Reisezeit um fast 2,5 Minuten zu erreichen (vgl. Abb. 8). Zu den Messungen im Radverkehr wurden zusätzlich auch Messungen im Kfz-Verkehr und im Busverkehr entlang des Streckenabschnitts für beide Richtungen und für beide Zeitbereiche vorgenommen. Die Messergebnisse zeigen den Vergleich der Reisezeiten und Anzahl der Halte nach Einrichtung der grünen Welle für den Radverkehr auf der Nørrebrogade anhand der verschiedenen Verkehrsarten (vgl. Abb. 8).

Effect introduction green wave for cyclists		Morning peak hour			Evening peak hour		
		green wave for bikes	no. of stops	travel time (sec.)	green wave for bikes	no. of stops	travel time (sec.)
Bikes	to town centre	ja	-6	-149		0	-36
	form town centre		-1	-35	ja	-3	-73
Cars	to town centre	ja	-1	0		0	-30
	form town centre		-1	-30	ja	-1	-48
Buses	to town centre	ja		4			50
	form town centre			27	ja		-13

Abb. 8: Ergebnisse der Messfahrten auf der Nørrebrogade (Copenhagenize, 2008)

In Abb. 8 ist zu sehen, dass die Richtung der grünen Welle keinen negativen Einfluss für den Kfz-Verkehr hat. Es sind vielmehr positive Auswirkungen im Vergleich zur vorherigen Signalisierung zu verzeichnen:

- Reisezeiten für den Kfz-Verkehr in der Spätspitze für beide Richtungen verringert,
- Reisezeit in der erweiterten Frühspitze nur für Richtung aus dem Zentrum heraus (entgegen der grünen Welle des Radverkehrs) verringert,
- Einfluss auf Anzahl der Halte des Kfz-Verkehrs vernachlässigbar gering,
- Reisezeit für den Busverkehr vergrößert sich in der erweiterten Frühspitze für beide Richtungen,
- Fahrtrichtung entgegen der grünen Welle weist größere Reisezeit auf,
- Reisezeit für Busverkehr vergrößert sich in der erweiterten Nachmittagsspitze in Richtung Zentrum, entgegen der grünen Welle des Radverkehrs.

Infolge der erfolgreichen Implementierung der grünen Welle auf der Nørrebrogade sind weitere Streckenabschnitte in Kopenhagen mit grünen Wellen für den Radverkehr hinzugekommen. In Abb. 9 wird gezeigt, dass bereits im Jahre 2008 insgesamt drei grüne Wellen im Kopenhagener Straßennetz umgesetzt worden sind.

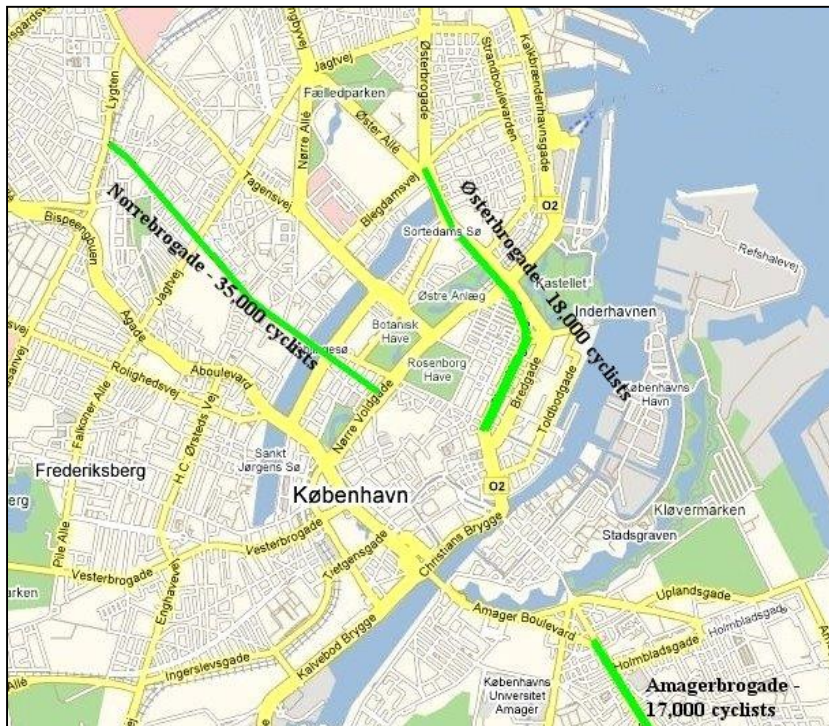


Abb. 9: Grüne Wellen in Kopenhagen (Copenhagenize, 2008)

Praxisbeispiel 2 - Odense

Weitere Beispiele für umgesetzte grüne Wellen für den Radverkehr kommen ebenfalls aus Dänemark aus der Stadt Odense. Auch hier wurde eine grüne Welle auf einem längeren Streckenabschnitt eingerichtet, der eine wichtige Bedeutung im Pendelverkehr in Odense einnimmt. Der Streckenbereich mit der grünen Welle umfasst insgesamt vier LSA-KP über eine Länge von 1,2 km. Der geringste LSA-Knotenpunktabstand liegt hier bei etwa 250 m. Die grüne Welle ist für beide Fahrtrichtungen eingerichtet. Auf dem Streckenabschnitt wurde für die grüne Welle im Radverkehr ein Geschwindigkeitsbereich zwischen 20 km/h und 22 km/h als Progressionsgeschwindigkeit angesetzt (Odense-Kommune, 2004). Ähnlich wie in Kopenhagen gibt es auch hier Hinweisschilder, die den Radfahrenden die erforderliche Geschwindigkeit anzeigen. Diese sind in beiden Richtungen jeweils im Bereich der signalisierten Knotenpunkte aufgestellt. Damit die Radfahrenden aber auch entlang des Streckenabschnitts über ihre gefahrenen Geschwindigkeiten informiert werden, wurden zusätzlich sechs Geschwindigkeitsanzeiger aufgestellt, welche mit Hilfe von Radarmessungen die aktuell gefahrene Geschwindigkeit auf einem Display anzeigen. Neben der Einrichtung der grünen Welle wurden entlang des Streckenabschnitts zusätzlich noch die Vorrang- und Vorfahrtregelungen an den Knotenpunkten ohne LSA zu Gunsten des Radverkehrs angepasst (vgl. Abb. 10).



Abb. 10: Geschwindigkeitsanzeigetafeln (Soll und Ist) in Odense (Andersen, 2006)

In Odense wurde an verschiedenen Abschnitten zusätzlich noch eine weitere technische Möglichkeit installiert, um den Radfahrenden anzuzeigen, ob sie sich zwischen den Knotenpunkten im Grünband der grünen Welle bewegen. An diesen Abschnitten sind am Rande der Radverkehrsanlage Leuchtdioden in kleinen Pollern installiert. Über diese Dioden wird das Grünband der Koordination der grünen Welle für den Radverkehr sichtbar für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer angezeigt. Diese Leuchtdioden leuchten grün auf (vgl. Abb. 11), wenn sich der Radfahrende im Grünband der Koordination der grünen Welle befindet.



Abb. 11: Leuchtdioden in Odense (Andersen, 2006)

Praxisbeispiel 3 - Amsterdam

Neben den dänischen Städten Kopenhagen und Odense wurde auch in den Niederlanden eine grüne Welle für den Radverkehr umgesetzt. Im Herbst 2007 wurde in der Raadhuisstraat in Amsterdam eine grüne Welle für den Radverkehr vorgesehen. Der Streckenabschnitt umfasst insgesamt 11 signalisierte Knotenpunkte auf einer Gesamtlänge von etwa 600 m. Der größte Knotenpunktabstand beträgt auf diesem Streckenabschnitt etwa 120 m. Die grüne Welle wurde für beide Fahrtrichtungen auf der Raadhuisstraat eingerichtet. Die ehemalige grüne Welle für den Kfz-Verkehr, welche wirkungslos gewesen ist, wurde damit aufgehoben (Fietsberaad, 2007). Für die Implementierung der grünen Welle wurden zunächst die verschiedenen Umlaufzeiten bzw. Signalisierungsformen der 11 Knotenpunkte auf dem Streckenabschnitt vereinheitlicht. Alle Knotenpunkte

laufen nun festzeitgesteuert. Dafür musste an zwei Knotenpunkten die verkehrsabhängige Steuerung aufgehoben werden. Als Systemumlaufzeit der elf Knotenpunkte wurde eine einheitliche Umlaufzeit von 60 Sekunden gewählt. Die Progressionsgeschwindigkeit für die Koordinierung auf der Raadhuisstraat liegt in beiden Richtungen in einem Bereich zwischen 15 km/h und 18 km/h (Fietsberaad, 2007). Auch hier zeigen erste Ergebnisse, dass die vermuteten Negativeffekte einer grünen Welle auf die anderen Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer nur gering sind, teilweise sogar ausblieben. Die Reisezeiten im öffentlichen Verkehr konnten insgesamt verringert werden. Die durchschnittliche Fahrtzeit der Busse konnte um drei Minuten und die der Trams um eineinhalb Minuten verkürzt werden. Die durchschnittliche Reisezeit des Kraftfahrzeugverkehrs wurde hingegen durch die grüne Welle im Radverkehr auf diesem Straßenzug um eine dreiviertel Minute verlängert (Fietsberaad, 2007).

Praxisbeispiel 4 – San Francisco

In Nordamerika übernimmt vor allem die Stadt San Francisco eine Vorreiterrolle bezüglich der Priorisierung und Beschleunigung des Radverkehrs. An der Valencia Street wurde, ähnlich wie in Kopenhagen, zunächst noch in einem Pilotprojekt ab Februar 2009 eine grüne Welle für den Radverkehr über sechs signalisierte Knotenpunkte aufgebaut. Die Progressionsgeschwindigkeit, mit welcher die grüne Welle entwickelt wurde, beträgt 13 mph (etwa 21 km/h). Aufgrund des starken Verkehrsaufkommens des Kraftfahrzeugverkehrs in den Spitzenstunden kam es auf der Valencia Street (noch vor der Umsetzung der grünen Welle) zu erheblichen Stauungen im MIV. Der Kraftfahrzeugverkehr bewegte sich damals in einem Geschwindigkeitsbereich von 8 mph bis 20 mph. Im Jahr 2011 wurde das Pilotprojekt dann zu einer dauerhaften Lösung auf insgesamt 10 signalisierte Knotenpunkte und einer Streckenlänge von etwa 1,6 km erweitert. Im Jahr 2012 wurde auf der 14th Street die zweite grüne Welle für den Radverkehr in San Francisco wiederum als Pilotprojekt eingeführt (Bialik, 2011). Wie bei den Beispielen zuvor wird auch hier den Radfahrenden die Geschwindigkeit angezeigt, mit welcher der Streckenabschnitt befahren werden sollte (vgl. Abb. 12).



Abb. 12: Hinweisschild auf der Valencia Street in San Francisco (Bialik, 2011) © Goebel

Praxisbeispiel 5 - Berlin

In Berlin wurde bisher erst an einem Streckenabschnitt eine grüne Welle für den Radverkehr umgesetzt (zwischen KP2 und KP3, vgl. Abb. 13). Auf der Belziger Straße im Berliner Stadtteil Schöneberg wurde die Steuerung von insgesamt drei Lichtsignalanlagen an die Belange der Radfahrenden angepasst. Für die Entwicklung der grünen Welle auf der Belziger Straße wurde zwischen den beiden östlichen Knotenpunkten (KP2 und KP3) eine Progressionsgeschwindigkeit von 18 km/h angesetzt und die Versatzzeiten der LSA entsprechend angepasst. Gleichzeitig wurden die Umlaufzeiten an diesen beiden Knotenpunkten von vormals 40 Sekunden auf nun 50 Sekunden erhöht. Auf dem Streckenabschnitt wurden keine weiteren Hinweisschilder oder andere Informationselemente für die Radfahrenden installiert. Die Steuerung der dritten LSA (an Nr. 1) wurde lediglich für die abbiegenden Radfahrenden optimiert und ist nicht Bestandteil der zusammenhängenden Koordinierung mit den anderen beiden Knotenpunkten.



Abb. 13: Eigene Abbildung auf Grundlage von: Berlin erste grüne Welle für Radfahrer (Kühl, 2014)

Eine gesicherte Auswertung zur Wirksamkeit der grünen Welle auf der Belziger Straße liegt in dem zugrundeliegenden Berichtszeitraum nicht vor und kann deshalb an dieser Stelle nicht angegeben werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Thematik der koordinierten Signalisierung des Radverkehrs auf Streckenabschnitten in den deutschen Regelwerken noch nicht ausreichend genau untersucht und beschrieben ist. Einerseits werden einzelne Hinweise zur Problematik, insbesondere zur Geschwindigkeitsstreuung im Radverkehr, bei der Entwicklung der grünen Wellen für den Radverkehr benannt. Andererseits werden kaum oder nur unzureichende Lösungsmöglichkeiten und -ansätze angegeben. Hieraus ergibt sich u. U. die Tatsache, dass in Deutschland nahezu keine Praxisbeispiele für koordinierte Lichtsignalsteuerungen für den Radverkehr vorhanden sind. Im Ausland, wie z. B. in den Nachbarländern Dänemark und Niederlande, wurden grüne Wellen für den Radverkehr bereits erfolgreich umgesetzt. Die Städte Kopenhagen und Amsterdam konnten sogar zeigen, dass die befürchteten negativen Auswirkungen für alle anderen Verkehrsteilneh-

mergruppen in einem tolerablen Rahmen bleiben, teilweise konnten auch Verbesserungen in der Verkehrsqualität aller Verkehrsteilnehmergruppen festgestellt werden. Weiterhin zeigt sich bei allen internationalen Praxisbeispielen eine auffällige Gemeinsamkeit. Überall werden Geschwindigkeitshinweisschilder aufgestellt, um die Radfahrenden über die zu fahrende Geschwindigkeit auf den Streckenabschnitten zu informieren. Dieser Ansatz sollte bei einer praktischen Umsetzung unbedingt in Erwägung gezogen werden.

3 Erarbeitung von Maßnahmen zur Radverkehrsbeschleunigung

Kapitel 3 beschäftigt sich inhaltlich mit den möglichen Maßnahmen zur Beschleunigung des Radverkehrs. Folgende Struktur wird der Bearbeitung zu Grunde gelegt: Allgemeines zur grünen Welle, theoretische Ansätze zu grünen Wellen, Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Umsetzung gemeinsamer grünen Wellen im Rad- und Kfz-Verkehr.

3.1 Allgemeines zur grünen Welle

Aufbauend auf der Literaturanalyse wurden verschiedene Ansätze und Randbedingungen für die Radverkehrsbeschleunigungsmaßnahmen analysiert. Dazu wurden grundlegende Untersuchungen zu den Einflüssen unterschiedlicher Parameter auf eine Radverkehrsbeschleunigung durchgeführt. Im Folgenden werden die wesentlichen Möglichkeiten kurz dargestellt.

Für die Steuerung des Verkehrs an einer LSA wird neben der Festzeitsteuerung auch die verkehrsabhängige Steuerung verwendet. Die Steuerung eines einzelnen Knotenpunkts in Festzeit verwendet dazu statische Parameter, die sich u. a. aus der Geometrie des Knotenpunkts, der Anzahl der Phasen und deren Kombination sowie dem angenommenen Verkehrsaufkommen ergeben. Der Ablauf der Steuerung wird bei diesem Verfahren im Planungsprozess festgelegt. Verschiedene Anforderungen im Tages- bzw. Wochengang werden über unterschiedliche Signalprogramme realisiert. Alternativ dazu kann ein messwertbasiertes verkehrsabhängiges Steuerungsverfahren angewendet werden. Dieses wertet zusätzlich aktuelle Daten des Verkehrsaufkommens durch die Verwendung von Detektoren aus und optimiert die Signalsteuerung anhand des aktuellen Verkehrszustandes.

Ausgehend von diesen lokalen Steuerungsverfahren wird zur Beschleunigung der Verkehrsströme über mehrere signalisierte Knotenpunkte ein Streckensteuerungsverfahren verwendet. Als Anwendungsfälle kommen auch hier zwei Varianten zum Einsatz. Es wird zwischen einer statischen grünen Welle in Festzeitsteuerung und einer verkehrsabhängigen grünen Welle unterschieden. Neben den knotenpunktspezifischen Parametern müssen für die Umsetzung einer grünen Welle weitere infrastrukturelle Parameter berücksichtigt werden. Hierzu zählen u. a. der Knotenpunkt Abstand (KPA), die Anzahl sowie Lage und Abstand von ÖPNV-Haltestellen. Neben den Infrastrukturparametern werden für grüne Wellen auch zusätzliche betriebliche Parameter berücksichtigt. Unterschieden werden hierbei einerseits verkehrliche Parameter – z. B. (Progressions-) Geschwindigkeiten (V_P), aktuelle Verkehrsstärken (q), Zeitlücken (t_z) – und andererseits lichtsignaltechnische Parameter, wie Synchronisationszeiten, Umlaufzeiten (t_U), Freigabezeiten (t_F) oder vorhandene

verkehrsabhängige Steuerungen. Die Umsetzung einer grünen Welle erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Stellgrößen und weist daher eine große Komplexität auf.

Im Radverkehr können zur Umsetzung einer grünen Welle prinzipiell beide zuvor genannten Verfahren angewendet werden. Hinsichtlich der Umsetzbarkeit lässt sich jedoch feststellen, dass sowohl die grüne Welle in Festzeit als auch die grüne Welle als verkehrsabhängige Steuerung von den gleichen Parametern wesentlich beeinflusst werden. Maßgebend sind hier vor allem die Abstände der Knotenpunkte, die Umlaufzeiten an sowie die Versatzzeiten zwischen den Signalzeitplänen der Knotenpunkte. Zusätzlich muss eine weitere wichtige Eingangsgröße berücksichtigt werden, die anzunehmende Geschwindigkeit der Fahrzeuge – die Progressionsgeschwindigkeit. Für den Kfz-Verkehr wird im Allgemeinen bei der Erstellung einer grünen Welle eine Progressionsgeschwindigkeit (V_P) von 50 km/h (100 % V_{zul}) angesetzt (FGSV, 2010_b). Aufgrund der stärkeren Abhängigkeit der Geschwindigkeiten im Radverkehr von den physischen Voraussetzungen der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer sowie von topographischen und Witterungseinflüssen ist die Festlegung einer einheitlichen Progressionsgeschwindigkeit schwieriger als im Kfz-Verkehr bzw. situationsbezogen zu bestimmen. Wie der Auswertung der Regelwerke zu entnehmen ist, wird in den RiLSA ein Progressionsgeschwindigkeitsspektrum zwischen 16 und 20 km/h für Radfahrende vorgeschlagen (FGSV, 2010_b).

3.2 Theoretische Ansätze zu grünen Wellen

Um die Einflüsse dieser Stellschrauben zu untersuchen, wurde zum einen versucht, sich dem Optimierungsproblem mathematisch und zum anderen auch durch eine modellhafte Umsetzung zu nähern. Der mathematische Ansatz beschäftigt sich mit der Kombination unterschiedlicher Knotenpunktabstände in Verbindung mit einer Anpassung der Umlauf und Versatzzeiten unter Berücksichtigung verschiedener Geschwindigkeiten im Kfz- und Radverkehr. Eine erste grundsätzliche Überlegung beschäftigt sich mit der Optimierung der grünen Wellen für die einzelnen Verkehrsarten. Allgemein lässt sich festhalten, dass das Optimum bei einem Knotenpunktabstand entsteht, der dem Teilpunktabstand entspricht. Dargestellt ist dies exemplarisch in Abb. 14 als Kombination eines Knotenpunktabstands bzw. Teilpunktabstands von 150 m mit einer Umlaufzeit von 60 s. Die Versatzzeit liegt in diesem Beispiel bei 30 s. Dem Radverkehr steht bei dieser idealen Konstellation und einer angenommenen Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h ein durchgängiges Grünband in Größe der vollständigen Freigabezeit in beide Richtungen zur Verfügung (Voraussetzung: alle Knotenpunkte haben die gleiche Freigabezeit in der Koordinierungsrichtung). Abbildung Abb. 15 zeigt, dass dieses Optimum bei unterschiedlichen Kombinationen von Umlaufzeiten und Knotenpunktabständen sowie bei stets idealen homogenen Knotenpunkteigenschaften erreicht werden kann. Die Geschwindigkeit beträgt einheitlich 20 km/h. Gleiches lässt sich auch bei einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h mit entsprechend größeren Knotenpunktabständen erzeugen (siehe Anhang Abb. 82).

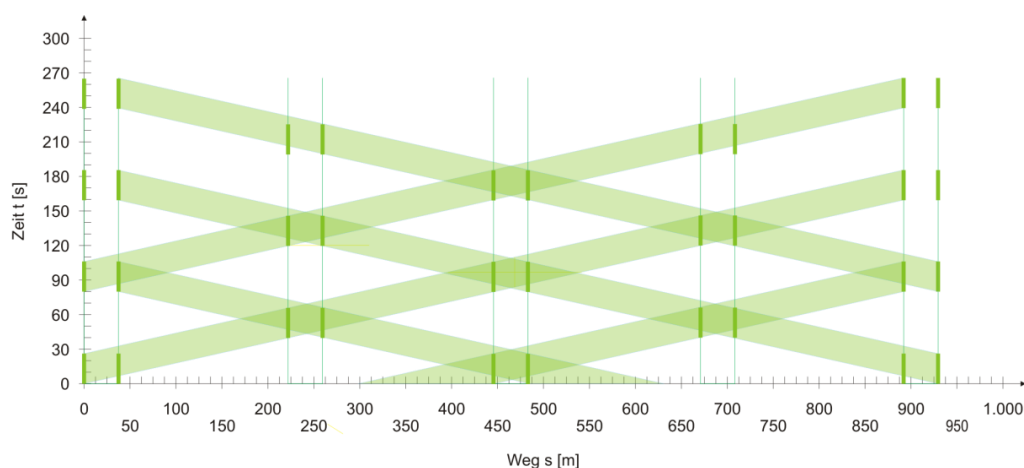
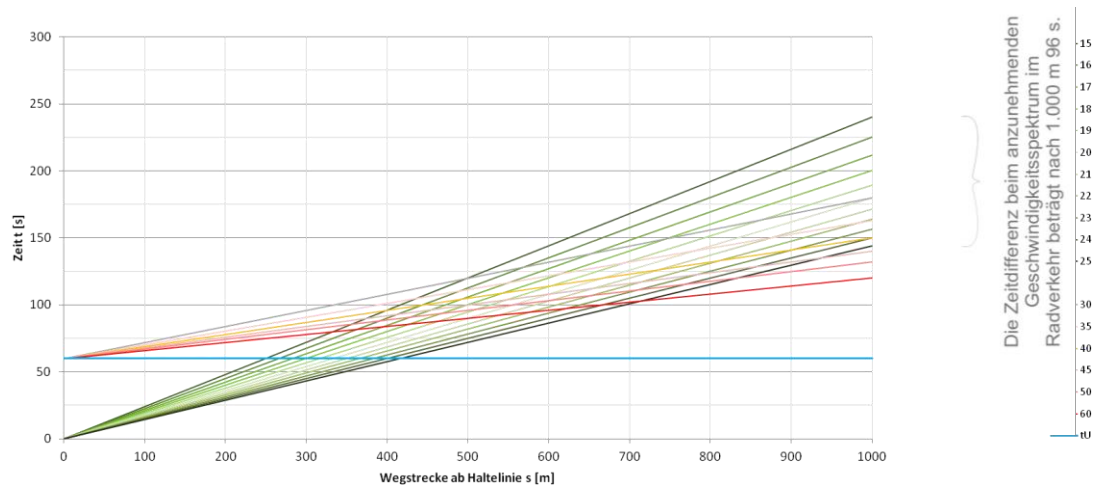


Abb. 14: Optimale Grünbänder in beiden Richtungen ($V_{\text{Rad}} = 20 \text{ km/h}$, $t_u = 80 \text{ s}$) (eigene Darstellung)

Umlaufzeit t_u [s]	Abstand der Knotenpunkte [m]							
	277,78	333,33	388,89	444,44	500,00	555,56	611,11	666,67
50	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00	40,00	44,00	48,00
60	16,67	20,00	23,33	26,67	30,00	33,33	36,67	40,00
70	14,29	17,14	20,00	22,86	25,71	28,57	31,43	34,29
80	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	27,50	30,00
90	11,11	13,33	15,56	17,78	20,00	22,22	24,44	26,67
100	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00
110	9,09	10,91	12,73	14,55	16,36	18,18	20,00	21,82
120	8,33	10,00	11,67	13,33	15,00	16,67	18,33	20,00

Abb. 15: Geschwindigkeiten [km/h] im Radverkehr zum Erreichen des nächsten Knotenpunkts innerhalb der Umlaufzeit t_u (eigene Darstellung)



Geschwindigkeit Kfz-Verkehr V [km/h]	Geschwindigkeit Radverkehr V [km/h]										
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$t_u = 60 \text{ s}$											
30	500	571	654	750	864	1.000	1.167	1.375	1.643	2.000	2.500
35	438	491	551	618	693	778	875	987	1.118	1.273	1.458
40	400	444	493	545	603	667	737	815	902	1.000	1.111
45	375	414	455	500	548	600	656	717	784	857	938
50	357	392	429	469	511	556	603	655	710	769	833
55	344	376	410	446	484	524	566	611	659	710	764
60	333	364	395	429	463	500	538	579	622	667	714

Abb. 16: Tabellarische und graphische Darstellung der Knotenpunktabstände [m] für das Erreichen der Sekundärwelle im Kfz-Verkehr ($t_u = 60 \text{ s}$) (eigene Darstellung)

Weiterführende Überlegungen zeigen jedoch, dass sich die Überlagerung der Progressionsgeschwindigkeiten des Rad- und Kfz-Verkehrs als besonders schwierig erweisen. Dargestellt sind in

Abb. 16 beispielhaft die Knotenpunktabstände, die für bestimmte mögliche Progressionsgeschwindigkeiten im Radverkehr zum Erreichen der Sekundärwelle unterschiedlicher möglicher Progressionsgeschwindigkeiten im Kfz-Verkehr bei einer Umlaufzeit von $t_U = 60$ s notwendig sind. Aus Abb. 16 geht besonders deutlich hervor, dass die Streuung der Radgeschwindigkeiten das Hauptproblem darstellt. Wird nur die in der Regel angewendete Kfz-Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h betrachtet, so wird deutlich, dass die Lage der Punkte, an denen sich die Geschwindigkeitsgeraden der Fahrräder (zwischen 16 km/h und 20 km/h) und der Kraftfahrzeuge erneut treffen, um etwa 164 m differiert. Wird dieser Betrachtung eine, aus ersten Stichprobenmessungen ermittelte, anzunehmende mittlere Geschwindigkeitsverteilung im Radverkehr zwischen 15 und 25 km/h zu Grunde gelegt, dann wird aus Abb. 16 zudem deutlich, welche Auswirkungen dies bei einer Beschleunigungsstrecke von 1.000 m auf die Ankunftsverteilung der Radfahrenden hat. Zwischen den langsamsten und schnellsten Radfahrenden der Gruppe ergibt sich eine Zeitdifferenz von 96 s. Dies entspricht mehr als einer Umlaufzeit von 90 s bzw. dem 1,5-fachen einer 60 s Umlaufzeit. Die Radfahrenden werden im Laufe der Strecke zu unterschiedlichen Zeiten an den zu beschleunigenden Knotenpunkten eintreffen, wodurch eine Koordinierung für alle Geschwindigkeiten im Radverkehr unmöglich wird.

Zusammenfassend lässt sich anhand der mathematischen Auseinandersetzung mit der Thematik feststellen, dass sich optimale Lösungen, wie die vollständige Überlagerungen der Grünbänder für alle Verkehrsteilnehmergruppen in beiden Richtungen, selbst unter idealen Randbedingungen nur bei großen Knotenpunktabständen herstellen lassen. Unter Berücksichtigung der Streuung der Geschwindigkeiten im Radverkehr relativiert sich diese Aussage, da bei großen Knotenpunktabständen ausschließlich Radfahrende das berechnete Grünband erreichen, die sich mit der berücksichtigten Progressionsgeschwindigkeit fortbewegen. Es ist im Umkehrschluss anzunehmen, dass im realen Umfeld stets nur eine an die Situation angepasste Lösung gefunden werden kann. Im weiteren Vorgehen ist zu prüfen, ob die Verwendung einer fixen, für die Mehrzahl der Radfahrenden erreichbaren Progressionsgeschwindigkeit sinnvoll ist (vgl. Beispiel Nørrebrogade, Kapitel 2.2). Die gleichzeitige Koordinierung in beiden Richtungen wird in den meisten Fällen lediglich durch Unterbrechungen bzw. sukzessive Reduzierungen des Grünbands erreicht werden.

3.3 Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Umsetzung gemeinsamer grüner Wellen im Radverkehr und Kfz-Verkehr

Wie die zuvor untersuchten Fälle zeigen, gestaltet sich die Umsetzung einer optimalen grünen Welle nur unter Einhaltung verschiedener komplexer verkehrstechnischer Zusammenhänge. Im nächsten Arbeitsschritt soll daher überprüft werden, unter welchen Randbedingungen eine gemeinsame grüne Welle im Rad- und Kfz-Verkehr realisierbar ist.

Die Umsetzung eines Realzustands (Untersuchungsstrecke) wird für die vorbereitende Untersuchung zunächst nicht beabsichtigt, weil im Allgemeinen sehr viele ortsspezifische Einflussgrößen zu berücksichtigen sind, die eine Vergleichbarkeit erschweren. Aus diesem Grund werden als Basis für die Analyse ideale Fallbeispiele (Folge von drei Knotenpunkten) entworfen. Diese werden

hinsichtlich verschiedener Randbedingungen wie Umlaufzeiten (60 s bis 90 s), Knotenpunktabstände (100 m bis 300 m), usw. überprüft. Ziel ist es, mit Hilfe des Programms LISA+ (Version 5.0.2 der Schlothauer & Wauer Ingenieurgesellschaft für Straßenverkehr mbH) Festzeitkoordinierungen zu erarbeiten, die ein durchgängiges Grünband erzeugen. Die Breite des Grünbandes soll so groß wie möglich sein, ohne dabei die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte zu stark zu beeinflussen. Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit werden Belastungen anhand der Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (FGSV, 2007 S. 33 ff.) gewählt, die im Bezug zur gewählten Anzahl der Fahrstreifen in der Zu- und Ausfahrt des Knotenpunkts stehen. Des Weiteren werden drei verschiedene Knotenpunktgrundformen definiert (kleiner Knotenpunkt – Haltelinienabstand (HLA) = 27,5 m, mittlerer Knotenpunkt – HLA = 31 m, großer Knotenpunkt – HLA = 36,5 m), die verschiedene realitätsnahe Knotenpunkttypen darstellen. Überdies wird auch die Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen sowie die Fahrstreifenaufteilung im Knotenpunktbereich variiert. Für die Progressionsgeschwindigkeiten werden im MIV 50 km/h und im Radverkehr 18 km/h mit einer Streuung der Geschwindigkeit von ± 2 km/h angenommen. Alle wesentlichen signaltechnischen Parameter werden richtlinienkonform berechnet und bei der Betrachtung an den entsprechenden Stellen berücksichtigt. Entlang einer Simulationsstrecke (Fallbeispiel) werden zunächst stets 2-Phasen-Steuerungen angewendet und die Signalzeitenpläne (SZP) zwischen den Knotenpunkten nicht verändert.

Eine Bewertung der Untersuchungsvarianten erfolgt anhand der Grünbandbreiten im Kfz- und Radverkehr. Grünbänder mit einer Breite von mindestens 10 s im Radverkehr werden besonders positiv bewertet. Anhand dieser getroffenen Annahmen werden für alle Untersuchungsvarianten folgende möglichen Maßnahmen hinsichtlich einer Verbesserung der Koordinierung überprüft:

- Vorzeitiges Freigabezeitende,
- Freigabezeitverlängerung,
- Anpassen der Versatzzeit zwischen den Knotenpunkten.

Exemplarisch sollen an dieser Stelle die Ergebnisse der Untersuchungsvariante 100 m Knotenpunktabstand (mittlerer Knotenpunkt, $t_u = 90$ s) dargestellt werden. Bei Knotenpunktabständen von 100 m stellt sich eine Umlaufzeit von 90 s als besonders vorteilhaft heraus. Sowohl für den Kfz- als auch für den Radverkehr ergeben sich ohne größere Anpassungen Grünbänder von 40 s bzw. 14 s bei der Betrachtung über drei Knotenpunkte (siehe Abb. 17). Dem Anhang (vgl. S. 114) sind drei weitere Varianten mit der Folge von sechs Knotenpunkten und verschiedenen Versatzzeiten zu entnehmen, wobei sich die Varianten hinsichtlich der Priorisierung in der Koordinierung unterscheiden (siehe Anhang Abb. 83 bis Abb. 85). Bei der Kombination von sechs Knotenpunkten stellt sich im Optimum für alle Verkehrsarten und Richtungen Grünbänder im Kfz-Verkehr von 18 s und im Radverkehr von 12 bzw. 13 s ein (siehe Anhang Abb. 84). Die Bewertung der Verlustzeiten wurde an dieser Stelle noch nicht betrachtet. Anhand der Koordinierung lässt sich bereits erkennen, dass sich bei dieser Variante Defizite hinsichtlich der Wartezeiten und Staulängen ergeben werden. Die anderen angesprochenen Maßnahmen sind nicht bei allen Umlaufzeiten anwendbar.

Die Maßnahmen werden bisher für die Folge von drei Knotenpunkten verglichen und hinsichtlich der Bewertung des Verkehrsablaufs untersucht.

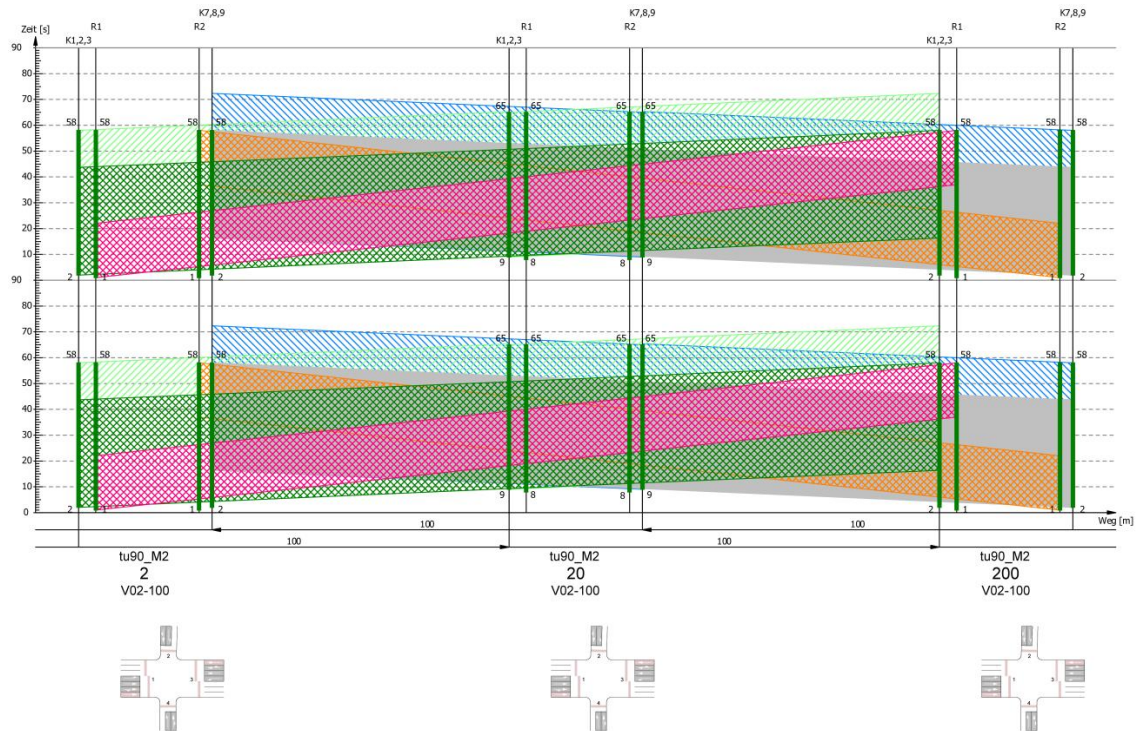


Abb. 17: Beispiel eines Grünbandes über drei Knotenpunkte ($t_U = 90$ s, KPA = 100 m) (eigene Darstellung in LISA+)

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass sich insbesondere bei Umlaufzeiten von 80 s bzw. 90 s angemessene grüne Wellen für alle untersuchten Knotenpunktabstände herstellen lassen. Insbesondere bei Umlaufzeiten von 60 s und 70 s fallen die Grünbänder eher schmal aus. Eine Ausnahme bilden die Knotenpunkte mit Abständen von 300 m, bei denen Umlaufzeiten von 70 s und 80 s besonders vorteilhaft sind. Bei geringen Umlaufzeiten können z. T. keine Grünbänder für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer erzeugt werden.

Eine Analyse von verkehrsabhängigen Steuerungen wird an dieser Stelle nicht durchgeführt, weil die hierbei verwendeten Instrumente sehr stark von der aktuellen Verkehrssituation abhängig sind. Prinzipiell kann als Rückschluss aus der Analyse der Festzeitsteuerung festgestellt werden, dass insbesondere eine Phasenverlängerung mit Freigabezeitverlängerung eine deutliche Verbesserung der Grünbänder bewirken kann.

Weiterhin kritisch zu betrachten ist die Streuung der Geschwindigkeiten im Radverkehr. Die Progressionsgeschwindigkeit sollte einerseits so gewählt werden, dass eine Beschleunigung des Radverkehrs eintritt, andererseits aber so, dass eine möglichst große Zahl an Radfahrenden von den grünen Wellen profitiert. Erste Verfolgungsfahrten im Radverkehr zeigen, dass Geschwindigkeiten unterhalb von 18 km/h zur Beschleunigung des Radverkehrs eher ungeeignet erscheinen. Eine Beschleunigung kann in einem bestimmten Maße durch die Vermeidung von Rotlichthalten erzeugt werden. Die angenommene Progressionsgeschwindigkeit darf jedoch nicht zu niedrig angesetzt werden, um keine zu starken Zeitverluste im fließenden Verkehr hervorzurufen und die Ak-

zeptanz der grünen Welle zu schwächen. Eventuell sollten für unterschiedliche Richtungen und Tageszeiten unterschiedliche Progressionsgeschwindigkeiten verwendet werden. Eine Überprüfung dieser Möglichkeiten muss die Simulation der Untersuchungsstrecken zeigen.

3.4 Untersuchungsansätze

Aus den zuvor dargestellten Voruntersuchungen können für Festzeitsteuerungen folgende Ansätze als geeignet erachtet werden:

- Freigabezeitverlängerungen,
- Anpassen der Versatzzeiten hinsichtlich einer Verbesserung der richtungsbezogenen grünen Welle,
- grüne Wellen in einer Richtung,
- Mehrphasensteuerungen an Einzelknotenpunkten zur Optimierung des Verkehrsablaufs,
- vorgezogener Freigabebeginn in Verbindung mit Mehrphasensteuerungen.

Weitere Ansätze, deren Eignung streckenbezogen geprüft werden könnten:

- Phasentausch,
- geänderte Phasenfolge.

In der Simulation muss getestet und bewertet werden, welche Auswirkungen die angestrebten Maßnahmen auf den Verkehrsablauf haben.

4 Auswahl von Untersuchungsstrecken, Bestandsaufnahmen und Aufbau der Simulationsmodelle

Nach der theoretischen Einführung in den Aufbau, Funktion sowie Wirkungsabschätzung von grünen Wellen für den Radverkehr erfolgt in diesem Kapitel die Auswahl von Untersuchungsstrecken, für welche die verschiedenen Ansätze der Radverkehrsbeschleunigung mit Hilfe von Simulationsmodellen umgesetzt werden sollen. Für die Auswahl geeigneter Strecken konnten anhand der Literaturanalyse sowie der Untersuchungen zu den Maßnahmen und möglichen Einflüsse auf eine Radverkehrsbeschleunigung verschiedene Kriterien herausgearbeitet werden. Nachstehend sind die Auswahlkriterien mit den entsprechenden Randbedingungen für die Auswahl der Streckenabschnitte sowie die endgültig ausgewählten Streckenabschnitte aufgeführt. Auf allen ausgewählten Streckenabschnitten werden verschiedene Bestandsaufnahmen der verkehrlichen Kenngrößen durchgeführt. Dabei werden die aktuellen Verkehrsstärken im Kfz-, Fuß-, und Radverkehr bestimmt. Zusätzlich wurden für verschiedene Radverkehrsanlagen auf den ausgewählten Streckenabschnitten die lokalen Geschwindigkeiten der Radfahrenden ermittelt. Die Bestandsaufnahmen bilden wiederum eine wichtige Input-Größe für den Aufbau der Simulationsmodelle.

4.1 Bestimmung von allgemeinen Auswahlkriterien

Ziel der Streckenauswahl ist, geeignete Untersuchungsstrecken des Berliner Fahrradhaupttrouten-netzes mit verschiedenen Streckencharakteristika zu finden. Für die Auswahl konnten verschiede-

ne Kriterien anhand der Literaturanalyse sowie der Untersuchungen zu den Maßnahmen und möglichen Einflüssen auf eine Radverkehrsbeschleunigung herausgearbeitet werden. Nachstehend sind die Hauptkriterien für die Auswahl der Streckenabschnitte aufgeführt:

- Bedeutung des Streckenabschnitts im Berliner Radverkehrsnetz:
 - Bestandteil des Berliner Fahrradhaupttroutennetzes, insbesondere innerhalb der Umweltzone -> erwartetes verstärktes Radverkehrsaufkommen,
 - weitere wichtige Radverkehrsverbindungen im Stadtgebiet.
- Anzahl der KP mit LSA auf dem Streckenabschnitt:
 - Streckenabschnitte mit mindestens drei LSA,
 - größere Abschnitte mit mehr als fünf LSA.
- Unterschiedliche LSA-Knotenpunktabstände:
 - geringe Abstände bis zu: 150 m,
 - Abstände im Bereich: 150 m - 300 m,
 - größere Abstände über: 300 m - max. etwa 500 m,
 - (Begrenzung auf 500 m aufgrund der bereits thematisierten Pulkauflösung).
- Bedeutung des Radverkehrs auf dem Streckenabschnitt:
 - Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen,
 - Potentielle Entwicklung der Radverkehrsanteile.
- Unterschiedliche Führungsformen:
 - Führung auf der Fahrbahn gemeinsam mit MIV,
 - Führung auf der Fahrbahn räumlich getrennt vom MIV auf Radfahrstreifen oder Schutzstreifen,
 - Führung auf der Fahrbahn räumlich getrennt vom MIV auf dem Berliner Schutzstreifen (in der Regel Markierungsmaße eines Radfahrstreifens, Funktionsweise eines Schutzstreifens),
 - Führung auf der Fahrbahn gemeinsam mit dem ÖPNV auf freigegebenen Bussonderfahrstreifen,
 - separate Führung auf straßenbegleitenden Radwegen,
 - Vorhandensein einer Benutzungspflicht der Radverkehrsanlage.
- Nutzung / Beeinflussung des Streckenabschnitts durch den MIV:
 - Längs- oder querverlaufende grüne Wellen für den MIV,
 - Werte des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV-Werte), Verkehrsstärken in den Spitzenstunden,
 - Verkehrsabhängige Steuerungen der LSA.
- Nutzung / Beeinflussung des Streckenabschnitts durch den ÖPNV:
 - Anzahl der längs-, querverlaufenden Tram-/ Buslinien,
 - Beeinflussung der LSA-Steuerungen auf Grund von ÖPNV-Priorisierungen.

4.2 Auswahl der zu untersuchenden Streckenabschnitte

Das primäre Hauptaugenmerk bei der Suche nach Untersuchungsstrecken wird zunächst auf Streckenabschnitte gelegt, welche Bestandteil des Berliner Fahrradhaupttroutennetzes sind. Es zeigt

sich jedoch, dass die meisten Berliner Fahrradhaupttrouten über Straßen geführt werden, welche nicht zu den Hauptverkehrsstraßen des Kfz-Strassennetzes gehören. Die Routen verlaufen vielmehr auf den im Kfz-Strassennetz untergeordneten Erschließungsstraßen. Die Regelausführung der Knotenpunkte auf Erschließungsstraßen ist jedoch zumeist nicht signalisiert. Die Vorfahrt an diesen Knotenpunkten wird dementsprechend mit Schildern oder über Rechts-vor-Links geregelt. Teilweise führen die Berliner Fahrradhaupttrouten auch durch Parkanlagen oder über andere Abschnitte, die nicht von Kfz befahren werden können, auch dort fehlen Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen. Eine reine Auswahl von Streckenabschnitten aus dem Fahrradhaupttroutennetz konnte deshalb als nicht zielführend identifiziert werden. Aus diesem Grund wird der Fokus zusätzlich auch auf Streckenabschnitte gelenkt, welche nicht zum Fahrradhaupttroutennetz gehören, die jedoch eine wichtige Bedeutung für den Radverkehr besitzen.

Für eine Vorauswahl von geeigneten Strecken erfolgt ein Zusammentragen aller Informationen und Angaben zu den oben genannten Kriterien mit Hilfe der gängigen Datenquellen (wie z. B. Google Earth, Google Street View, OpenStreetMap, Kartenmaterial von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt etc.). Ergänzt werden die Daten durch diverse Vorortbegehungen, um so das Datenmaterial mit der realen Situation vor Ort ab- und anzugleichen. Ebenso werden weitere Hinweise für potentielle Streckenabschnitte aus dem Projekt-Startgespräch mit den Vertretern des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und des Umweltbundesamtes (UBA) sowie Beteiligten der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, der Verkehrslenkung Berlin (VLB) und dem Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club e.V. Berlin (ADFC) in Betracht gezogen. Als Ergebnis können insgesamt 19 relevante Streckenabschnitte identifiziert werden (vgl. Abb. 18).

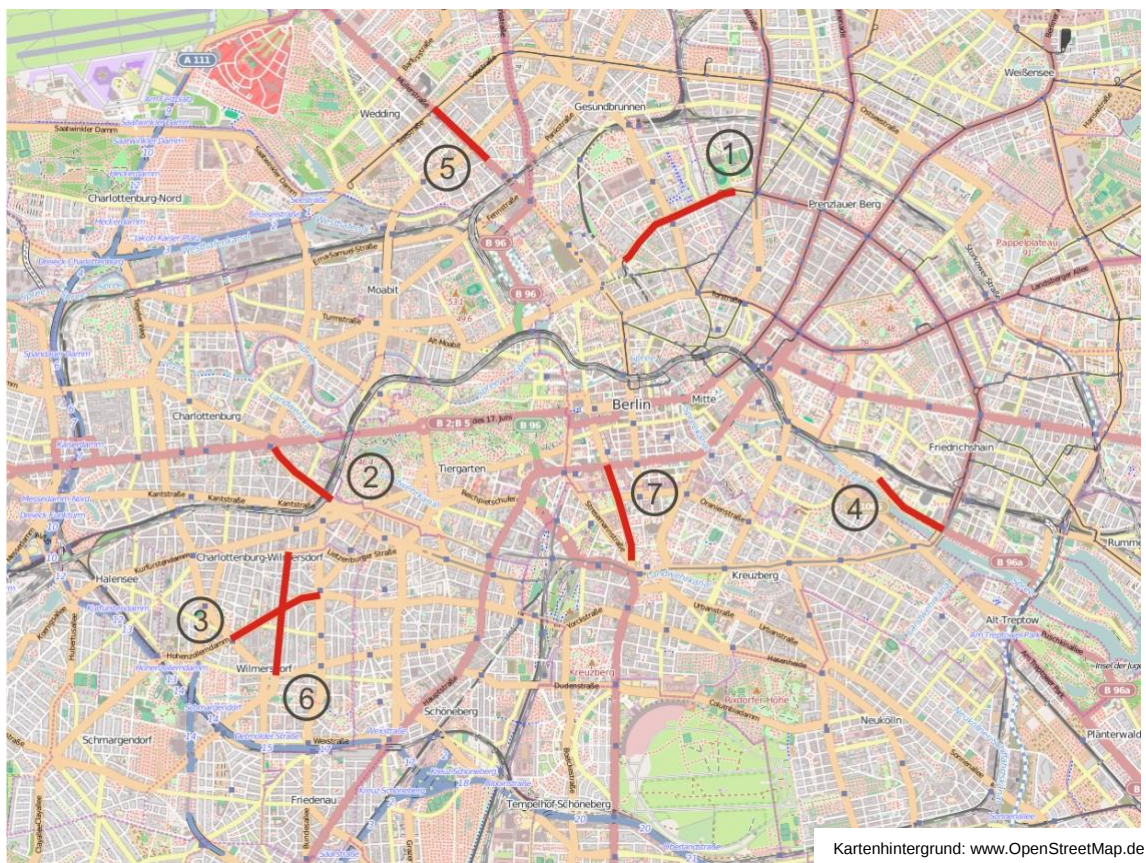
Bsp.- Nr.	Name des Streckenabschnitts	Auswahl-Ansatz	LSA-KP-Anzahl [n]	Streckenlänge [km]	LSA-KP-Abstände [m]			Radverkehrsführung
					Ø	min	max	
1	Müllerstraße	Nebenroute	10	1,5	170	110	330	Bln. Schutzstreifen + gemeinsam mit MIV
2	Wilhelmstraße	Nebenroute	10	1,8	180	110	395	Bln. Schutzstreifen
3	Mühlenstraße	Hauptroute	8	1,4	200	90	370	Bln. Schutzstreifen
4	Nachodstr.-Hohenstaufenstr.	Nebenroute	5	1,0	200	95	255	straßenbegleitender Radweg
5	Uhlandstraße	Startgespräch	7	1,5	250	150	410	Bln. Schutzstreifen
6	Hardenbergstraße	Nebenroute	5	1,2	240	110	360	Bussonderfahrstreifen
7	Perleberger Straße	Nebenroute	5	1,2	300	250	350	Bln. Schutzstreifen + Bussonderfahrstreifen
8	Pannierstraße	Startgespräch	4	0,7	220	170	310	straßenbegleitender Radweg
9	Kreuzbergstraße	Startgespräch	4	1,0	315	275	385	Bln. Schutzstreifen
10	Bergmannstraße	Startgespräch	3	0,6	270	250	290	gemeinsam mit MIV
11	Belziger Straße	Startgespräch	3	0,7	360	290	430	gemeinsam mit MIV
12	Urbanstraße	Nebenroute	7	2,3	325	190	520	straßenbegleitender Radweg
13	Hohenzollerndamm - Fehrbelliner Pl.	Nebenroute	6	1,2	250	200	315	straßenbegleitender Radweg
14	Westfälische Straße	Nebenroute	7	1,6	265	80	340	Bln. Schutzstreifen
15	Lietzenburger Straße	Nebenroute	5	1,8	270	70	360	straßenbegleitender Radweg
16	Großbeerenstr.	Hauptroute	5	1,0	245	190	350	Bln. Schutzstreifen
17	Kaiserdamm	Hauptroute	5	1,0	260	160	390	straßenbegleitender Radweg
18	Bismarckstraße	Hauptroute	6	1,4	270	165	370	straßenbegleitender Radweg
19	Bernauer Straße	Hauptroute	5	1,2	305	205	415	straßenbegleitender Radweg

Abb. 18: Vorauswahl der Streckenabschnitte

Bei einem weiteren gemeinsamen Abstimmungsgespräch mit den zuvor genannten Beteiligten werden die o. g. 19 Streckenabschnitte vorgestellt und diskutiert. Für die Entwicklung der Simulationsmodelle sowie der verschiedenen Radverkehrsbeschleunigungsmaßnahmen werden

gemeinsam mit den Diskussionspartnern die folgenden Streckenabschnitte (vgl. auch Abb. 19) ausgewählt:

Streckenabschnitt	Auswahlkriterien (Auszug)
1) Bernauer Straße	hohe Bedeutung für den Radverkehr als Radverkehrs-Hauptroute, Tram in Längsrichtung <-> mögliche Synergieeffekte, benutzungspflichtiger, straßenbegleitender Radweg
2) Hardenbergstraße	einzigster Bussonderfahrstreifen im Auswahlkollektiv
3) Hohenzollerndamm (Ost)	geringer ÖPNV-Einfluss, geeignete KP-Abstände
4) Mühlenstraße	Radverkehrs-Hauptroute, geringer ÖPNV-Einfluss
5) Müllerstraße (Süd)	geplante Umbaumaßnahmen - potentieller Abschnitt für ein Folgeprojekt
6) Uhlandstraße	geringer ÖPNV-Einfluss, geeignete KP-Abstände
7) Wilhelmstraße (Süd)	hohe Bedeutung für den Radverkehr



Kartenhintergrund: www.OpenStreetMap.de

Abb. 19: Ausgewählte Streckenabschnitte (eigene Darstellung)

Weitere Angaben zu den Streckenabschnitten, wie z. B. Abstand/Anzahl der LSA, Verkehrsstärken etc., können dem Anhang (vgl. S. 117 ff.) entnommen werden.

4.3 Ermittlung der aktuellen Verkehrsstärken auf den Streckenabschnitten

Als Vorbereitung für den Aufbau der Simulationsmodelle werden nach der Auswahl der Untersuchungsstrecken die Verkehrsstärkedaten bei der Verkehrslenkung Berlin (VLB) angefragt. Es zeigt sich jedoch, dass die von der VLB zur Verfügung gestellten Verkehrszahlen zumeist fünf Jahre und älter sind. Darüber hinaus gibt es zu den nicht signalisierten Knotenpunkten auf den ausgesuchten Streckenabschnitten meistens keine konsistenten oder z. T. auch gar keine Verkehrszahlen, da die VLB die Verkehrszählungen i. d. R. nur an signalisierten Knotenpunkten vornimmt. Zudem stehen nicht für alle LSA geregelten Knotenpunkte Zählungen zur Verfügung. Die Verkehrszahlen sind jedoch eine wichtige Eingangsgröße für die Simulationsmodelle und dienen vor allem der Kalibrierung, um die verkehrliche Ist-Situation auf den jeweiligen Untersuchungsstrecken realitätsnah abbilden zu können. Die Qualität sowie die Verwertbarkeit der Messungen innerhalb der Simulationsmodelle hängen somit unmittelbar von den Eingangsgrößen ab. Um die jeweiligen Simulationsmodelle mit den aktuellen Verkehrsstärken versorgen zu können, werden deshalb für alle ausgewählten Untersuchungsstrecken Erhebungen der Verkehrsstärken im Kfz-Verkehr, im Radverkehr und im Fußverkehr geplant und durchgeführt. Die Erhebungen zu den Verkehrsstärken werden an den signalisierten und nicht signalisierten Knotenpunkten entlang der ausgewählten Streckenabschnitte an normalen Werktagen (Dienstag bis Donnerstag, keine Feier- oder Ferientage) im Zeitbereich des nachmittäglichen Spitzenverkehrs (Zeitbereich 15:00 Uhr - 18:00 Uhr) vorgenommen. Zusätzlich wird eine Stunde in der Nebenverkehrszeit (13:00 Uhr - 14:00 Uhr) gezählt.



Abb. 20: Hochstativkamera am KP Bernauer Straße / Brunnenstraße (eigene Aufnahme)

Die Erhebungen auf den Streckenabschnitten erfolgen über einen gleichzeitigen Einsatz von Zählpersonal sowie Videotechnik. Die Videotechnik wird an besonders stark belasteten Knotenpunkten der jeweiligen Streckenabschnitte positioniert. Die Abb. 20 zeigt exemplarisch den Messaufbau einer Hochstativkamera am Knotenpunkt Bernauer Straße / Brunnenstraße. Bei der anschließenden Auswertung der Videos werden die Verkehrsstärken des Kfz-, Rad- und des Fußverkehrs an allen

Knotenpunktarmen für alle Knotenpunkte jeweils in 15-Minuten-Intervallen ermittelt. Es stehen somit exakte Belastungsdaten für die Knotenpunkte zur Verfügung, die alle Fahr- und Gehbeziehungen der jeweiligen Verkehrsarten beinhalten.

An den weiteren Knotenpunkten auf den jeweiligen Streckenabschnitten (signalisiert und nicht signalisiert) wird das Zählpersonal positioniert, welches die Ein- und Abbieger auf den Untersuchungsstrecken ebenfalls in 15-Minuten-Intervallen notierte. Mit der Überlagerung der erhobenen Verkehrsstärken im jeweiligen Querschnitt aus den Videoaufnahmen und der vom Zählpersonal gezählten Anzahl der Ein- und Abbieger an den Knotenpunkten, kann für jeden einzelnen Knotenpunkt auf dem Streckenabschnitt die Verkehrsstärke in der Spitzenstunde bestimmt werden. Ein Vergleich der aktuell erhobenen Verkehrszahlen mit den von der VLB zur Verfügung gestellten (älteren) Verkehrszahlen zeigt, dass ein deutlicher Unterschied der jeweiligen Verkehrsstärken und -beziehungen in der Spitzenstunde für alle Streckenabschnitte zu verzeichnen ist. Dies unterstreicht zusätzlich die Notwendigkeit der durchgeführten Verkehrserhebungen. Die erhobenen Verkehrszahlen werden anschließend so aufbereitet, dass sie Eingang in die jeweiligen Simulationsmodelle der Streckenabschnitte finden können.

4.4 Ermittlung der lokalen Geschwindigkeiten

Zusätzlich zu den Erhebungen der Verkehrsstärken erfolgen auf ausgewählten Abschnitten der zu untersuchenden Streckenabschnitte Messungen zur Ermittlung der lokalen Fahrgeschwindigkeiten im Radverkehr. Bei der Auswahl der Strecken wird darauf geachtet, dass für alle unterschiedlichen Radverkehrsanlagen Messwerte aufgenommen werden. Die Messungen dienen einerseits der Ableitung der anzusetzenden Progressionsgeschwindigkeiten für den Aufbau der grünen Welle im Radverkehr sowie andererseits als Eingangsgröße für die Verkehrsverhaltens- und Geschwindigkeitsparameter der Radfahrenden in den Simulationsmodellen. Die lokalen Geschwindigkeiten der Radfahrenden werden mit Hilfe von Videomessungen bestimmt. Die Kameratechnik wird dafür an geeigneten Punkten im Streckenverlauf positioniert. Die Standorte der Messtechnik auf den Streckenabschnitten sind so ausgewählt, dass diese einen Abstand von mehr als 150 m zu den Knotenpunkten aufweisen. Hierdurch kann der Einfluss von LSA sowie Ein- und Abbiegern auf den Fahrtverlauf der Radfahrenden so gering wie möglich gehalten werden. Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass keine starken Steigungs- oder Gefällestrrecken sowie andere Hindernisse im Verlauf der Radverkehrsanlagen an den jeweiligen Messstandorten vorhanden sind. Der Einfluss von Engstellen oder Verschwenkungen der Verkehrsanlagen kann nicht aufwandsgerecht betrachtet werden. Die detaillierten Ergebnisse zu den verschiedenen Radverkehrsanlagen können den Anlagen entnommen werden (vgl. Abb. 86 auf S.116). Die Messergebnisse werden verkehrsanlagenspezifisch in die allgemeinen Einstellungen der jeweiligen Simulationsmodelle gepflegt.

Nachfolgend werden die aggregierten Ergebnisse aller Messungen angegeben. Die Auswertung zeigt, dass das durchschnittliche Geschwindigkeitsniveau im Radverkehr, gemessen auf allen Radverkehrsanlagen, bei 21,3 km/h liegt (vgl. Abb. 21).

	Geschwindigkeit [km/h]					
Datensätze n	Vmin	V15	V50	Vm	V85	Vmax
927	6,1	16,4	21,0	21,3	26,2	41,5

Abb. 21: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen im Radverkehr (eigene Darstellung)

Beim Vergleich der minimal und maximal gefahrenen Geschwindigkeiten wird wiederum das breite Geschwindigkeitsspektrum im Radverkehr stark deutlich.

Für die Ableitung der Progressionsgeschwindigkeit für grüne Wellen im Radverkehr werden die prozentualen Verteilungen der Geschwindigkeiten (siehe Abb. 22) herangezogen.

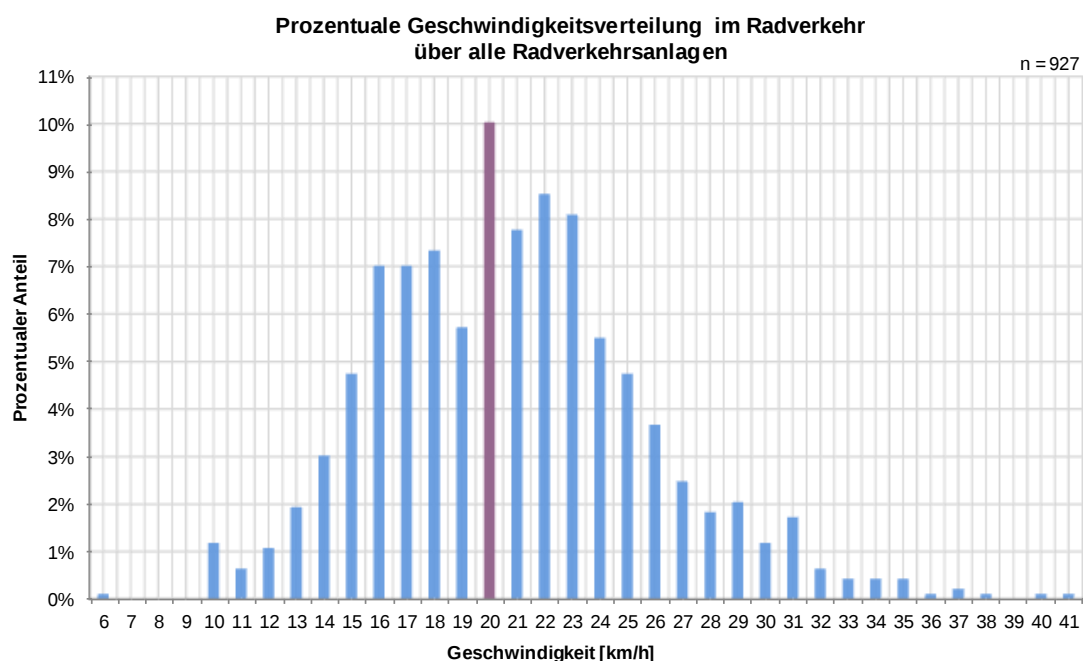


Abb. 22: Prozentuale Geschwindigkeitsverteilung im Radverkehr (eigene Darstellung der Messergebnisse)

Bei Betrachtung der Verteilungskurve ist zu erkennen, dass der Großteil der Radfahrenden (etwa 72 %, vgl. Abb. 23) eine durchschnittliche Geschwindigkeit im Bereich zwischen 15 km/h und 25 km/h erreicht, mit einem Maximalwert von etwa 10 % bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h. Nach anschließender Bildung verschiedener Geschwindigkeitsbereiche kann überprüft werden, wie viele Radfahrende mit den verschiedenen Bereichen prozentual abgedeckt werden (vgl. Abb. 23). Auch hierbei zeigt sich der große Streubereich der gefahrenen Geschwindigkeiten.

Geschwindigkeitsbereich [km/h]	$5 \leq v < 15$	$15 \leq v \leq 25$	$25 < v \leq 41$
Prozentualer Anteil	7,98%	71,74%	20,28%

Abb. 23: Prozentuale Geschwindigkeitsverteilung im Radverkehr - über verschiedene Geschwindigkeitsbereiche (eigene Darstellung)

Für die anzusetzende Progressionsgeschwindigkeit wird in den Richtlinien eine Geschwindigkeit im Bereich von 16 km/h bis 20 km/h empfohlen (FGSV, 2010_b). In diesem Bereich werden etwa 37 % aller Radfahrenden gemessen. Für die Entwicklung der grünen Wellen erscheint es deshalb

zweckmäßig, eine Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h zu wählen. Dabei wird bewusst der Maximalwert der in den Regelwerken angegebenen Werte gewählt, da einerseits davon ausgegangen werden kann, dass diese Geschwindigkeit für langsamere Radfahrende immer noch leicht erreicht und über einen Streckenabschnitt problemlos gehalten werden kann. Andererseits zeigen die Praxisbeispiele (vgl. Kapitel 2.2) auch, dass die (viel) schnelleren Radfahrenden ihre eigene Geschwindigkeit nach unten anpassen können, um einen Streckenabschnitt harmonisch, mit wenigen bzw. keinen Halten, befahren zu können. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Wahl von 20 km/h als Progressionsgeschwindigkeit bei einer Mehrzahl der Radfahrenden auf Akzeptanz stoßen wird. Die Wahl soll damit auch der großen Geschwindigkeitsstreuung im Radverkehr entgegenwirken.

4.5 Erstellung der Simulationsmodelle

Nach der Auswahl der Untersuchungsstrecken sowie der notwendigen Durchführung der Bestandsaufnahmen folgt die realitätsgetreue Nachbildung der verkehrlichen Situation auf allen ausgewählten Untersuchungsstrecken mithilfe des mikroskopischen Simulationsmodells VISSIM (Version 5.3 von der PTV AG aus Karlsruhe). Für die jeweilige Nachbildung des lichtsignaltechnischen Ist-Zustands werden im ersten Schritt die aktuellen verkehrstechnischen Unterlagen (VTU) für alle lichtsignalisierten Knotenpunkte auf den ausgewählten Abschnitten beim Berliner Generalübernehmer für Lichtsignalanlagen (Alliander Stadtlicht GmbH) angefragt. Die VTU beinhalten alle Angaben und Informationen zu den signalisierten Knotenpunkten auf den Streckenabschnitten, wie z. B. Position und Anzahl der Signalgruppen, Zwischenzeiten, Phasenanzahl, Phasenfolgen oder auch Signalzeitenpläne. Die verkehrstechnischen Grunddaten werden in ihrer Gesamtheit zunächst in die Software LISA+ (Version 5.0.2 von Schlothauer & Wauer Ingenieurgesellschaft für Straßenverkehr mbH) eingegeben. Dieser Zwischenschritt ist notwendig, da mithilfe der Software LISA+ die verkehrstechnischen Anpassungen für die Entwicklung der Maßnahmen zur Radverkehrsbeschleunigung, auf Grundlage der Bestands-VTU, erstellt werden. Die Bestandsvariante sowie die iterativ entwickelten Radverkehrsbeschleunigungsvarianten können über eine Schnittstelle aus LISA+ heraus in VISSIM in die jeweiligen Simulationsmodelle der Strecken übergeben werden, um anschließend die jeweiligen verkehrlichen Auswirkungen simulieren und bewerten zu können.

Bevor jedoch die ersten radverkehrsbeschleunigenden Maßnahmen auf den Streckenabschnitten umgesetzt werden können, müssen die Simulationsmodelle so aufgebaut sein, dass diese den derzeitigen tatsächlichen Verkehrsablauf der jeweiligen Untersuchungsstrecke möglichst genau wiedergeben können. Für die realitätsnahe Abbildung des Verkehrsablaufs werden deshalb die genauen Strecken- und Knotenpunktgeometrien in den Simulationen modelliert. Als Grundlage dienen hierfür die aktuellen Signallagepläne aus den VTU sowie Luftbilder (Google Earth) für die nichtsignalisierten Knotenpunkte sowie die Streckenabschnitte zwischen den Knotenpunkten. Zusätzlich werden bei Vorort-Begehungen die bereits vorhandenen Informationen wie Fahrspurauftei-

lung und Fahrbahnmarkierungen überprüft, um die vorliegenden Daten nochmals mit den realen Gegebenheiten abzugleichen.

Nach dem geometrischen Aufbau der Simulationsmodelle erfolgt im nächsten Schritt die Versorgung der Modelle mit den aktuellen Verkehrsstärken. Dafür werden die Ergebnisse der durchgeführten Bestandsaufnahmen in das Simulationsmodell eingegeben (vgl. Kapitel 4.3). Es wird auf die Verkehrsstärke der jeweiligen Spitzenstunde im Nachmittagsverkehr zurückgegriffen. Zusätzlich werden die Geschwindigkeitsverteilungen der jeweiligen Radverkehrsanlagen in die Simulationen eingepflegt (vgl. Abb. 24).

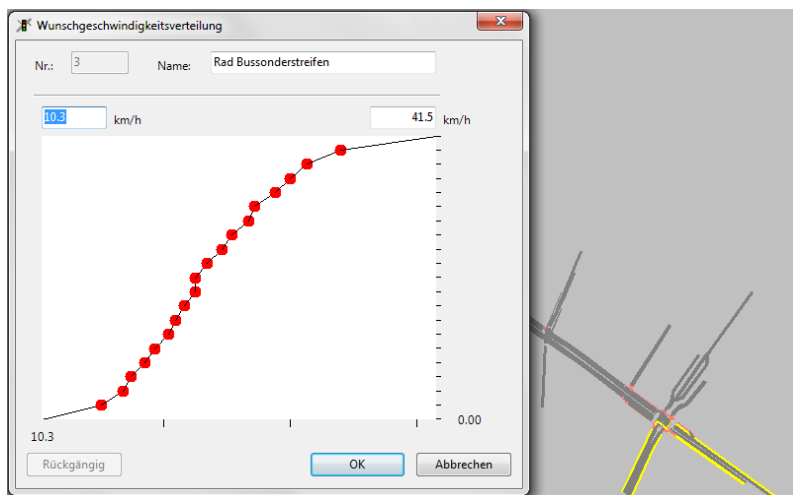


Abb. 24: Exemplarische Geschwindigkeitsverteilung Hardenbergstraße – Bussonderfahrstreifen (eigene Darstellung aus VISSIM)

Um einen hohen Realitätsgrad des Verkehrsflusses in den Simulationen zu erreichen, muss insbesondere das Verhalten der ab- und einbiegenden Fahrzeuge an den Knotenpunkten sehr detailliert und realitätsgetreu dargestellt werden. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Einflussmöglichkeiten, die beachtet und in das Modell eingepflegt werden müssen. Dazu zählen u. a. die Anzahl der Aufstellplätze, Längen der Aufstellbereiche oder Fahrstreifenaufteilungen am KP. Es gilt aber auch alle Besonderheiten wie z. B. das nicht-tangentiale Linksabbiegen (vgl. Abb. 25) sinnvoll in die Simulation zu integrieren. Die Umsetzung dieser Abbiegevariante im Simulationsmodell erfordert von der Realität abweichende Einstellungen. Diese begründen sich in der geringeren Flexibilität der Simulation gegenüber dem Realverhalten. Für die Darstellung des realistischen Verkehrsablaufs muss im Simulationsnetz stets eine Fahrgasse zum Verlassen des Knotenpunktbereichs freigehalten werden. Beispielhaft wird hierfür der momentane Verkehrszustand am Knotenpunkt Uhlandstraße auf dem Streckenabschnitt Hohenzollerndamm gezeigt, an dem nicht tangential abgebogen werden muss (vgl. Abb. 25).

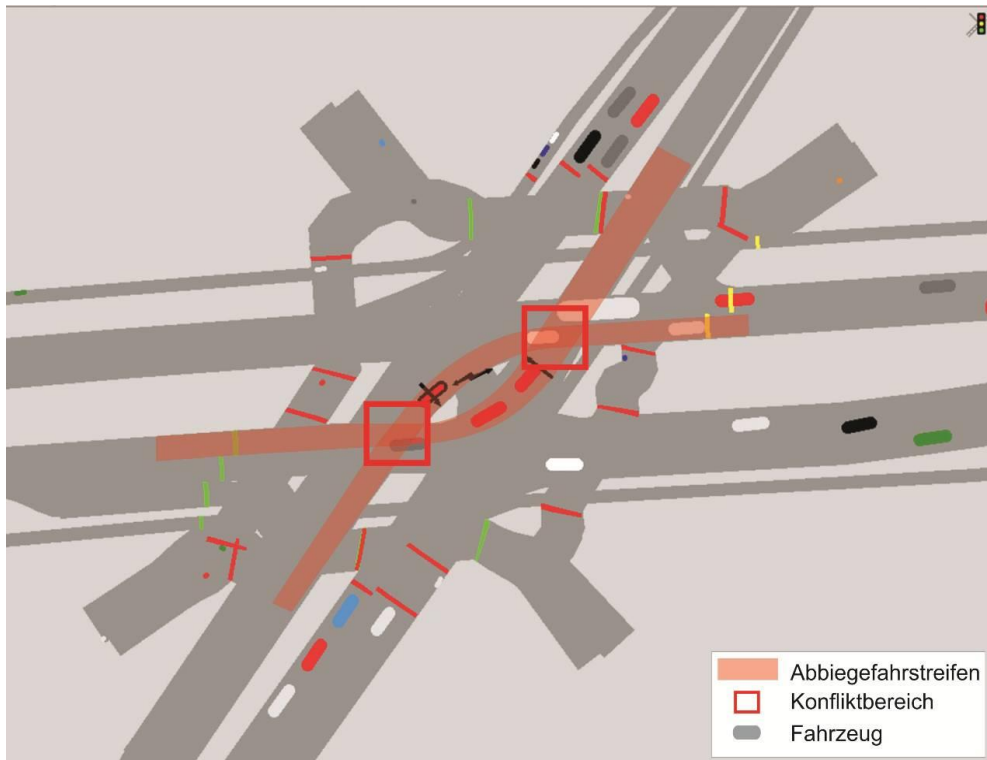


Abb. 25: Exemplarisches Abbiegeverhalten auf dem Hohenzollerndamm - KP Uhlandstraße (eigene Darstellung aus VISSIM)

Die Kalibrierung der Simulationsmodelle sowie die Überprüfung der Realabläufe erfolgt messwertbasiert und visuell z. B. anhand der Rückstaulängen. Aufgrund der erzielten Ergebnisse wird die Kalibrierung der Simulationsmodelle als realitätsnah angesehen und kann für die weitere Kenngrößenauswertungen herangezogen werden.

Nach dem Aufbau und der Kalibrierung der Simulationsmodelle werden abschließend Messquerschnitte zur Messungen verschiedener verkehrlicher Kenngrößen im Kfz-, Rad- und Öffentlichen Verkehr in den Simulationsmodellen angelegt. Innerhalb der Simulationen können z. B. Reisezeiten, Reisegeschwindigkeiten und Anzahl der Halte für alle Verkehrsarten sowie Verlustzeiten im Radverkehr ermittelt werden. Damit für den folgenden Messwertevergleich auch ein ausreichend großer Stichprobenumfang erzeugt wird, werden für jede Simulationsvariante 5 Simulationsläufe mit den jeweiligen Start-Zufallszahlen 42, 52, 62, 72 und 82 durchgeführt. Die verkehrlichen Kenngrößen werden dann über die 5 Simulationsläufe gemittelt. Das Untersuchungsintervall ist für alle Simulationskriterien gleich. Es beläuft sich auf 3.600 s (eine Stunde) mit einer Vorlaufzeit von 900 s. Die Erfassung der Kenngrößen findet dementsprechend im Simulationsintervall von Sekunde 900 bis Sekunde 4.500 statt.

Für die Messwerteerfassung und -bewertung erfolgt die Einteilung der Strecken in Gesamtstrecke und Beeinflussungsstrecke (vgl. Anhang S. 114 ff.). Die Beeinflussungsstrecke des jeweiligen Streckenabschnitts schließt immer die beiden Randknotenpunkte aus. Diese Abgrenzung ist zweckmäßig, weil die Randknotenpunkte vor allem der signalgesteuerten Einspeisung des Verkehrs dienen. Weiterhin werden an diesen Rand-KP größtenteils keine Radverkehrsbeschleuni-

ungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt. Bei der Auswertung der Messungen der Simulationen wird deshalb explizit auf die Ergebnisse eingegangen, die auf den Beeinflussungsstrecken gemessen werden können.

5 Optimierung der Lichtsignalsteuerung mit dem Ziel der Radverkehrsbeschleunigung

In diesem Kapitel wird die Optimierung der Signalsteuerungen mit dem Ziel der Radverkehrsbeschleunigung thematisiert. Hierbei werden zunächst die signaltechnischen Rahmenbedingungen des Bestands analysiert und anschließend die durchgeführten Veränderungen angesprochen. Anhand der Zeit-Weg-Diagramme wird veranschaulicht, wie sich die Veränderungen auf die Koordination auswirken. Dabei werden sowohl der zu verbessernde Radverkehr als auch die Auswirkungen auf den MIV und ÖPNV betrachtet. Die Untersuchung versucht, soweit dies im Rahmen eines verträglichen Verkehrsablaufs möglich ist, Auswirkungen unterschiedlicher Umlaufzeiten aufzuzeigen. An den äußeren Knotenpunkten der jeweiligen Untersuchungsstrecken werden an einigen Streckenabschnitten keine Anpassungen durchgeführt, da diese vor allem der signalgesteuerten Versorgung der Streckenabschnitte dienen.

Alle Simulationen erfolgen mit der Verkehrsstärke der nachmittäglichen Spitzenstunde. Neben individuellen Streckenanpassungen werden auch neue Koordinierungsvarianten basierend auf den Bestandsplänen angelegt. Aus diesen Bestandsplänen werden hierzu Signalzeitenpläne mit vier verschiedenen Umlaufzeiten (60, 70, 80 und 90 Sekunden) angelegt, die jeweils auf Grünanfang (GA) und Grünende (GE) für den Kfz- und für den Radverkehr koordiniert werden. Zum Abschluss erfolgt eine Bewertung der vorteilhaftesten Varianten anhand der Kenngrößen: durchschnittliche Geschwindigkeit, mittlere und prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte. Die Daten werden aus der Simulationssoftware VISSIM extrahiert und anschließend visuell aufbereitet.

Im Folgenden werden die Untersuchungsstrecken in alphabetischer Reihenfolge vorgestellt.

5.1 Bernauer Straße

Die Bernauer Straße ist eine von sieben Untersuchungsstrecken, die bezüglich der Umsetzbarkeit einer grünen Welle im Radverkehr untersucht werden. Unter den Untersuchungsstrecken weist die Bernauer Straße gleich mehrere Besonderheiten auf. Einerseits verfügt die Strecke über benutzungspflichtige straßenbegleitende Radwege, zum anderen ist es die einzige Untersuchungsstrecke mit einer Straßenbahnlinie sowie konsequent gesicherter Linksabbiegerführung. Insgesamt verfügt der Untersuchungsabschnitt inklusive der Einspeiseknotenpunkte an der Gartenstraße und der Fußgängerlichtsignalanlage (FLSA) auf Höhe der Eberswalder Straße (Gleisschleife) über sechs lichtsignalisierte Knotenpunkte. Als Teil des Fahrradhaupttroutennetzes (Berliner Mauerweg) ist der Streckenabschnitt sowohl für den Berufsverkehr als auch für touristischen Verkehr äußerst attraktiv. Er verbindet in Ost-West-Ausrichtung die Bezirke Pankow, Friedrichshain und Mitte sowie Tiergarten miteinander (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 117 zu entnehmen).

Bestandssituation:

Auf der Bernauer Straße ist im Bestand eine verkehrsabhängige Steuerung mit ÖPNV-Priorisierung vorhanden. Da sich die Untersuchung ausschließlich mit Festzeitsteuerungen beschäftigt, werden nur diese im Folgenden weiter betrachtet.

Der Bestand weist eine an der Brunnenstraße unterbrochene Richtungskoordinierung auf Grünzeitbeginn im Kfz-Verkehr auf (Spät-SZP mit $t_U = 90$ s). Die Freigabezeiten innerhalb der 90-sekündigen Umlaufzeit variieren an den einzelnen Knotenpunkten stark (28 bis 55 Sekunden). Zudem werden die Freigabezeiten der Hin- und Rückrichtung aufgrund der vorhandenen 3-Phasen-Steuerung versetzt geschaltet (vgl. Abb. 30). Dies führt an dieser Strecke zu einer besseren Integration der Knotenpunkte in die Koordinierung.

Für alle Knotenpunkte der Untersuchungsstrecke Bernauer Straße:

- Gartenstraße,
- Ackerstraße,
- Strelitzer Straße,
- Brunnenstraße,
- Wolliner Straße,
- Eberswalder Straße - Gleisschleife (Wendestelle für Tram),
- Schönhauser Allee

sind Signalzeitenpläne mit Umlaufzeiten von 70 s, 80 s und 90 s vorhanden. Die Bestandskoordinierung bedeutet für Radfahrende, dass diese bei Einhaltung der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit an nahezu jeder LSA halten müssen.

Der Knotenpunkt an der Schönhauser Allee wird nicht betrachtet. Für die Radfahrenden der Fahrtrichtung Osten gibt es an der LSA Eberswalder Straße - Gleisschleife keinen Signalgeber.

Ansätze:

Aufgrund der gesicherten Linksabbieger und der damit einhergehenden 3-Phasen-Steuerung stehen für die Anpassung der Koordinierung nur wenige Möglichkeiten zur Verfügung. Die Verkehrsbelastung auf der Bernauer Straße ist für den Kfz-Verkehr in der Spitzenstunde sehr hoch, sodass große Veränderungen der Freigabezeiten ausgeschlossen sind.

Möglich Anpassungen sind:

- Phasentausch,
- Versatzzeitenanpassung,
- Koordinierung beider Richtungen (Kfz/Rad).

Die Brunnenstraße wird innerhalb der Koordinierung als Fixpunkt angesehen. Es werden keine Veränderungen hinsichtlich der Freigabezeiten bzw. der Versatzzeiten vorgenommen, da sich dies auf eventuelle Koordinierungen im Zuge der Brunnenstraße auswirken würde.

Umsetzung:

Im Folgenden werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte außer den äußeren (Gartenstraße und Schönhauser Allee) werden Koordinierungen mit 60 s, 70 s, 80 s und 90 s Umlaufzeiten angelegt. Aufgrund der nicht vorhandenen Querrichtung werden die Pläne auch für die FLSA an der Eberswalder Straße angepasst. Sofern für die jeweilige Umlaufzeit bereits Bestandspläne vorhanden sind, werden diese übernommen. Abb. 26 zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen Geschwindigkeit für die Standardvarianten. Anhand der durchschnittlichen Geschwindigkeiten lässt sich feststellen, dass in allen Fällen (t_u und GA oder GE) in West-Ost-Richtung Verbesserungspotential vorhanden ist. In der Gegenrichtung sind die durchschnittlichen Geschwindigkeiten im Radverkehr des Bestands bereits sehr hoch. Einzig für 80 s und 90 s Umlaufzeiten ergeben sich Verbesserungen. Wesentlich beeinträchtigt werden der Kfz-Verkehr und in Teilen auch der ÖPNV. Des Weiteren werden, wenn erforderlich, Modifizierungen an den Bestandsplänen vorgenommen. Der Bericht geht dabei nur auf die vorteilhafteste(n) Variante(n) ein. Die Vorzugsvariante besitzt eine Umlaufzeit von 90 Sekunden und orientiert sich maßgeblich am Radverkehr. Es wird versucht im Radverkehr eine Koordinierung beider Richtungen umzusetzen.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich der Bernauer Straße anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang							bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende						
	W-O			O-W				W-O			O-W		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV		Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 90er	15,1	26,8	14,7	15,6	28,1	13,8	Bestand - 90er	15,1	26,8	14,7	15,6	28,1	13,8
60er_O-W Rad_GA	14,7	24,3	14,6	15,5	17,0	14,1	60er_O-W Rad_GE	14,6	23,3	14,0	15,1	16,2	13,4
70er_O-W Rad_GA	14,5	23,1	13,9	15,3	19,5	15,0	70er_O-W Rad_GE	15,0	23,7	13,8	15,5	19,4	13,6
80er_O-W Rad_GA	16,0	23,5	13,7	15,5	22,0	15,1	80er_O-W Rad_GE	16,3	23,1	13,5	15,5	24,0	14,3
90er_O-W Rad_GA	16,7	23,5	15,2	15,7	22,1	14,2	90er_O-W Rad_GE	16,4	24,5	14,3	15,9	23,0	13,4
60er_W-O Rad_GA	16,1	20,5	13,5	14,4	22,5	14,7	60er_W-O Rad_GE	15,5	19,1	13,0	15,0	20,7	15,2
70er_W-O Rad_GA	16,1	21,0	12,7	14,4	22,7	14,9	70er_W-O Rad_GE	15,8	19,8	13,0	14,9	23,6	14,0
80er_W-O Rad_GA	16,5	23,1	14,3	15,7	25,2	14,6	80er_W-O Rad_GE	16,2	20,3	12,2	15,7	25,4	14,1
90er_W-O Rad_GA	16,5	23,5	14,7	15,9	23,1	15,4	90er_W-O Rad_GE	16,5	21,1	14,3	15,9	22,4	15,0

Abb. 26: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Bernauer Straße (eigene Simulation in VISSIM)

Ackerstraße

Die FLSA an der Ackerstraße verfügt über rückwärtige Haltlinien zum Freihalten der Einmündung der Ackerstraße. Zudem befindet sich in östlicher Richtung hinter der LSA eine Straßenbahnhaltestelle. Eine Haltestellenzeitinsel existiert nur in Fahrtrichtung Osten durch die Lage der FLSA. Im Bestand ist die LSA für den Kfz-Verkehr auf Grünzeitbeginn mit dem Knotenpunkt Gartenstraße koordiniert (vgl. Abb. 30 und Abb. 31 auf S. 39). Die Freigabezeit ist deutlich größer als an den beiden umgebenden Lichtsignalanlagen. In der Gegenrichtung ist keine Koordinierung mit der Gartenstraße vorhanden. Kraftfahrzeuge von der Strelitzer Straße kommend werden auf Grünanfang koordiniert. Jedoch wird nicht die gesamte Freigabezeit an der Ackerstraße aufgefangen, sodass die Fahrzeuge, die gegen Freigabezeitende die Ackerstraße erreichen gegen Rot fahren. An diesem Knotenpunkt ist eine 2-Phasen-Steuerung vorhanden.

In der Vorzugsvariante wird für die Radfahrenden in Richtung Westen durch Anpassen der Versatzzeit versucht ein möglichst breites, durchgehendes Grünband über die Beeinflussungstrecke zu erzeugen. Die von der Brunnenstraße kommenden Radfahrenden erreichen den Knotenpunkt innerhalb der Grünzeit. Bei der Koordinierung wird an der Ackerstraße ein Vorlauf gewährt, um eventuell schnellere Radfahrende auf der vorgelagerten Gefällestrecke zu berücksichtigen. Die Gartenstraße ist nicht in der Koordinierung enthalten. Für den Kfz-Verkehr ergibt sich ein Grünband zwischen Strelitzer Straße und Gartenstraße bei Fahrt auf Grünende (vgl. Abb. 32 und Abb. 33 auf S. 40).

Die gleichzeitige Koordinierung der Fahrtrichtung Osten ist nicht möglich, weshalb alle an der Gartenstraße mit 20 km/h startenden Radfahrenden die Freigabezeit an der Ackerstraße verfehlen. Im Nachlauf der Anlage befindet sich eine Steigungsstrecke, die die Progressionsgeschwindigkeit sinken lässt. Es wird eine durchschnittliche Progressionsgeschwindigkeit von etwa 15 km/h angenommen – die Ermittlung erfolgte anhand von Verfolgungsfahrten sowie einer Verifizierung mit dem Steigungsklassendiagramm für Radfahrende bei etwa 2,25 % Steigung (Sidor, 2014 S. 37). Mit dieser Geschwindigkeit können die Radfahrenden den Knotenpunkt Strelitzer Straße bei Grünbeginn erreichen. Maßgebende Hemmnis für eine Koordinierung in beide Richtungen sind die Knotenpunktabstände. Für den Kfz-Verkehr existiert in Fahrtrichtung Osten ein schmales Grünband für die zu Grünanfang an der Gartenstraße startenden Fahrzeuge.

Strelitzer Straße

Wesentliches Merkmal der Freigabezeiten der Strelitzer Straße im Bestand ist der ausgeprägte Vorlauf der Fahrtrichtung Westen. Diese vergrößerte Freigabezeit ermöglicht es, dem Kfz-Verkehr ein breites Grünband zwischen der Brunnenstraße und der Ackerstraße bereitzustellen. Im Radverkehr der Bestandskoordinierung kann der Großteil der bei Grünanfang startenden Radfahrenden an der Brunnenstraße die Strelitzer Straße ohne Halt queren (mit der $V = 20$ km/h). In Richtung Osten wird im Kfz-Verkehr zwischen der Gartenstraße und der Strelitzer Straße ein durchgängiges Grünband angeboten. Für den Radverkehr bedeutet dies jedoch keine Koordinierung von der Ackerstraße kommend und ein schmales Grünband für die Radfahrenden zum Ende der Freigabezeit. Alle Kfz und nahezu alle Radfahrenden fahren an der Brunnenstraße gegen ein rotes Signal (vgl. Abb. 30 und Abb. 31 auf S. 39).

In der Vorzugsversion wird im Sinne des Radverkehrs die Versatzzeit (um +21 s) angepasst. Hierdurch kann im Radverkehr die angestrebte durchgehende Koordinierung in Richtung Westen fortgeführt werden. Durch die versetzte Freigabezeit kann in Ostrichtung keine durchgehende Koordinierung zwischen Ackerstraße und Brunnenstraße hergestellt werden. Jedoch ermöglicht die Positionierung der Freigabezeiten, dass alle Radfahrenden, die bei Einhaltung der Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h innerhalb der Grünzeit an der Strelitzer Straße ihre Fahrt beginnen, den Knotenpunkt Brunnenstraße ohne Halt passieren können. Im Kfz-Verkehr ergeben sich nur schmale Grünzeitbänder zum jeweiligen Ende der Freigabezeiten in beiden Richtungen (vgl. Abb. 32 und Abb. 33 auf S. 40).

Brunnenstraße

An der Brunnenstraße wurden aus den zuvor genannten Gründen keine Veränderungen vorgenommen. Anpassungen bezüglich der Freigabezeiten sind kaum möglich. Dies begründet sich hauptsächlich in den langen Mindestgrünzeiten der Nebenrichtung sowie der 3-Phasen-Steuerung. Die durchgeführten Beobachtungen zeigen, dass vor allem in der Nebenrichtung z. T. längere Rückstaus auftreten. Am Knotenpunkt sind im Kfz-Verkehr in beiden Richtungen Haltestellenzeitsinseln vorhanden. Zudem fährt zwischen der Brunnenstraße und der Wolliner Straße der Bus 247.

Wolliner Straße

Ausgehend vom KP Brunnenstraße können in der Bestandskoordinierung nahezu alle Kfz die Wolliner Straße ohne Halt queren. Im Radverkehr ergibt sich unter Berücksichtigung der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit im Zulauf des Knotenpunkts kein durchgehendes Grünband. Im weiteren Verlauf kann, wie bereits erwähnt, die FLSA an der Haltestelle Friedrich-Ludwig-Jahn-Sportpark (Gleisschleife) durch die Radfahrenden unsignalisiert passiert werden. In der Gegenrichtung weist der Radverkehr nur ein sehr schmales Grünband zur Brunnenstraße auf. Für den Kfz-Verkehr gilt in Richtung Westen, dass die Fahrzeuge von der Gleisschleife kommend z. T. koordiniert abgewickelt werden können. Durch den vorliegenden Freigabezeitversatz zwischen den Fahrtrichtungen mit einem Vorlauf der Fahrtrichtung Osten steht in dieser Fahrtrichtung lediglich eine reduzierte Freigabezeit zur Verfügung (vgl. Abb. 30 und Abb. 31 auf S. 39).

Die Vorzugsvariante ermöglicht es, den Radverkehr in Fahrtrichtung Westen vollständig zur Brunnenstraße auf Grünende zu koordinieren. Für den Kfz-Verkehr bedeutet dies jedoch, dass nur ein geringer Anteil zum Freigabebeginn koordiniert wird. Um dies zu verbessern, wird neben der Anpassung der Versatzzeit auch eine geringfügige Aufweitung der Freigabezeiten der Bernauer Straße vorgenommen. Der Kfz-Verkehr der Fahrtrichtung Osten wird durch die vorgenommenen Anpassungen vollständig über die folgende LSA koordiniert. Der Radverkehr von der Brunnenstraße kommend kann nur in einem schmalen Grünband zum Freigabezeitende die Wolliner Straße passieren. Der folgende Fahrtverlauf wird auch in der Vorzugsvariante nicht beeinflusst (vgl. Abb. 32 und Abb. 33 auf S. 40).

Eberswalder Straße (Gleisschleife)

Die LSA an der Eberswalder Straße (Gleisschleife) hat mehrere Funktionen im Verkehrsablauf. Wesentliche Hauptaspekte sind die Schaffung einer Zeitinsel für die Haltestelle Friedrich-Ludwig-Jahn-Sportpark sowie einer sicheren Quermöglichkeit für den Fußverkehr. Ein weiterer Aspekt ist das Einbinden der Gleisschleife, die unregelmäßig zur Verkürzung der Straßenbahnlinie M10 genutzt wird. Es wird durch die LSA die Einfahrt der Straßenbahn in die Eberswalder Straße abgesichert. Für den Kfz-Verkehr sind in beiden Fahrtrichtungen sowohl Signalgeber vor als auch hinter der Haltestelle vorhanden. Für den Radverkehr existieren keine Signalgeber in Fahrtrichtung Osten. Die Radfahrenden, die die Zufahrt der Gleisschleife queren, haben weder eine Haltelinie noch einen Signalgeber zu beachten. Das vorhandene Signal F1_2 weist im Bestand ausschließ-

lich ein Fußgängersymbol auf. In der Untersuchung wird von einer gemeinsamen Absicherung mit dem Fußverkehr ausgegangen (vgl. Abb. 30 bis Abb. 33 auf S. 39 ff.).

Allgemein sieht die LSA im Bestand eine Koordinierung der Fahrtrichtung Westen im Kfz-Verkehr zwischen der Schönhauser Allee und Brunnenstraße vor. Die Fahrtrichtung Osten weist nur ein partielles Grünband zum Grünzeitende auf. Insofern die Ausfahrt einer Straßenbahn aus der Gleisschleife zu berücksichtigen ist, ist für den Radverkehr ein Zwangshalt vorgesehen.

Zur Anpassung der Situation wird der Kfz-Verkehr durch eine Versatzzeitenanpassung in Fahrtrichtung Osten vollständig koordiniert. Der Gegenrichtung steht hierdurch jedoch nur ein schmales Grünband zum Freigabebeginn zur Verfügung (vgl. Abb. 32 und Abb. 33 auf S. 40).

Ergebnisse:

Ausgehend von der Bestandssituation lassen sich innerhalb der engen Grenzen, die durch die Mehrphasensteuerung, die hohen Verkehrsstärken und der großen Fahrbahnbreite gesetzt sind, kaum Veränderungen an der Signalisierung vornehmen. Ein Phasentausch zeigt innerhalb der Knotenpunkte Wolliner Straße und Strelitzer Straße keine Verbesserungen, da hier bereits das Optimum hinsichtlich der Richtungskoordination erreicht ist. Die Vorzugsvariante sowie die weiteren Varianten zum Grünzeitende und Grünzeitanfang räumen dem Radverkehr z. T. deutliche Verbesserungen auf der Beeinflussungsstrecke ein. Diese führen jedoch in den meisten Fällen zu einer starken Verschlechterung im Kfz-Verkehr. Die Vorzugsvariante weist trotz ihrer in großen Teilen konsequenten Ausrichtung auf den Radverkehr nur geringe Geschwindigkeitsverluste im Kfz-Verkehr auf. Die Zugewinne im Radverkehr sind vorhanden, der Effekt ist jedoch eher als gering zu bezeichnen. Der Einfluss auf die Straßenbahn kann ebenfalls als gering bezeichnet werden (vgl. Abb. 27). Etwas anders stellt sich die Situation bei der Betrachtung der durchschnittlichen Anzahl der Halte dar. Alle Werte für die Beeinflussungsstrecke liegen sowohl im Kfz-Verkehr als auch im ÖPNV über denen der Bestandssituation. Im Radverkehr ergibt sich jedoch eine Verbesserung.

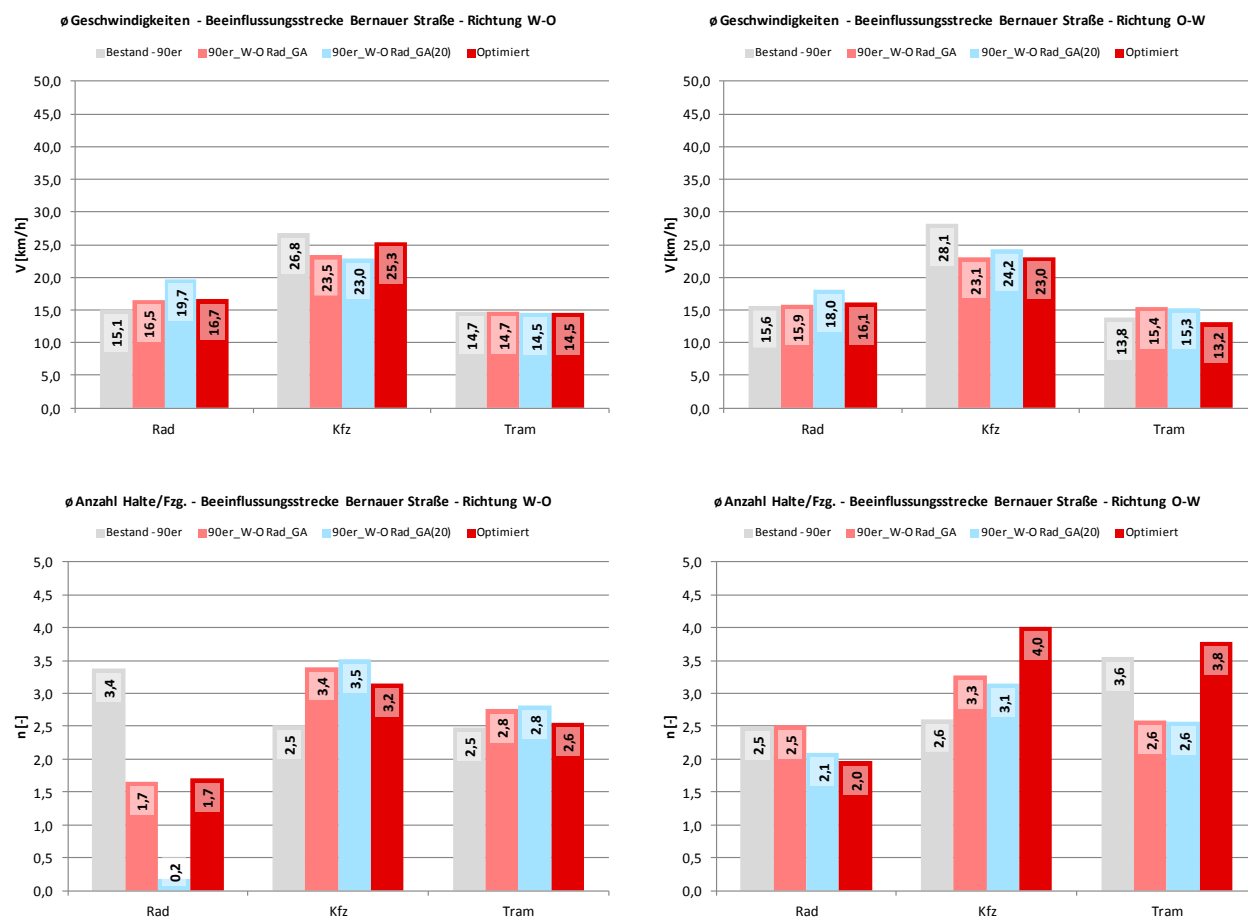


Abb. 27: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Bernauer Straße für verschiedene Untersuchungsvarianten in West-Ost- und Ost-West-Richtung (eigene Darstellung)

Eine Auswertung der durchschnittlichen Verlustzeiten pro Kilometer (vgl. Abb. 28) bescheinigt sowohl der Bestands- als auch der optimierten Variante ausreichende Reserven bezogen auf die Vorgaben der ERA 2010 (FGSV, 2010_a). Die Werte für eine Straße der Kategorie IR III werden im Bestand erfüllt. Die Optimierungsvariante erreicht sogar die Werte für die nächst höhere Klasse, innergemeinschaftliche Radschnellverbindungen IR II (vgl. Abb. 4a auf S. 6).

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	W-O	O-W
Bestand	41,4	33,8
Optimiert	18,2	26,0
Abschnittslänge [m]	1.332,9	1.344,0

Abb. 28: Durchschnittliche Verlustzeiten pro Kilometer im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Bernauer Straße (eigene Darstellung)

Die Ergebnisse der prozentualen Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke zeigen ebenfalls die Wirksamkeit der Vorzugsvariante auf (vgl. Abb. 29). Im Radverkehr kann nun ein gewisser Anteil (vor allem in Richtung Osten) den Streckenabschnitt ohne Halt befahren. Weiterhin ist eine klare Verschiebung zu den kleineren Werten (0, 1 oder 2 Halte) zu erkennen. Für

den Kfz-Verkehr decken sich die Ergebnisse mit den Durchschnittswerten der Anzahl der Halte. Für beide Fahrtrichtungen nimmt der Anteil der kleineren Werte (0 - 2 Halte auf der Strecke) deutlich ab.

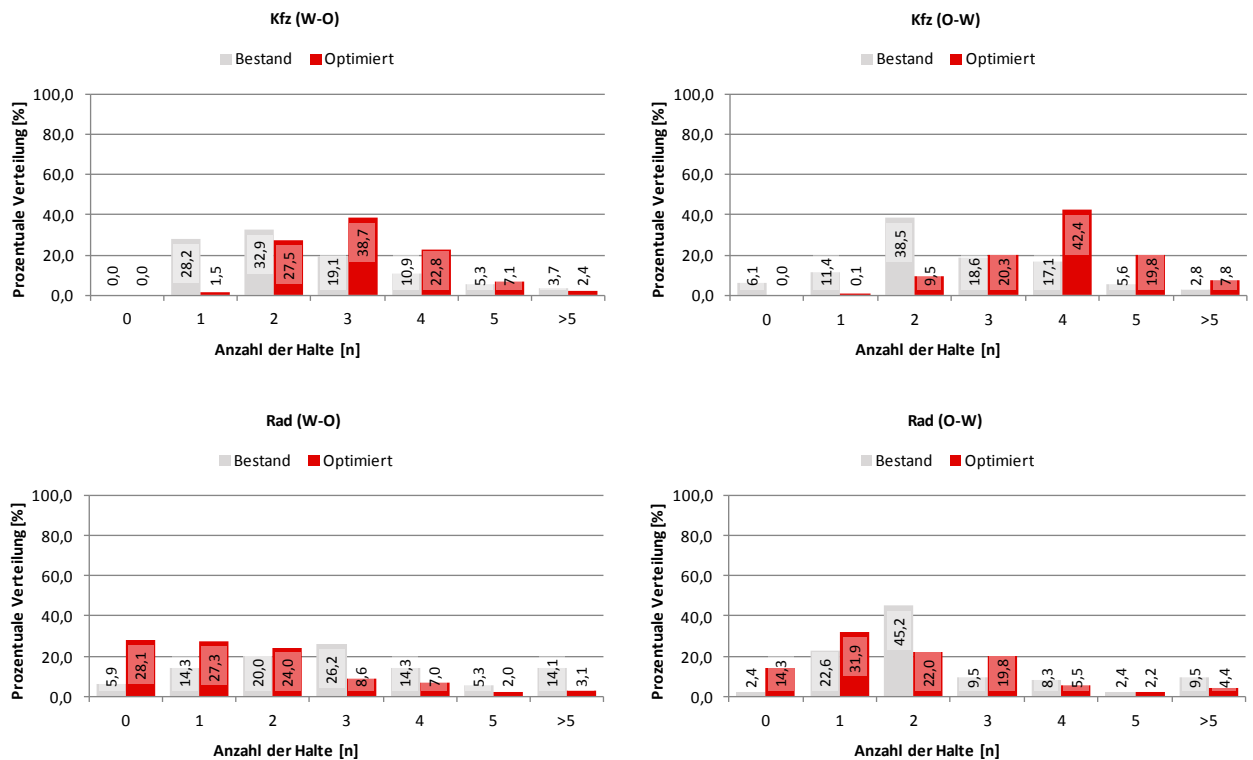


Abb. 29: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Bernauer Straße (eigene Darstellung)

Abschließend lässt sich festhalten, dass unter den genannten Voraussetzungen und vor dem Hintergrund, dass auf der Bernauer Straße eine ÖPNV-Beschleunigung aktiv ist, eine Anpassung der grünen Welle für den Radverkehr möglich ist. Diese wird jedoch zum größten Teil zu Lasten des Kfz-Verkehrs ermöglicht, ohne wesentliche Verbesserungen im Radverkehr zu erzielen. Eine Priorisierung des Radverkehrs anhand der Festzeitsteuerung auf der Bernauer Straße ist deshalb als nicht effizient zu bezeichnen.

Zeit-Weg-Diagramme - Bernauer Straße - Bestand

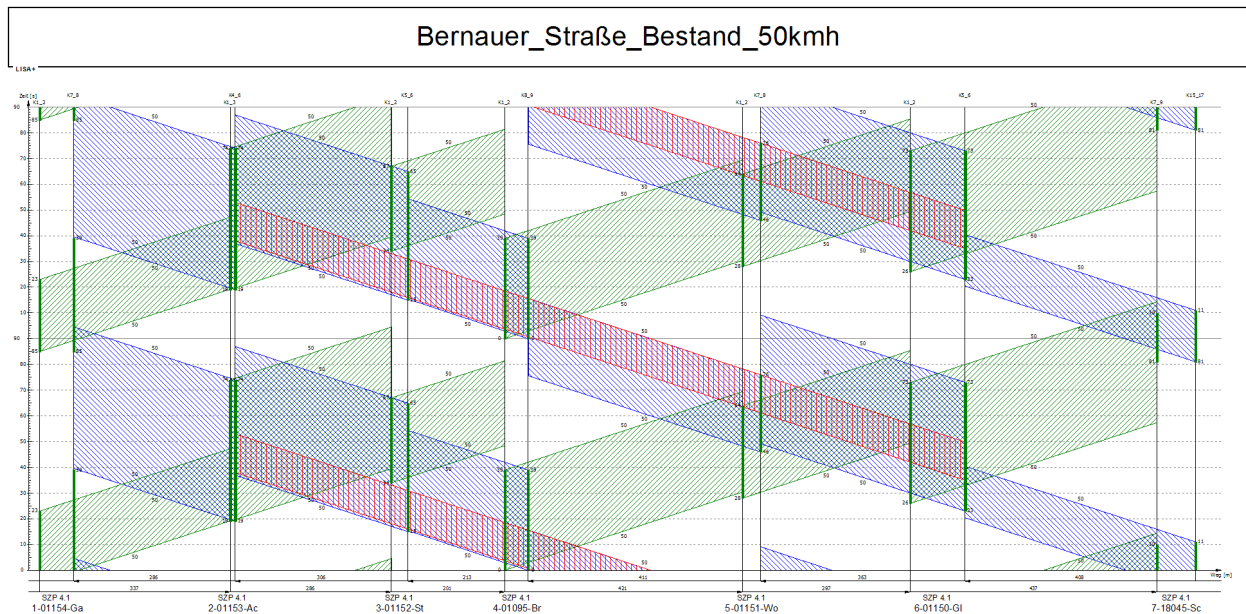


Abb. 30: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

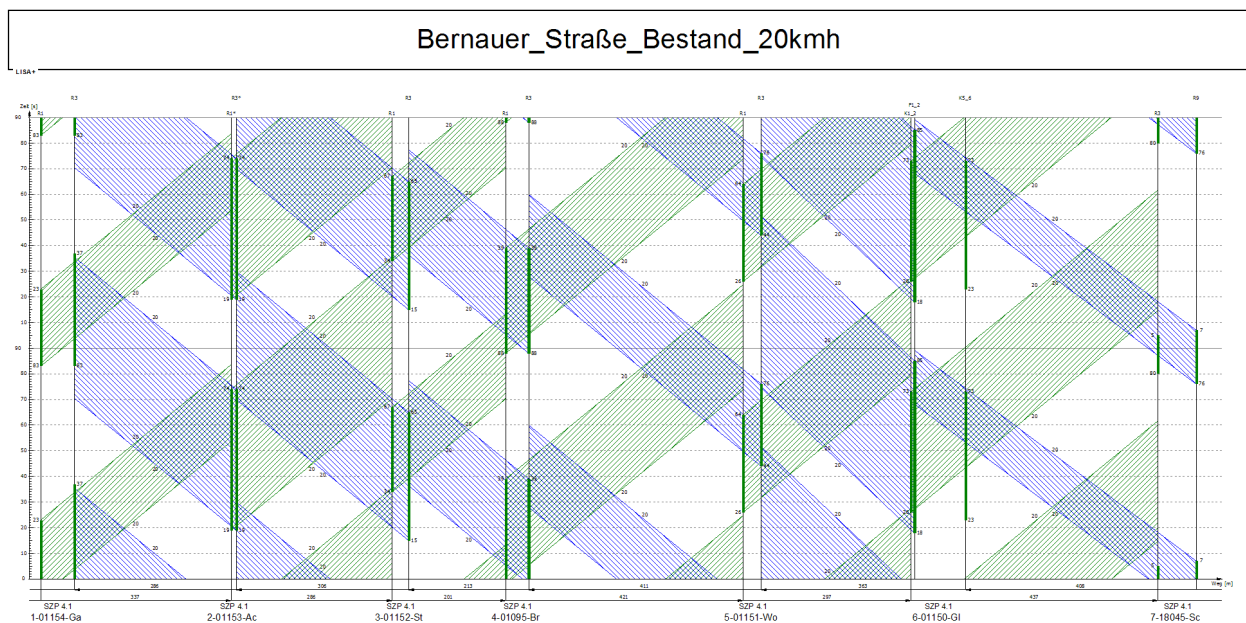


Abb. 31: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Bernauer Straße - Optimiert

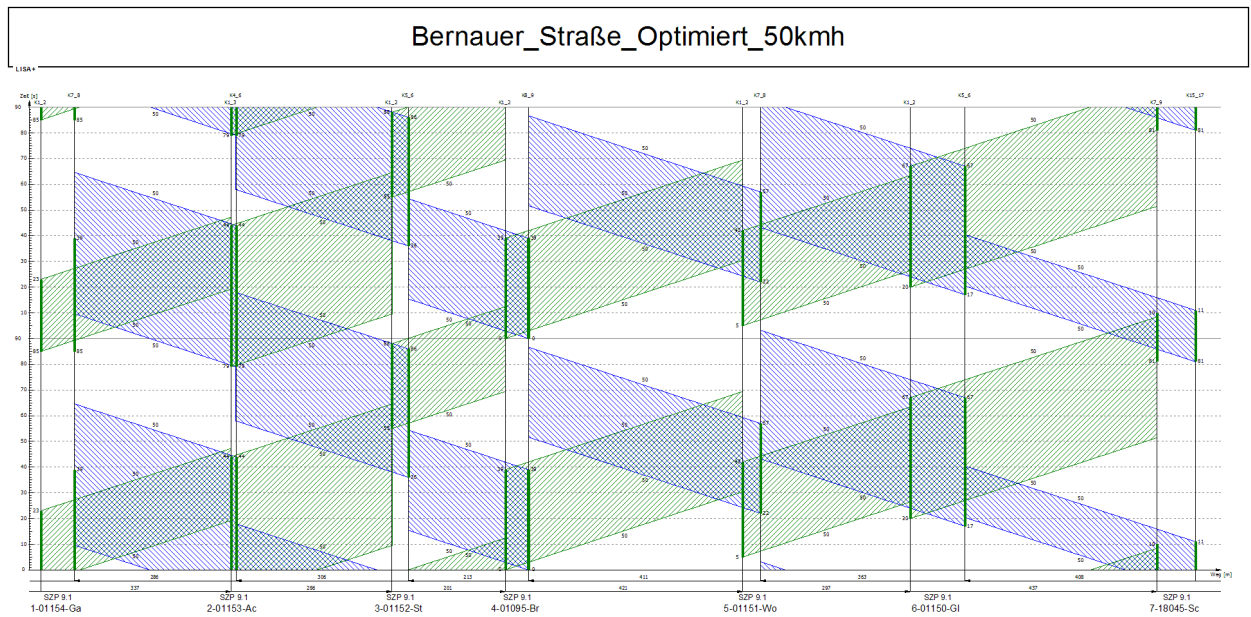


Abb. 32: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

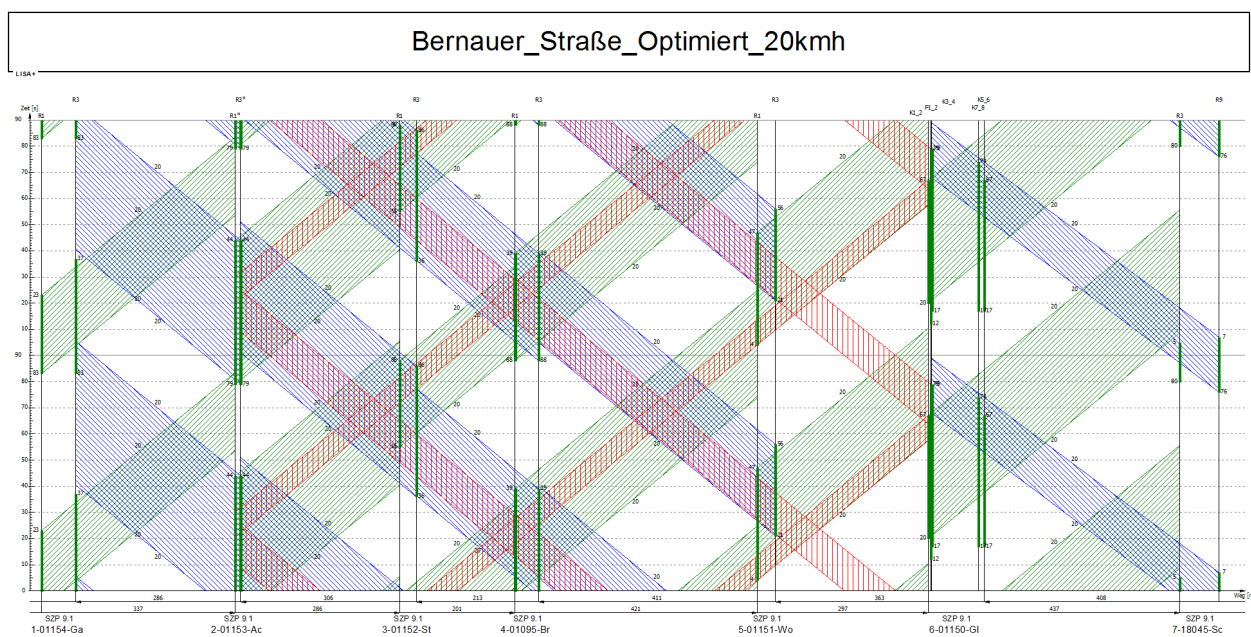


Abb. 33: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.2 Hardenbergstraße

Als Alleinstellungsmerkmal der Hardenbergstraße dient die Führung des Radverkehrs auf dem Bussonderstreifen. Der Streckenabschnitt zwischen Ernst-Reuter-Platz und Joachimsthaler Straße beinhaltet inklusive der beiden Einspeiseknotenpunkte fünf Lichtsignalanlagen. Zudem variieren die LSA-Abstände zwischen etwa 100 m und etwa 350 m. Die Knotenpunkte entlang der Hardenbergstraße sind zumeist Einmündungen. Ihre verkehrliche Bedeutung liegt in der Anbindung des Bahnhofs Zoologischer Garten und der Anbindung des Campus der Technischen Universität Berlin sowie der nähräumigen Verbindungsfunktion über die Umlandstraße bzw. Fasanenstraße (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 118 zu entnehmen).

Bestandssituation:

Im Bestand liegt für den Kfz-Verkehr in Richtung NW¹ teilweise eine Koordinierung auf Grünzeitbeginn vor. In der Gegenrichtung existiert nur ein partielles Grünband zwischen dem östlichen Steinplatz und der Joachimsthaler Straße. Für die abendliche Spitzenstunde ist mit Ausnahme des Ernst-Reuter-Platzes eine Umlaufzeit von 60 Sekunden vorgesehen. An den Lichtsignalanlagen der Hardenbergstraße sind im Bestand Signalzeitenpläne mit folgenden Umlaufzeiten vorhanden:

- Ernst-Reuter-Platz (60 s und 80 s),
- Westlicher Steinplatz (50 s und 60 s),
- Östlicher Steinplatz (50 s und 60 s),
- Fasanenstraße (60 s),
- Joachimsthaler Straße (60 s und 80 s).

Für die Radfahrenden ergibt sich in der Bestandskoordinierung bei Einhaltung der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit kaum eine Koordinierung. Einzig zwischen den Anlagen am Steinplatz können in Fahrtrichtung NW ein Teil der Radfahrenden den Knotenpunkt ohne Halt passieren. Im Vorfeld der Joachimsthaler Straße in der Fahrtrichtung SO existiert für den Busverkehr eine LSA-Schleuse, die durch den Radverkehr nicht berücksichtigt werden muss. Der Radverkehr verläuft in diesem Abschnitt in beiden Richtungen auf einem straßenbegleitenden Radweg.

Ansätze:

Im Bestand der Hardenbergstraße sind an allen Lichtsignalanlagen 2-Phasen-Steuerungen vorhanden. Dies ist aus Sicht der vorhandenen Knotenpunkttypen sinnvoll und eine Anpassung daher nicht zweckmäßig. Eine Variantenuntersuchung an der Fasanenstraße zur Einrichtung einer 3-Phasen-Steuerung zeigt wesentliche Verschlechterungen im Simulationsablauf. Ausschlaggebend ist die Verringerung der Freigabezeiten durch zusätzliche Zwischenzeiten.

¹ In den Abbildungen der Ergebnisauswertung wird vereinfachend eine Nord-Süd-Ausrichtung (N-S) bzw. Süd-Nord-Ausrichtung (S-N) des Streckenabschnitts angegeben.

Mögliche verkehrstechnische Anpassungen sind daher:

- Vereinheitlichung der Freigabezeiten,
- Vergrößerung der Freigabezeiten in der Hauptrichtung,
- Versatzzeitenanpassung,
- Koordinierung beider Richtungen (Kfz/Rad).

Der Ernst-Reuter-Platz dient bei der weiteren Betrachtung als Ausgangspunkt, da hier keine Veränderungen vorgenommen werden können. Am Knotenpunkt Joachimsthaler Straße werden Varianten untersucht, in denen der im Bestand vorhandene 80 s SZP als Standardplan für die Spitzenstunde verwendet wird. Die Auswirkungen auf eventuell vorhandene andere Koordinierungen werden hierbei nicht berücksichtigt.

Umsetzung:

Im Folgenden werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte außer den Äußeren (Ernst-Reuter-Platz und Joachimsthaler Straße) werden Koordinierungen mit Umlaufzeiten von 60 s, 70 s, 80 s und 90 s angelegt. Sofern für die jeweilige Umlaufzeit bereits Bestandspläne vorhanden sind, werden diese übernommen. Des Weiteren werden, wenn erforderlich, Modifizierungen an den Bestandsplänen vorgenommen.

Aus den Geschwindigkeitswerten der Standardfälle in Abb. 34 wird die hohe Abhängigkeit zwischen den Richtungen deutlich. Eine konsequente Ausrichtung auf den Radverkehr einer Richtung bedeutet in nahezu allen Fällen eine Verschlechterung in der Gegenrichtung. Besonders hohe Einschränkungen bestehen für den Kfz-Verkehr und im speziellen für die Fahrtrichtung Nordwesten. Der ÖPNV kann z. T. von den Verbesserungen im Radverkehr profitieren (Richtung Nordwesten), jedoch bedingen die Gewinne der einen Richtung stets Verschlechterungen in der Gegenrichtung. Anhand dieser Ergebnisse wird eine Vorzugsvariante entwickelt, auf die der Bericht im Folgenden eingeht. Die Vorzugsvariante besitzt eine Umlaufzeit von 80 Sekunden und orientiert sich maßgeblich am Radverkehr der Fahrtrichtung NW. Eine Koordinierung beider Richtungen ist aufgrund der Konstellation der Knotenpunktabstände nicht möglich.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich der Hardenbergstraße anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang

	N-S			S-N		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 60er	14,2	23,0	23,3	15,5	43,4	14,2
60er_S-N Rad_GA	13,1	18,2	22,2	18,1	21,9	14,7
70er_S-N Rad_GA	12,4	15,9	20,3	18,5	21,1	14,4
80er_S-N Rad_GA	11,8	19,9	19,7	18,9	21,1	14,9
90er_S-N Rad_GA	13,3	17,1	16,9	18,6	22,2	14,5
60er_N-S Rad_GA	16,8	21,1	23,2	13,5	21,5	12,9
70er_N-S Rad_GA	17,1	20,6	25,0	13,6	23,1	13,4
80er_N-S Rad_GA	16,9	26,2	23,8	14,7	20,5	13,2
90er_N-S Rad_GA	16,5	22,2	22,1	14,4	17,9	12,3

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende

	N-S			S-N		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 60er	14,2	23,0	23,3	15,5	43,4	14,2
60er_S-N Rad_GE	11,3	16,3	19,0	18,8	25,1	16,4
70er_S-N Rad_GE	11,6	21,2	20,6	19,0	24,2	15,5
80er_S-N Rad_GE	14,7	20,0	19,4	19,2	24,2	15,9
90er_S-N Rad_GE	13,4	15,8	15,2	19,2	25,2	15,8
60er_N-S Rad_GE	16,1	17,4	20,8	15,6	20,4	14,3
70er_N-S Rad_GE	16,6	17,9	22,2	14,3	19,5	11,8
80er_N-S Rad_GE	15,4	21,6	19,3	13,8	19,9	12,0
90er_N-S Rad_GE	16,3	19,1	21,3	13,7	19,1	11,5

Abb. 34: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Hardenbergstraße (eigene Darstellung)

Nordwestlicher Steinplatz

An der westlichen Zufahrt zum Steinplatz ist eine Fußgängerlichtsignalanlage (FLSA) vorhanden. In Kombination mit einer vorgelagerten Bushaltestelle dient sie als gesicherte Querungshilfe. Durch den in Verlängerung der Querung liegenden Eingang zum Campus der TU Berlin sowie der Mensa ist eine stärkere Frequentierung der LSA vorhanden. Die Furt kann in einem Zug gequert werden, wobei die Freigabezeit nur geringfügig über dem Mindestgrün liegt. Die nahegelegene Einmündung des Steinplatzes ist lediglich als Einbahnstraße und Ausfahrt angeschlossen.

Im Bestand liegt die LSA in Fahrtrichtung NW des Kfz-Verkehrs in einer direkten Koordinierung zum östlichen Steinplatz. In der Gegenrichtung kann aufgrund des geringen Knotenpunktabstands nur eine teilweise Koordinierung ermöglicht werden. Ein Grünband zum bzw. vom Ernst-Reuter-Platz führend ist aufgrund der unterschiedlichen Umlaufzeiten nicht gegeben. Im Radverkehr sind in beiden Richtungen nur geringe Grünbänder zum östlichen Steinplatz möglich. Ausschlaggebend ist hier der LSA-Abstand. Es zeigt sich bereits, dass eine gleichzeitige Koordinierung in beiden Fahrtrichtungen nur partiell und nicht für Rad- und Kfz-Verkehr gleichzeitig möglich ist (vgl. Abb. 38 und Abb. 39 auf S. 47).

Durch die Veränderung der Umlaufzeit auf 80 s in der Vorzugsvariante können die Grünbänder vergrößert werden. Die Ausrichtung der Freigabezeit erfolgt durch Anpassen der Versatzzeit zugunsten des in nordwestlicher Richtung fahrenden Radverkehrs. Es kann hier eine vollständige Koordinierung mit der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit ermöglicht werden. Im weiteren Verlauf können alle Radfahrenden, die zum Grünzeitende (etwa 14 s) die LSA passieren, ohne Halt am Ernst-Reuter-Platz durchfahren. Ein größeres Grünband ist aufgrund der geringen Freigabezeit am Ernst-Reuter-Platz nicht möglich. In der Gegenrichtung hat der vom Ernst-Reuter-Platz kommende Radverkehr ein schmales Grünband zum Ende der Freigabezeit am westlichen Steinplatz. Im weiteren Verlauf müssen diese jedoch nahezu ausnahmslos am östlichen Steinplatz halten. Der Kfz-Verkehr hat in beiden Richtungen ein relativ breites Grünband, wobei die an den vorgelagerten Knotenpunkten zu Grünanfang startenden Fahrzeuge zunächst gegen Rot fahren. Im weiteren Verlauf zum Ernst-Reuter-Platz steht dem Kfz theoretisch ein schmales Grünband zum Grünanfang zur Verfügung (vgl. Abb. 40 und Abb. 41 auf S. 48).

Südöstlicher Steinplatz

Es handelt sich bei der LSA um die Einmündung einer Einbahnstraße, an der nur am südwestlichen Knotenarm Fußgängerfurten gelegen sind. Hierdurch entstehen für Linkseinbieger keine Behinderungen durch querende Fußgänger und Fußgängerinnen.

In der Bestandskoordinierung des östlichen Steinplatzes liegt der Fokus auf dem Kfz-Verkehr der Fahrtrichtung SO. Hier existiert ein auf den Grünzeitbeginn ausgerichtetes partielles Grünband. Aufgrund der geringeren Freigabezeiten an der LSA der Fasanenstraße ist die Koordinierung in NW-Richtung ähnlich ausgebildet. Für den Radverkehr existiert im Bestand kein nennenswertes Grünband. Bei einer Abfahrt zu Grünzeitbeginn sind hier für wenige Sekunden Fahrten ohne Halt

möglich. Radfahrende, die den Knotenpunkt vom westlichen Steinplatz kommend noch ohne Halt queren konnten, müssen an der Fasanenstraße halten (vgl. Abb. 38 und Abb. 39 auf S. 47).

Ausgehend von dieser Situation wurde es in der Vorzugsvariante ebenfalls ermöglicht, den Knotenpunkt für alle Radfahrenden in Fahrtrichtung NW vollständig auf Grünanfang zu koordinieren. In der Gegenrichtung kann durch die kurzen Knotenpunktabstände keine bzw. nur eine schmale Koordination vorgehalten werden. Alle Radfahrenden, die vom westlichen Steinplatz kommen und die LSA ohne Halt passieren, können die Fasanenstraße ebenfalls ohne Halt queren. Für den Kfz-Verkehr bestehen nur schmale Grünbänder, die aber in keiner direkten Koordination über den gesamten Streckenabschnitt stehen. Dies begründet sich auch hier in den ungünstigen Knotenpunktabständen. Alle Anpassungen der Vorzugsvariante basieren auf neuen SZP mit 80 s Umlaufzeit und einer Anpassung der Versatzzeiten (vgl. Abb. 40 und Abb. 41 auf S. 48).

Fasanenstraße

Der vierarmige Knotenpunkt Fasanenstraße mündet an der südwestlichen Ausfahrt in eine Einbahnstraße, wodurch hier keine Fahrzeuge in den Knotenpunkt einfahren können. Die Freigabezeiten der Hauptrichtung sind hier deutlich geringer als an den anderen beiden Lichtsignalanlagen. Dies begründet sich in der höheren Bedeutung der einmündenden Fasanenstraße.

Ausgehend vom östlichen Steinplatz kann ein gewisser Anteil der an der Fasanenstraße auf die Joachimsthaler Straße durchfahrenden Kfz ohne Halt passieren (unter zugrunde legen des SZP's mit einer 80 s Umlaufzeit). Eine Koordination auf Grünanfang ist jedoch nicht vorgesehen. In der Gegenrichtung wird eine nahezu vollständige Koordination ermöglicht. Im Radverkehr besteht in NW-Richtung keine Koordination und in SO-Richtung können nur wenige Radfahrende den Knotenpunkt, vom Steinplatz kommend, in einem Zug passieren. An der Joachimsthaler Straße kommen anschließend alle Radfahrenden mit der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit zum Stillstand (vgl. Abb. 38 und Abb. 39 auf S. 47).

Die Radfahrenden der Vorzugsvariante können den KP Fasanenstraße in Fahrtrichtung NW vollständig koordiniert passieren. In der Fahrtrichtung SO stehen den Radfahrenden gegen Grünzeitende einige Sekunden für ein Grünband zur Verfügung. Der Großteil der Radfahrenden fährt jedoch an der Fasanenstraße ebenso wie an der Joachimsthaler Straße gegen Rot. Im Kfz-Verkehr zeigt sich in Richtung SO ein ähnliches Bild wie im Radverkehr mit einem schmalen Grünband zu Grünanfang. In der Gegenrichtung besteht nahezu keine Koordination für die Kraftfahrzeuge. Die höhere Umlaufzeit sowie die Anpassung der Versatzzeiten ermöglichen zumindest schmale Grünbänder für alle Verkehrsarten (vgl. Abb. 40 und Abb. 41 auf S. 48).

Ergebnisse:

Wie bereits in den Ausführungen zuvor zu sehen war, ist die Konstellation der Knotenpunktabstände nicht optimal. Auf der Hardenbergstraße lassen sich stets nur richtungsbezogene Koordinierungen erstellen. Insbesondere die z. T. kurzen Knotenpunktabstände zwischen 100 m und 150 m ermöglichen es, für alle Verkehrsarten schmale Grünbänder zwischen zwei Signalanlagen

zur Verfügung zu stellen. Beim Betrachten mehrerer Knotenpunkte mit ähnlich kurzen Signalabständen zeigt sich, dass eine durchgängige Koordinierung beider Richtungen nicht möglich ist. Dies zeigen insbesondere auch die Auswertungen der Simulationen (vgl. Abb. 35). Während für den Radverkehr leichte bzw. deutliche (in der Koordinierungsrichtung NW) Gewinne zu verzeichnen sind, entstehen im Kfz-Verkehr im Vergleich zum Bestand z. T. deutliche Verluste. Die Vorzugsvariante stellt dabei den bestmöglichen Kompromiss bereit. Für alle Richtungen, außer für die dominante Richtung (NW) der Kfz-Koordinierung des Bestandes, können auf der Beeinflussungsstrecke leichte Gewinne erzielt werden. Die Anzahl der Halte nimmt vor allem im Kfz-Verkehr auf der Beeinflussungsstrecke zu. Die auf der Hardenbergstraße vorhandenen Knotenpunktabstände ermöglichen keine Koordinierung beider Richtungen. Eine gleichzeitige Koordinierung des Kfz- und Radverkehrs ist ebenfalls nicht möglich.

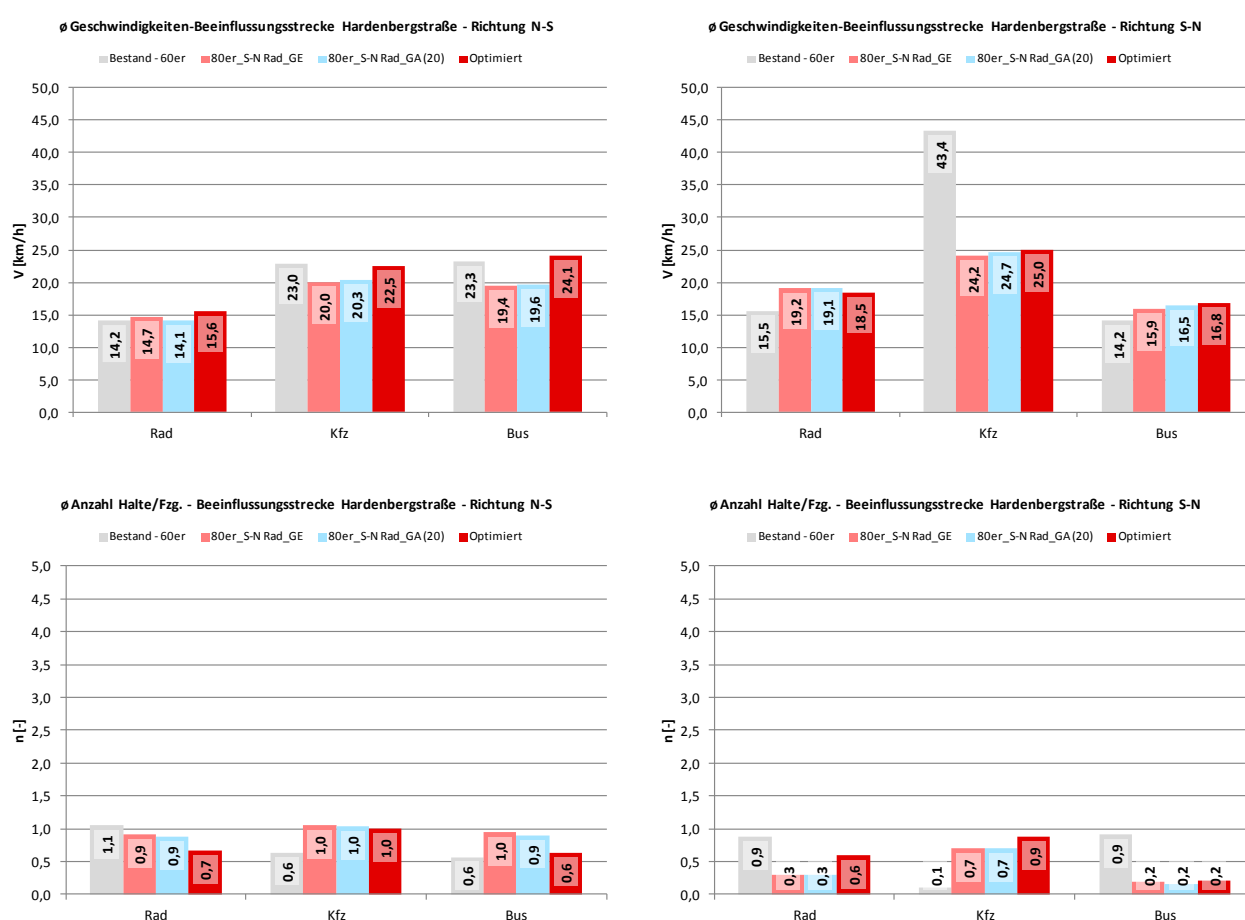


Abb. 35: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Hardenbergstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung (eigene Darstellung)

Die in Abb. 36 dargestellten durchschnittlichen Verlustzeiten pro Kilometer weisen sowohl in der Bestands- als auch der optimierten Variante sehr hohe Werte auf. Die Vorgaben der ERA 2010 (FGSV, 2010_a) für innergemeindliche Radhauptverbindungen IR III können ausschließlich für die Koordinierungsrichtung Süd-Nord in der optimierten Variante erreicht werden. Alle anderen Werte überschreiten auch die Werte der IR IV. Aufgrund der kurzen Untersuchungsstrecke sind die Werte

in der Realität gerade noch akzeptabel (vgl. Abb. 4 auf S. 6). Die Verlängerung des Abschnitts unter den gegebenen Voraussetzungen kann nicht empfohlen werden.

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	N-S	S-N
Bestand	85,9	70,1
Optimiert	62,1	31,9
Abschnittslänge [m]	224,1	245,9

Abb. 36: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Hardenbergstraße (eigene Darstellung)

Ein Vergleich der prozentualen Verteilung der Anzahl der Halte zwischen der Bestands- und der Vorzugsvariante bestätigt ebenfalls die Tendenzen. Auch hier zeigt sich, dass die Vorzugsvariante den Anteil der haltfreien Fahrten in Richtung Norden immens verringert (vgl. Abb. 37). Für den Radverkehr in Richtung Norden kann im Gegenzug der Anteil deutlich erhöht werden.

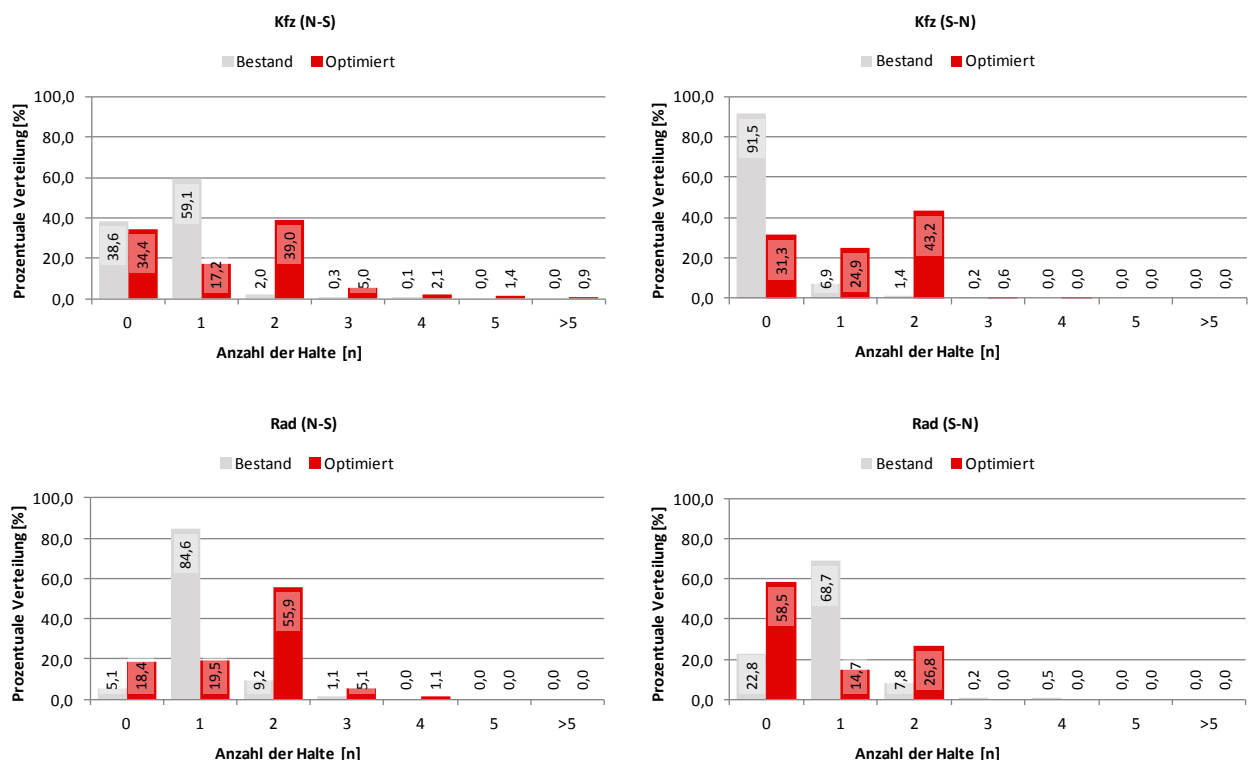


Abb. 37: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Hardenbergstraße (eigene Darstellung)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es auf der Hardenbergstraße möglich ist, den Radverkehr mit verschiedenen Maßnahmen zu beschleunigen. Die erzielten Verbesserungen gehen jedoch nur mit sehr großen Einbußen der Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr einher, weshalb der Streckenabschnitt Hardenbergstraße für die Umsetzung der Maßnahmen im Realbetrieb nur bedingt geeignet erscheint.

Zeit-Weg-Diagramme - Hardenbergstraße - Bestand

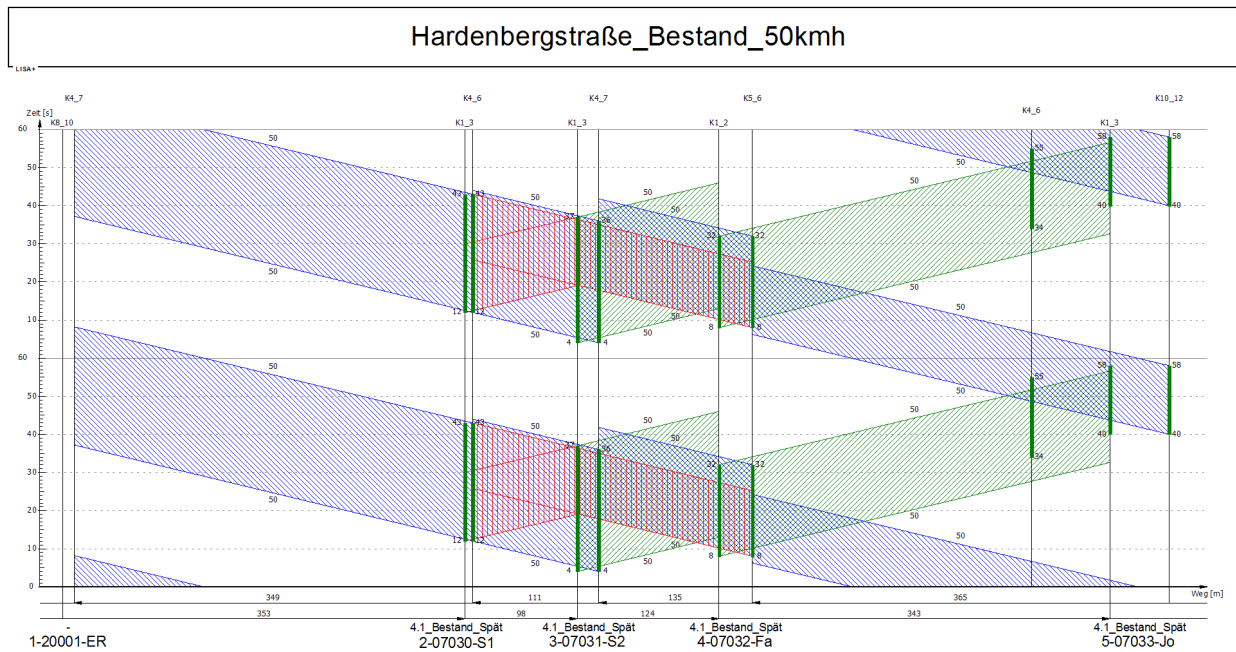


Abb. 38: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

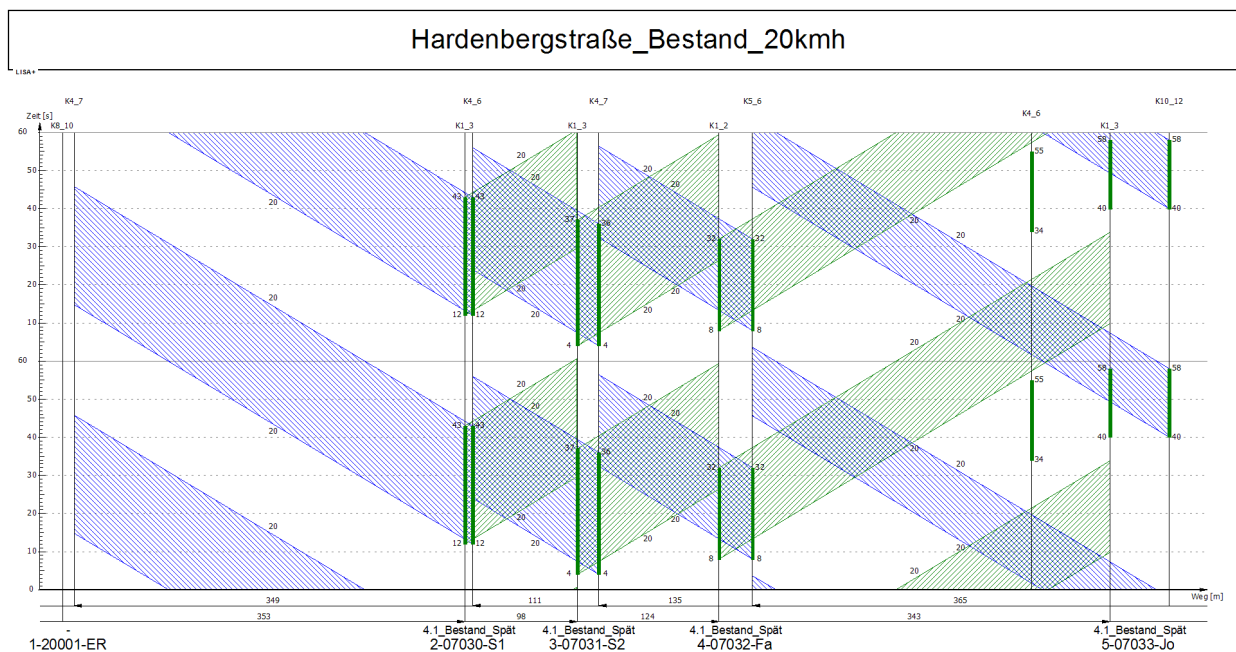


Abb. 39: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Hardenbergstraße - Optimiert

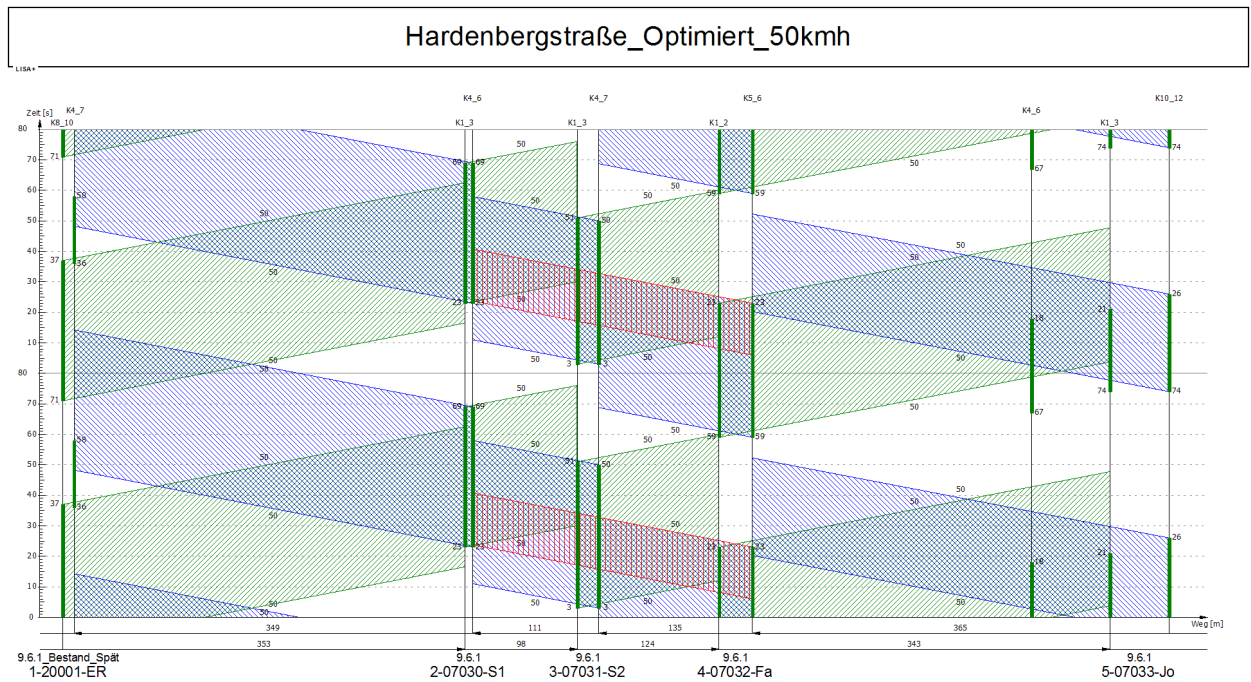


Abb. 40: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

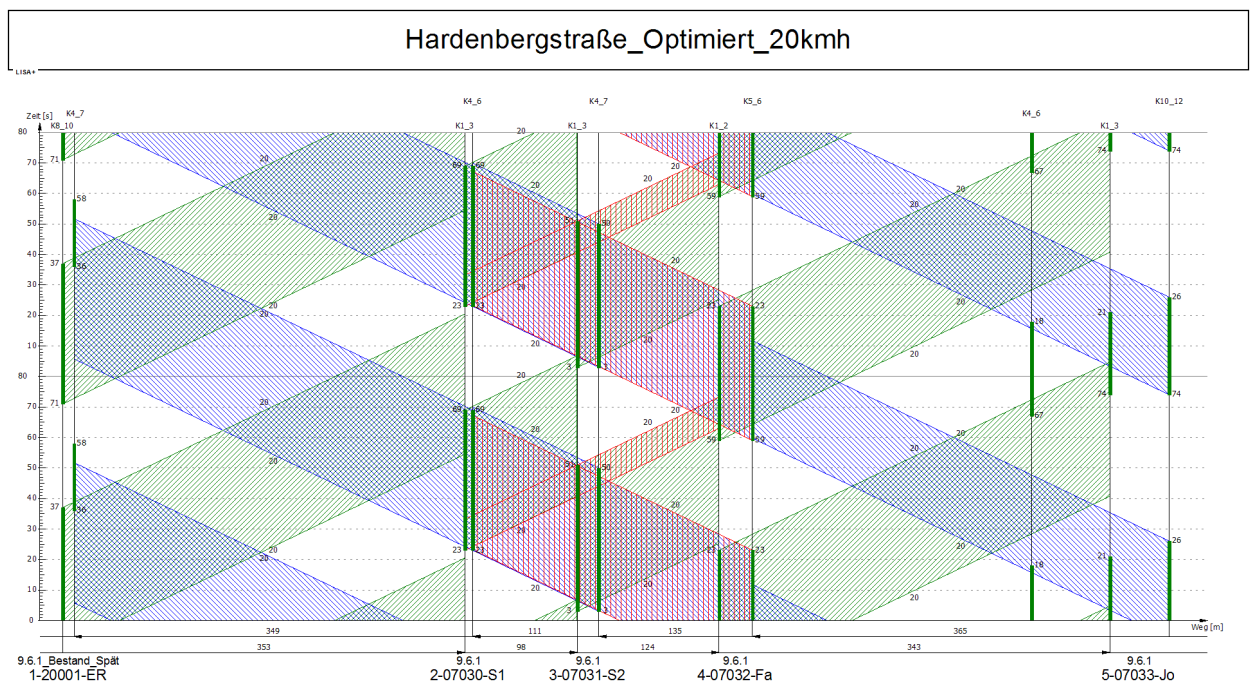


Abb. 41: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.3 Hohenzollerndamm

Der zu untersuchende Streckenabschnitt Hohenzollerndamm, zwischen den Knotenpunkten Brandenburgische Straße (Fehrbelliner Platz) und der Bundesallee, ist eine verkehrlich wichtige West-Ost-gerichtete Hauptverkehrsachse im Berliner Stadtteil Wilmersdorf. Der Hohenzollerndamm knickt im weiteren westlichen Verlauf in südlicher Richtung ab und verbindet die südwestlichen Stadtteile Grunewald oder Zehlendorf mit der City-West (Kurfürstendamm). Der Streckenabschnitt ist nicht Bestandteil des Berliner Radroutenhauptnetzes und verfügt über einen durchgehenden straßenbegleitenden Radweg, welcher nicht benutzungspflichtig ist. Die Auswahl dieser Untersuchungsstrecke begründet sich insbesondere über die Anzahl sowie über die geringen Abstände der lichtsignalisierten Knotenpunkte. Des Weiteren kann eine Beeinflussung der Signalisierung durch ÖPNV-Priorisierung auf dem Streckenabschnitt als vernachlässigbar gering eingestuft werden. Insgesamt sind auf dem Untersuchungsabschnitt inklusive der Einspeiseknotenpunkte sechs lichtsignalisierte Knotenpunkte vorhanden (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 119 zu entnehmen).

Bestandssituation:

Für alle Knotenpunkte des Streckenabschnitts existiert im Bestand lediglich ein Signalzeitenplan mit einer Umlaufzeit von 60 s. Das bedeutet, dass auf dem Hohenzollerndamm der sonst übliche tageszeitabhängige Wechsel der Signalzeitenpläne, mit Wechsel der Umlaufzeiten oder der Präferenz-Richtung der Koordinierung, nicht stattfindet.

Bei Betrachtung der Koordinierungsbänder der Bestandssignalisierung kann festgestellt werden, dass für den Kfz-Verkehr in beiden Richtungen eine sehr gute Koordinierung vorhanden ist. Die Fahrtrichtung Osten ist dabei die bevorzugte Richtung. In der westlichen Richtung kommt es am Knotenpunkt Emser Straße - Güntzelstraße zu einem Bruch in der Koordinierung. Für die Radfahrenden ergibt sich in der Bestandskoordinierung bei Einhaltung der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h auf nahezu keinem Teilstück des Streckenabschnitts eine koordinierte Führung.

Ansätze:

Im Bestand sind an allen Lichtsignalanlagen 2-Phasen-Steuerungen aktiv. Dies ist aus Sicht der vorhandenen Knotenpunkttypen und der vorhandenen Verkehrsstärken auf dem Hohenzollerndamm sinnvoll, eine Anpassung ist daher nicht zweckmäßig.

Mögliche signaltechnische Anpassungen sind:

- Vergrößerung der Umlaufzeiten,
- Vergrößerung der Freigabezeiten in der Hauptrichtung,
- Versatzzeitenanpassung,
- Aufbau einer verträglichen Koordinierung (Kfz/Rad).

Umsetzung:

Im Folgenden werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte werden zunächst Koordinierungen mit Umlaufzeiten von 60 s, 70 s, 80 s und 90 s angelegt, die jeweils auf Grünanfang und Grünende für den Kfz- und für den Radverkehr koordiniert werden, um anschließend die verkehrlichen Kenngrößen mithilfe der Simulation zu ermitteln. Nach Auswertung der Ergebnisse zeigt sich, dass jede radverkehrspriorisierende Standard-Variante zu erheblichen und i. d. R. nicht akzeptablen Qualitätseinbußen im Kfz-Verkehr führt (vgl. Abb. 42). Deshalb wird zusätzlich eine Vorzugsvariante entwickelt, auf deren Ergebnisse der nachfolgende Bericht eingeht. Die Vorzugsvariante besitzt eine Umlaufzeit von 70 Sekunden und versucht einen Konsens zwischen dem Rad- und Kfz-Verkehr herzustellen. Mit diesem Ansatz wird versucht, die entstehenden negativen Auswirkungen einer reinen Radverkehrskoordination für den Kfz-Verkehr so gering wie möglich zu halten. Eine Koordinierung beider Richtungen ist aufgrund der Konstellation der Knotenpunktabstände auf diesem Streckenabschnitt nicht möglich.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich des Hohenzollerndamms anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang							bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende						
	W-O			O-W				W-O			O-W		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV		Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 60er	14,6	36,4		15,4	34,6		Bestand - 60er	14,6	36,4		15,4	34,6	
60er_O-W Rad_GA	15,5	24,5		16,1	23,8		60er_O-W Rad_GE	15,6	24,3		16,7	20,9	
70er_O-W Rad_GA	14,6	23,3		16,7	19,7		70er_O-W Rad_GE	14,4	24,5		16,7	19,8	
80er_O-W Rad_GA	14,5	27,6		16,8	16,8		80er_O-W Rad_GE	14,2	26,3		16,9	16,9	
90er_O-W Rad_GA	14,6	34,9		16,7	18,0		90er_O-W Rad_GE	14,7	30,4		16,8	16,0	
60er_W-O Rad_GA	16,2	23,1		16,5	25,2		60er_W-O Rad_GE	16,2	19,7		16,3	23,3	
70er_W-O Rad_GA	16,2	22,7		16,7	28,3		70er_W-O Rad_GE	16,1	19,6		15,8	21,8	
80er_W-O Rad_GA	16,1	19,7		15,2	24,5		80er_W-O Rad_GE	16,1	19,8		15,0	24,7	
90er_W-O Rad_GA	16,3	20,0		15,4	20,9		90er_W-O Rad_GE	16,3	19,9		15,1	22,9	

Abb. 42: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten des Hohenzollerndamms (eigene Darstellung)

Brandenburgische Straße

Der westlichste Knotenpunkt auf dem zu untersuchenden Abschnitt des Hohenzollerndamms ist ein vierarmiger Knotenpunkt. Von der Rangfolge ist an diesem Knotenpunkt der Hohenzollerndamm die untergeordnete Straße. Bei der Verteilung der Freigabezeiten ist in der Bestands-signalisierung jedoch eine Gleichverteilung für die Haupt- und die Nebenrichtung gewählt. Im Bestand existiert für den Kfz-Verkehr in Richtung Osten eine sehr gute Koordinierung, da die gesamte Freigabezeit (17 s) des KP Brandenburgische Straße vom Folgeknotenpunkt Sächsische Straße aufgenommen wird. Für den Radverkehr stellt sich in der östlichen Fahrtrichtung, mit der auf den Kfz-Verkehr angepassten Versatzzeit, jedoch nur eine sehr geringe Koordinierung ein, mit einem Grünband von etwa 4 s zum Freigabezeitende des Folgeknotenpunkts (vgl. Abb. 46 und Abb. 47 auf S. 58).

Die Erhöhung der Umlaufzeit von 60 s auf 70 s in der Vorzugsvariante hat an diesem Knotenpunkt auch eine Erhöhung der Freigabezeiten zu Gunsten des Hohenzollerndamms zur Folge. Dem Kfz-Verkehr steht nach wie vor die gesamte Freigabezeit als Grünband der Koordinierung mit dem östlichen Folgeknotenpunkt zur Verfügung. Der Versatz zwischen den beiden Knotenpunkten ist so

eingestellt, dass die Freigabezeit auf den Freigabeanfang des Folgeknotenpunkts ausgerichtet ist. Aufgrund der zuvor beschriebenen Freigabezeiterhöhung ist es in dieser Variante auch für Radfahrende noch möglich, den KP Sächsische Straße ohne Halt zu passieren (vgl. Abb. 48 und Abb. 49 auf S. 59).

Sächsische Straße

Die Fußgängerlichtsignalanlage (FLSA) an der Sächsischen Straße bildet die westliche Grenze der Beeinflussungsstrecke auf dem Hohenzollerndamm. An der Sächsischen Straße befindet sich auf dem breiten Fahrbahnteiler des Hohenzollerndamms der Eingang zu einem U-Bahnhof (Fehrbelliner Platz). Damit dient dieser Knotenpunkt vor allem der sicheren Querung der aus dem bzw. zum U-Bahnhof zu Fuß Gehenden. An dieser LSA kommt deshalb auch eine lichtsignaltechnische Besonderheit zum Tragen. Im Regelfall soll an den LSA mit breiten Fahrbahnteilern, insbesondere an Fußgängerlichtsignalanlagen, die Querung der Furten in einem Zug lichtsignaltechnisch gewährleistet werden. In diesem konkreten Fall wird in der Bestandsignalisierung jedoch darauf verzichtet. Es wird davon ausgegangen, dass die zu Fuß Gehenden als Primärziel bzw. Primärquelle den Eingang zum U-Bahnhof nutzen. Die Querung des Hohenzollerndamms (insbesondere in einem Zug) wird deshalb als nachrangig behandelt und signaltechnisch nicht unterstützt. Die Freigabezeiten der beiden Furten können unabhängig voneinander signalisiert werden. Hierdurch können auch die Signalgruppen für den Verkehr entlang des Hohenzollerndamms versetzt signalisiert werden.

Im Bestand ist es möglich, Koordinierungen mit den jeweiligen Folgeknotenpunkten für beide Richtungen für den Kfz-Verkehr vorzuhalten. In östlicher Richtung fahren die ersten Fahrzeuge, die zu Beginn der Freigabezeit am KP Sächsische Straße gestartet sind, am KP Güntzelstraße / Emser Straße noch auf ein rotes Signal, alle anderen Fahrzeuge, die den KP nach der 8. Sekunde der Freigabezeit passieren, kommen auch am nächsten KP nicht zum Halten. Insgesamt steht dem Kfz-Verkehr in dieser Richtung ein sehr breites Grünband zur Verfügung. In der westlichen Richtung zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier fahren die ersten Fahrzeuge noch gegen ein rotes Signal am KP Brandenburgische Straße. In diesem Fall sind es jedoch lediglich 6 s. Da die Versatzzeiten dieses Knotenpunkts gegenüber den beiden Nachbarknotenpunkten auf die Belange des Kfz-Verkehrs eingestellt sind, ergibt sich im Radverkehr in beiden Richtungen nahezu keine koordinierte Signalisierung. Einzig die in Richtung Osten Radfahrenden können in einem schmalen Grünband von etwa 8 s den nächsten Knotenpunkt noch passieren. In der westlichen Richtung fahren alle Radfahrende, bei Einhaltung der Progressionsgeschwindigkeit, gegen ein rotes Signal (vgl. Abb. 46 und Abb. 47 auf S. 58).

In der Vorzugsvariante ist die Umlaufzeit auf 70 s erhöht. Dadurch können die Freigabezeiten für den Hohenzollerndamm ebenfalls entsprechend vergrößert werden. Die Versatzzeit für den Verkehr in der westlichen Richtung wird so eingestellt, dass die Radfahrenden auf den Freigabebeginn des Folgeknotenpunkts koordiniert werden. Dabei entsteht ein Grünband mit einer Ausprägung von 24 s. Für den Kfz-Verkehr bedeutet dies, dass die ersten Fahrzeuge, die am KP Sächsi-

sche Straße gestartet sind, am KP Brandenburgische Straße noch auf ein rotes Signal fahren. In der östlichen Richtung wird die Einstellung der Versatzzeit so gewählt, dass es dem Kfz-Verkehr ermöglicht wird, den nächsten Knotenpunkt haltefrei zu passieren. Hier ist es wiederum für den Radverkehr nicht möglich, den KP Güntzelstraße - Emser Straße ohne Halt zu passieren (vgl. Abb. 48 und Abb. 49 auf S. 59).

Güntzelstraße - Emser Straße

Der vierarmige Knotenpunkt Güntzelstraße / Emser Straße wird über eine 2-Phasen-Steuerung signalisiert. Aufgrund der verkehrlichen Bedeutung stehen dem Verkehr auf dem Hohenzollerndamm gegenüber den untergeordneten Knotenarmen größere Freigabezeiten zur Verfügung (25 s in der Hauptrichtung zu 10 s bzw. 13 s in den untergeordneten Knotenarmen). Für den Kfz-Verkehr in östlicher Richtung kann in der Bestandssignalisierung von einer guten Koordinierung gesprochen werden, da mit der Einstellung der Versatzzeit im Bestand ein koordiniertes Grünband von etwa 20 s mit dem nachfolgenden KP Uhlandstraße vorhanden ist. In Richtung Westen ergibt sich für den Kfz-Verkehr ein ähnliches Bild. Hier ist die Freigabezeit im Bestand auf das Grünende des KP Sächsische Straße koordiniert. Dem Kfz-Verkehr steht ein Grünband in der Größe der gesamten Freigabezeit des KP Güntzelstraße / Emser Straße in Richtung Westen zur Verfügung. Die Situation der Bestandssignalisierung für den Radverkehr stellt sich als vollständig konträr zu der im Kfz-Verkehr dar. Aufgrund der Versatzzeiteinstellung, die an diesem KP einzig auf die Situation des Kfz-Verkehrs angepasst ist, kann weder in westlicher noch in östlicher Richtung eine Koordinierung für den Radverkehr festgestellt werden. Die Radfahrenden müssten mit einer weitaus höheren Geschwindigkeit als mit den angesetzten 20 km/h den jeweiligen Teilabschnitt befahren, damit sie in das Grünband der Koordinierung gelangen können (vgl. Abb. 46 und Abb. 47 auf S. 58).

Mit der Vorzugsvariante erhöhen sich an diesem Knotenpunkt die Umlaufzeit auf 70 s sowie die Freigabezeiten anteilig zu Gunsten des Hohenzollerndamms. In westlicher Richtung ergibt sich mit der in dieser Variante gewählten Versatzzeit eine Koordinierung auf Freigabebeginn des nachfolgenden Knotenpunkts. Durch die Vergrößerungen der Freigabezeiten am KP Sächsische Straße kann nun auch der Radverkehr in einer teilweisen Koordinierung in dieser Richtung geführt werden. In östlicher Richtung wird versucht, eine verträgliche Lösung für die Untersuchungsstrecke zu finden, indem in dieser Richtung eine Koordinierung für den Kfz-Verkehr zur Verfügung gestellt wird. Der Radverkehr wird aufgrund der gewählten Versatzzeit auf diesem Teilabschnitt nicht koordiniert (vgl. Abb. 48 und Abb. 49 auf S. 59).

Uhlandstraße

Dieser vierarmige Knotenpunkt ist neben den beiden Randknotenpunkten der KP mit der größten verkehrlichen Bedeutung für den zu untersuchenden Streckenabschnitt. Hier wird der Hohenzollerndamm von der in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Uhlandstraße gekreuzt, diese führt dann weiter in Richtung Norden über den Kurfürstendamm bis hin zum Steinplatz an der Hardenberg-

straße. Die Verteilung der Freigabezeiten erfolgt deutlich zu Gunsten des Hohenzollerndamms (24 s bzw. 22 s in der Hauptrichtung zu 11 s in der Nebenrichtung).

In östlicher Richtung existiert in der Bestandssignalisierung ein breites Grünband für den Kfz-Verkehr, welches die gesamte Freigabezeit des KP Uhlandstraße beinhaltet. In der westlichen Gegenrichtung fahren die ersten Fahrzeuge am KP Güntzelstraße / Emser Straße noch auf ein rotes Signal zu. Ab etwa der 10. Sekunde der Freigabezeit könnten die Fahrzeuge diesen Teilabschnitt in westlicher Richtung ohne Halt befahren. Die zuerst gestarteten Fahrzeuge können jedoch einen kurzen Rückstau am westlichen Nachbarknotenpunkt erzeugen, der auch auf die später gestarteten Fahrzeuge Einfluss nehmen kann. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen beträgt das Grünband in dieser Richtung lediglich 12 s. Wie bei den Knotenpunkten zuvor stellt sich die Situation im Radverkehr in der Bestandssignalisierung ebenfalls als ungenügend dar. Weder in westlicher noch in östlicher Richtung können Radfahrende eine haltfreie Fahrt erwarten, da die auf den Kfz-Verkehr angepasste Versatzzeit zu den beiden Nachbarknotenpunkten keine Koordinierung für den Radverkehr zulässt (vgl. Abb. 46 und Abb. 47 auf S. 58).

Durch die jeweiligen Freigabezeitvergrößerungen (aufgrund der Erhöhung der Umlaufzeit auf 70 s) am westlichen und östlichen Folgeknotenpunkt ist es mit der Signalisierung der Vorzugsvariante an diesem KP möglich, den Radverkehr in beiden Richtungen jeweils in einem Grünband von 13 s koordiniert zu führen. Die Freigabezeit des Kfz-Verkehrs in östlicher Richtung wird so eingestellt, dass diese auf den Freigabebeginn des östlichen KP Fasanenstraße / Nikolsburger Straße ausgerichtet ist. Damit steht dem Kfz-Verkehr in dieser Richtung die gesamte Freigabezeit als Grünband zur Verfügung. In westlicher Richtung fahren die nach Freigabebeginn gestarteten Fahrzeuge zunächst gegen Rot am KP Güntzelstraße / Emser Straße. Danach stellt sich ein schmales Grünband für die Koordinierung in dieser Richtung von etwa 12 s ein. Auch hier können Rückstauungen einen Einfluss auf die erzielten Reisegeschwindigkeiten für den Streckenabschnitt nehmen (vgl. Abb. 48 und Abb. 49 auf S. 59).

Fasanenstraße / Nikolsburger Straße

Der vierarmige Knotenpunkt Fasanenstraße / Nikolsburger Straße bildet den östlichen Abschluss der Beeinflussungsstrecke. Wie der KP Sächsische Straße weist auch dieser Knotenpunkt eine lichtsignaltechnische Besonderheit auf. Da die Fahrbahnteiler des Hohenzollerndamms an diesem KP sehr breit ausgeprägt sind (etwa 22 m), müsste für den Fußverkehr eine sehr lange Freigabezeit quer zur Hauptrichtung vorgehalten werden, damit die Querung des Hohenzollerndamms in einem Zug überhaupt realisiert werden kann. Im Gegenzug dazu müssten zusätzlich auch die Freigabezeiten für den Verkehr entlang des Hohenzollerndamms aufgrund der fest vorgegebenen Umlaufzeit von 60 s im Bestand verringert werden. Die Stärken im Fußverkehr rechtfertigen jedoch eine solche Anpassung der Signalisierung nicht. Die Forderung nach der Querung in einem Zug wird an diesem KP deshalb ausgesetzt. Damit wird es möglich, den Verkehr in beiden Richtungen entlang des Hohenzollerndamms unabhängig voneinander zu signalisieren. Aufgrund dieser Tatsache kann in der Bestandssignalisierung, durch Anpassung der Versatzzeiten zu den Nachbar-

knotenpunkten, der Aufbau der Koordinierungen im Kfz-Verkehr umgesetzt werden. In östlicher Richtung steht dem Kfz-Verkehr ein Grünband mit einer Ausprägung von 14 s zur Verfügung. Auch in der westlichen Gegenrichtung herrscht eine gute Koordinierung vor. In diesem Fall hat das Grünband eine Stärke von etwa 20 s für den Kfz-Verkehr. Die (für die Belange des Kfz-Verkehrs) getroffenen Einstellungen für die Versatzzeiten der Freigabezeiten an diesem Knotenpunkt haben in der Bestandssignalisierung für den Radverkehr keine positiven Auswirkungen. Wie bereits auf den meisten anderen Teilabschnitten des Hohenzollerndamms wird mit der Bestandssignalisierung keine Koordinierung im Radverkehr ermöglicht. Nahezu alle Radfahrenden, die an diesem KP starten und die Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h beibehalten, kommen an dem jeweiligen benachbarten Folgeknoten zum Stehen (vgl. Abb. 46 und Abb. 47 auf S. 58).

In der Vorzugsvariante werden die aus der Bestandssignalisierung getroffenen Ausnahmen übernommen (keine Gewährleistung der Querung des Hohenzollerndamms in einem Zug), um so die Flexibilität in der Signalisierung weiterhin ausnutzen zu können. Nach Erhöhung der Umlaufzeit und der Freigabezeiten in dieser Variante kann für den Radverkehr ein schmales Grünband von etwa 10 s in westlicher Richtung erzeugt werden. In dieser Koordinierung werden jedoch nur die zum Freigabeende Radfahrenden geführt. In der Gegenrichtung stellt sich für den Radverkehr keine Koordinierung ein. Für den Kfz-Verkehr ergibt sich in dieser Signalisierungsvariante in beiden Richtungen eine gute Koordinierung mit breiten Grünbändern (vgl. Abb. 48 und Abb. 49 auf S. 59).

Bundesallee

Den Abschluss der Untersuchungsstrecke bildet der vierarmige Knotenpunkt an der Bundesallee. Dieser Knotenpunkt ist baulich der größte auf der zu untersuchenden Strecke und weist eine komplexe Lichtsignalsteuerung auf. Der Hohenzollerndamm ist an diesem Knotenpunkt die untergeordnete Straße. Bei der Verteilung der Freigabezeiten im Bestand verhält es sich an diesem Knotenpunkt ein wenig anders als bei den zuvor beschriebenen Knotenpunkten. Die beiden übergeordneten Knotenarme der Bundesallee sowie der untergeordnete westliche Arm des Hohenzollerndamms besitzen nahezu gleich große Freigabezeiten (mit 18 s - 22 s). Der untergeordnete östliche Arm verfügt mit 10 s jedoch nur noch über eine sehr geringe Freigabezeit, die etwas größer als das geforderte Minimum von 8 s ist.

Für den Kfz-Verkehr in Richtung Westen wird die 10 s - Freigabezeit jedoch sehr gut mit dem Folgeknotenpunkt Fasanenstraße / Nikolsburger Straße koordiniert. Im Radverkehr ergibt sich wiederum die für diesen Streckenabschnitt typische Situation. Die auf den Kfz-Verkehr angepassten Randbedingungen der Signalisierung führen im Radverkehr zu keinen ausreichend guten Ergebnissen (vgl. Abb. 46 und Abb. 47 auf S. 58).

In der Vorzugsvariante werden an diesem Knotenpunkt nach Erhöhung der Umlaufzeit ebenfalls die Freigabezeiten gleichmäßig zwischen der Haupt- und der Nebenrichtung erhöht. Dadurch wird es dem Radverkehr in der westlichen Richtung ermöglicht, die Teilstrecke zum KP Fasanenstraße / Nikolsburger Straße koordiniert zu befahren. Durch die Vergrößerung der Freigabezeit kann für

den Kfz-Verkehr in dieser Richtung auch eine Koordinierung vorgehalten werden (vgl. Abb. 48 und Abb. 49 auf S. 59).

Ergebnisse:

Mit dem Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Simulationsvarianten (Umlaufzeiten: 60 s, 70 s, 80 s und 90 s; Freigabebeginn: Grünanfang, Grünende; Bevorzugtes Verkehrsmittel: Kfz, Rad) können gezielte Aussagen zur Wirksamkeit einzelner Maßnahmen für diesen Streckenabschnitt getroffen werden. Die Auswertung zeigt sehr deutlich, dass mit Umsetzung der unterschiedlichen Maßnahmen die verkehrliche Gesamtsituation für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer auf dem Streckenabschnitt maßgeblich beeinflusst werden kann.

In der Bestandssituation kann festgestellt werden, dass für den Radverkehr, aufgrund der auf den Kfz-Verkehr angepassten Randbedingungen, auf vielen Teilbereichen der Strecke nahezu keine Koordinierung existiert. Radfahrende müssen, egal ob in westlicher oder östlicher Richtung fahrend, häufig am nächsten Knotenpunkt an einem roten Signal anhalten. Im Gegensatz dazu stellt sich für den Kfz-Verkehr die verkehrliche Situation mit der Bestandssignalisierung qualitativ sehr gut dar. Ferner kann gezeigt werden, dass alle radverkehrspriorisierenden Maßnahmen zu minimalen Verbesserungen im Radverkehr führen, aber auch gleichzeitig maßgebliche Einbußen in der verkehrlichen Qualität für den Kfz-Verkehr auf dem Streckenabschnitt erzeugen (vgl. Abb. 42).

Die Auswertung der Simulationsergebnisse verdeutlicht, dass mit der Vorzugsvariante eine Verbesserung im Radverkehr erzielt werden kann. Darüber hinaus zeigt sich auch, dass die Verkehrsqualität im Kfz-Verkehr in dieser Variante nicht so stark beeinträchtigt wird (vgl. Abb. 43) wie bei einer reinen Priorisierung des Radverkehrs. Aber auch hier sind die Verbesserungen nicht so groß, dass sie die Verschlechterung im Kfz-Verkehr hinnehmbar machen.

Die weiteren dargestellten Varianten zeigen die Auswirkungen der konsequenten Umsetzung einer bestimmten Richtungskordinierung im Radverkehr unter Beibehaltung der gemessenen Geschwindigkeiten sowie unter Beibehaltung einer Wunschgeschwindigkeit der Radfahrenden von 20 km/h (60er_N-S_Rad_GA (20)). Wie den Messergebnissen zu entnehmen ist, bewirkt eine 100%ige Durchdringung von 20 km/h zusätzlich leichte Verbesserungen in der Koordinierungsrichtung. Auch die Auswertung der durchschnittlichen Anzahl der Halte unterstreicht diese Aussagen (vgl. Abb. 43). Die Ergebnisse im Kfz-Verkehr zeigen jedoch, dass die Auswirkungen dieser Signalisierung sehr groß sind und zu nicht akzeptablen Einbußen führen.

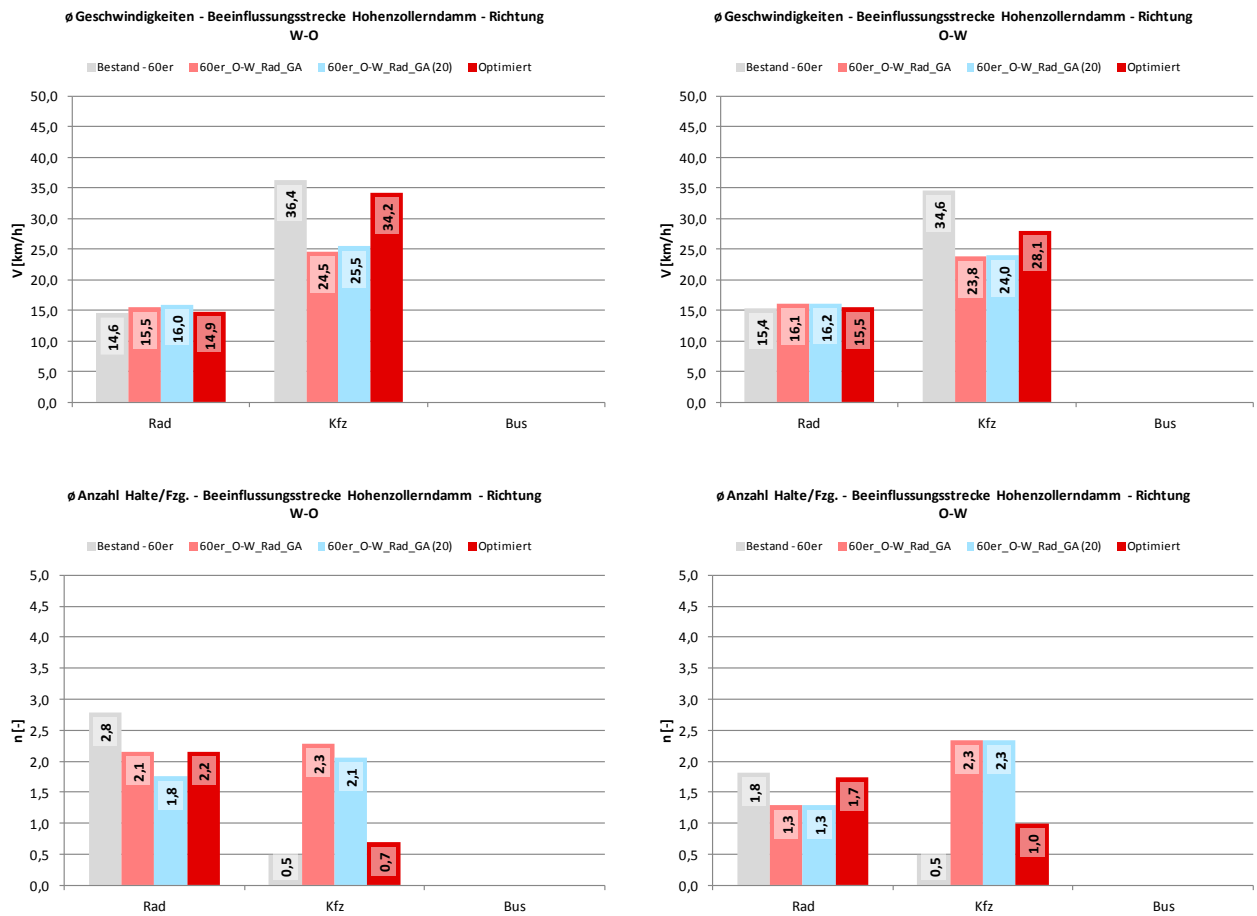


Abb. 43: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke des Hohenzollerndamms für verschiedene Untersuchungsvarianten in West-Ost- und in Ost-West-Richtung (eigene Darstellung)

Eine Auswertung der durchschnittlichen Verlustzeiten pro Kilometer (vgl. Abb. 44) zeigt, dass in der Bestandsvariante die Verlustzeiten in östlicher Fahrtrichtung größer sind als in den Vorgaben der ERA 2010 (FGSV, 2010_a) für IR III Strecken angegeben ist (vgl. Abb. 4 auf S. 6). In der Gegenrichtung entsprechen die Werte des Bestands den Vorgaben der ERA 2010. In der Vorzugsvariante gelingt es für Radfahrende Richtung Osten, den geforderten Wert von 45 s zu unterschreiten. In der Gegenrichtung ergeben sich jedoch Vergrößerungen der Verlustzeiten, der Wert liegt unter dem geforderten Grenzwert.

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	W-O	O-W
Bestand	47,3	35,9
Optimiert	42,3	39,3
Abschnittslänge [m]	827,0	802,3

Abb. 44: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke des Hohenzollerndamms (eigene Darstellung)

Die Wirksamkeit der umgesetzten optimierten Variante kann ebenfalls durch Betrachtung des prozentualen Anteils der Fahrten ohne Halte auf der Beeinflussungsstrecke beschrieben werden (vgl. Abb. 45). Der Vergleich der Bestands- und der optimierten Variante zeigt dabei deutlich die Veränderungen, die mit Umsetzung der Maßnahmen der Vorzugsvariante erzielt werden. Diese beinhalten vor allem die Abnahme der haltefreien Fahrten des Kfz-Verkehrs in Richtung Westen. Für den Radverkehr zeigt sich das gleiche Bild wie beim Geschwindigkeitsvergleich. Die Werte verändern sich nur minimal zum Positiven.

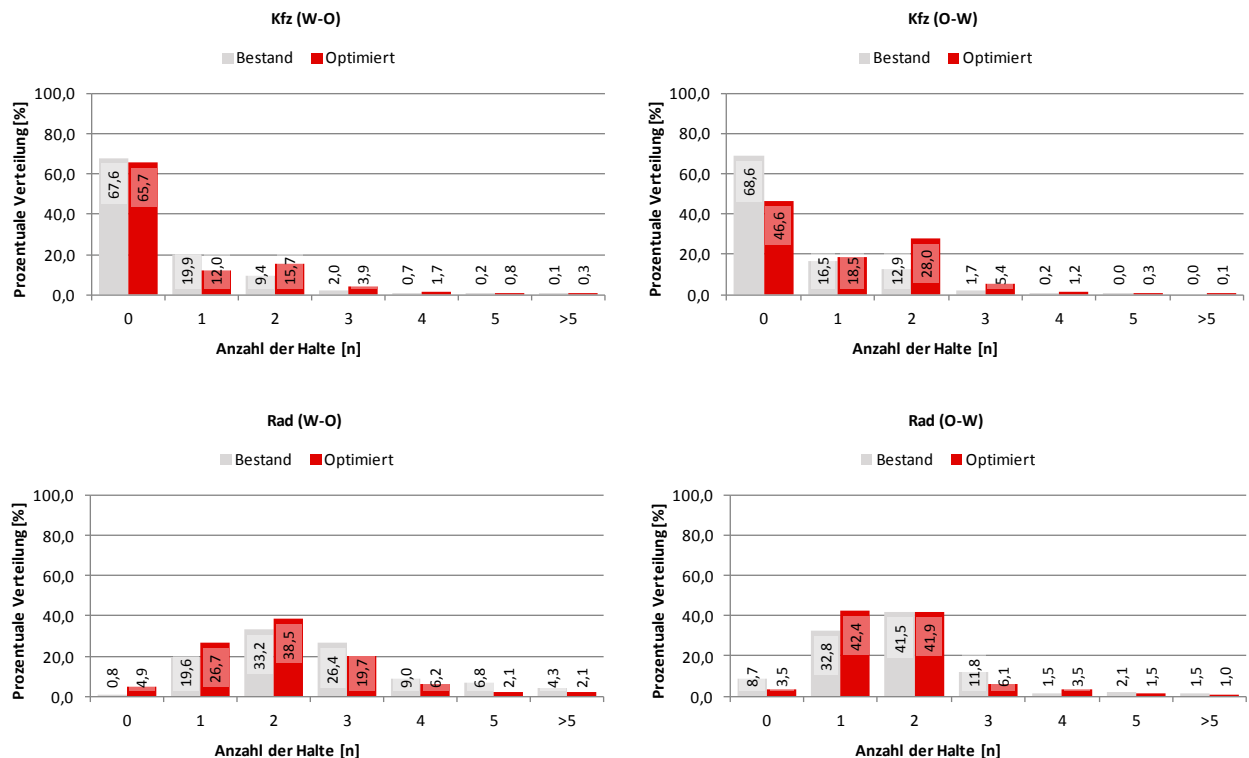


Abb. 45: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke des Hohenzollerndamms (eigene Darstellung)

Zusammenfassend lässt sich für den Hohenzollerndamm festhalten, dass die Ergebnisse aus den verschiedenen Simulationen sehr deutlich zeigen, dass für den Streckenabschnitt das Verbesserungspotential für den Radverkehr relativ gering ist. Auch mit der vorgestellten Vorzugsvariante konnte keine für den Radverkehr zufriedenstellende Lösung gefunden werden. Eine Radverkehrsbeschleunigung kann aufgrund der zuvor genannten Rand- und Rahmenbedingungen nicht effizient umgesetzt werden. Dieser Streckenabschnitt wird daher nicht als potentielle Umgestaltungsstrecke vorgeschlagen.

Zeit-Weg-Diagramme - Hohenzollerndamm - Bestand

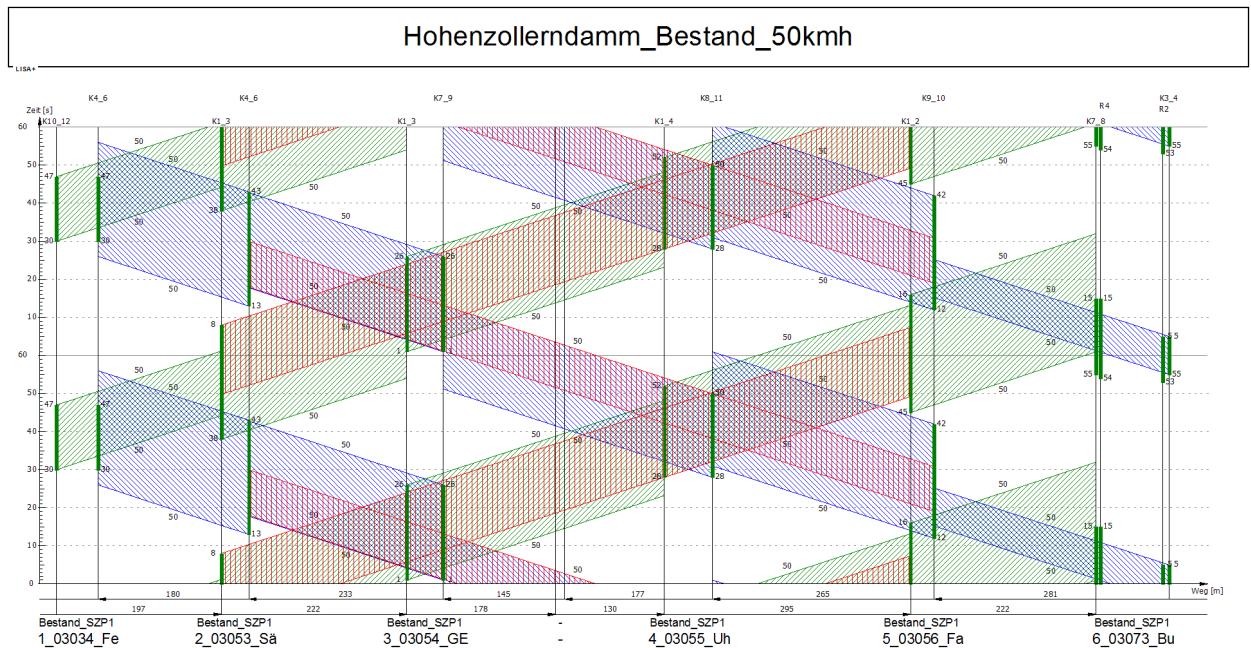


Abb. 46: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

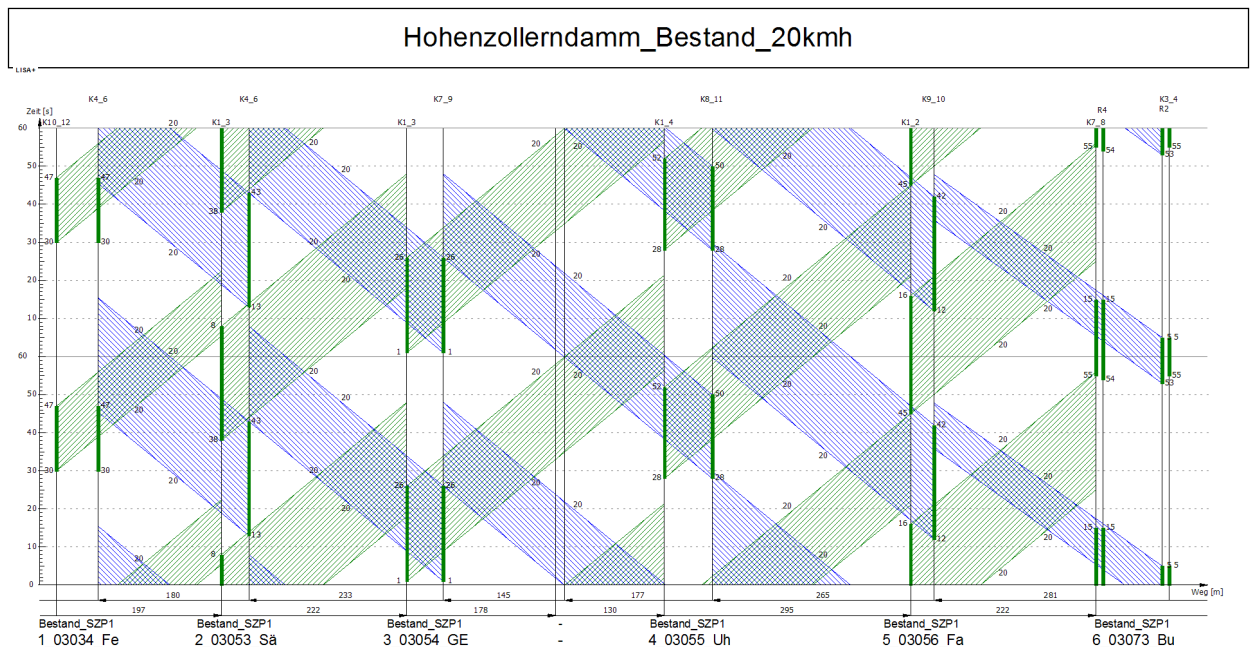


Abb. 47: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Hohenzollerndamm - Optimiert

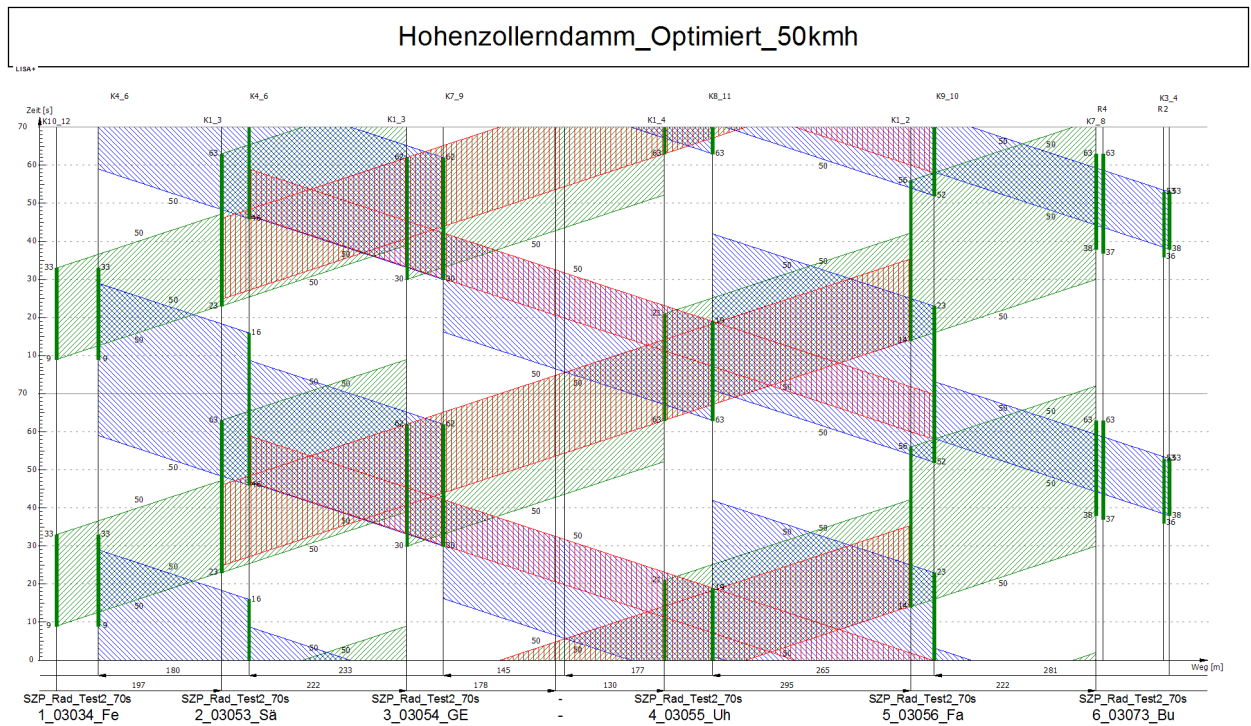


Abb. 48: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

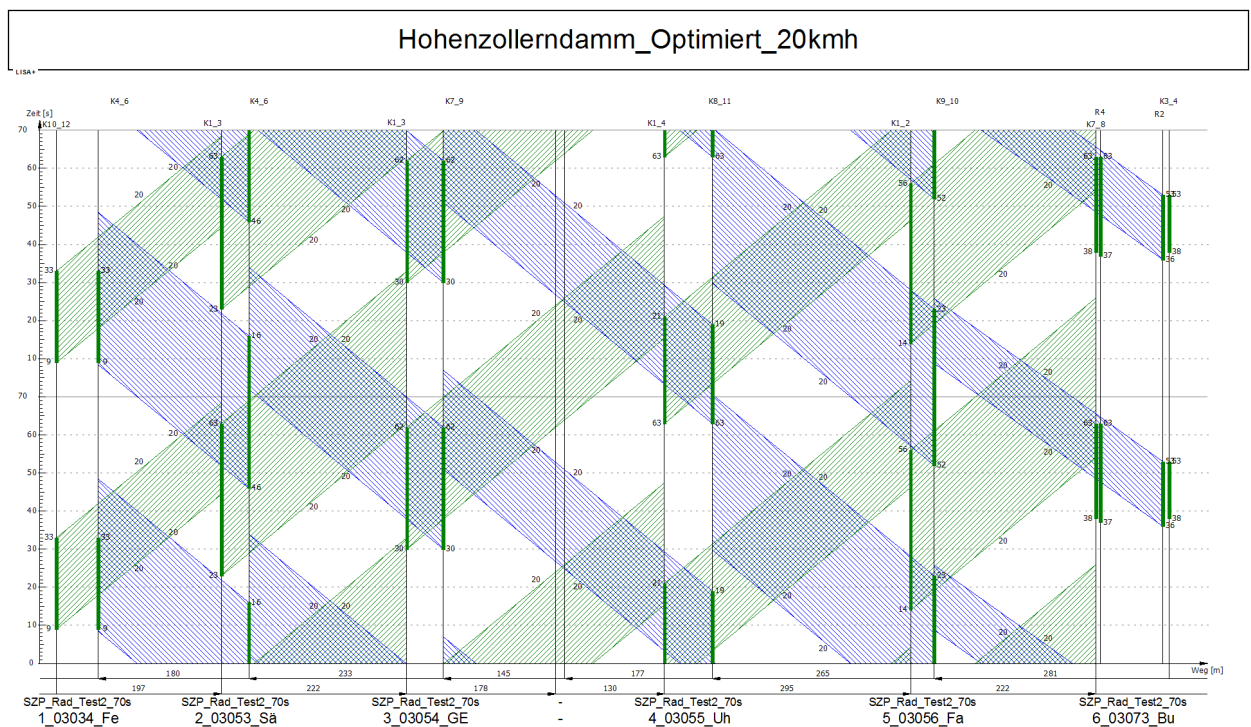


Abb. 49: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.4 Mühlenstraße

Der Streckenabschnitt Mühlenstraße, zwischen den Knotenpunkten Stralauer Platz / Straße der Pariser Kommune und Warschauer Straße / Stralauer Allee ist eine wichtige West-Ost-gerichtete Hauptverkehrsachse im Berliner Stadtteil Friedrichshain. Als Bestandteil des Fahrradhaupttroutennetzes führt die Mühlenstraße auf der Radverkehrsrouten "Berliner Mauerweg" entlang der "East-Side-Gallery". Im übergeordneten Straßennetz werden über die Mühlenstraße die Stadtteile Trepow und Kreuzberg in Richtung City-Ost (Alexanderplatz) verbunden. Damit ist dieser Streckenabschnitt sowohl für den Berufs- als auch für touristische Verkehre äußerst attraktiv. Der Streckenabschnitt verfügt als Radverkehrsanlage über einen durchgehenden Berliner Schutzstreifen, welcher stellenweise (dort wo keine Möglichkeiten für den ruhenden Verkehr vorgesehen sind) benutzungspflichtig ausgeschildert ist.

Die Auswahl dieser Untersuchungsstrecke begründet sich insbesondere über die Bedeutung des Streckenabschnitts im Radwegenetz sowie über die Anzahl und die Abstände der lichtsignalisierten Knotenpunkte. Ein weiteres Auswahlkriterium ist, dass auf dem Streckenabschnitt keine Beeinflussung der Signalisierung durch ÖPNV-Priorisierung vorliegt. Insgesamt sind auf dem Untersuchungsabschnitt inklusive der Einspeiseknotenpunkte sechs lichtsignalisierte Knotenpunkte vorhanden (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 120 zu entnehmen).

Bestandssituation:

Für die abendliche Spitzenstunde ist an allen Knotenpunkten auf der Mühlenstraße eine Umlaufzeit von 90 Sekunden vorgesehen. Im Bestand liegt für den Kfz-Verkehr in Richtung Westen eine durchgängige Koordinierung auf Grünzeitbeginn vor. In der Gegenrichtung existiert ebenfalls eine Koordinierung mit partieller Ausprägung, die am Knotenpunkt Mühlenstraße (Arena) unterbrochen wird. Vor diesem und nach diesem Knotenpunkt können die Fahrzeuge die jeweiligen Strecken in Richtung Westen koordiniert befahren. Für Radfahrende ergibt sich in der Bestandskoordinierung bei Einhaltung der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h in westlicher Richtung kaum eine Koordinierung. In Richtung Osten steht dem Radverkehr auf wenigen Teilabschnitten eine Koordinierung mit schmalen Grünbändern zur Verfügung.

An den Lichtsignalanlagen der Mühlenstraße sind im Bestand Signalzeitenpläne mit folgenden Umlaufzeiten vorhanden:

- Straße der Pariser Kommune (60 s, 70 s und 90 s),
- Marianne-von-Rantzau-Straße (60 s, 70 s und 90 s),
- Mildred-Harnack-Straße (60 s, 70 s und 90 s),
- Mühlenstraße (Arena) (60 s, 70 s und 90 s),
- Tamara-Danz-Straße (60 s, 70 s und 90 s),
- Warschauer Straße - Am Oberbaum (60 s, 70 s und 90 s).

Bei den Knotenpunkten auf der Mühlenstraße handelt es sich zumeist um Einmündungen (bis auf Mühlenstraße (Arena) - FLSA und Warschauer Straße - vierarmiger KP), bei denen die jeweiligen Linksabbieger lichtsignaltechnisch gesichert geführt werden. Diese Einmündungen werden mit ei-

ner 3-Phasen-Steuerung signalisiert. Die Linksabbieger biegen an den Einmündungen immer aus westlicher Richtung kommend ab. Diese Linksabbieger-Phase beeinflusst die Freigabezeiten für den Verkehr an den Einmündungen entlang der Mühlenstraße. Aus diesem Grund sind die Freigabezeiten für den Verkehr in westlicher Richtung in der Regel geringer als in der Gegenrichtung.

Ansätze:

Die 3-Phasen-Steuerung ist aus Sicht der vorhandenen Knotenpunkttypen sinnvoll, eine Anpassung der Signalisierungsform ist daher nicht zweckmäßig. Aufgrund der Signalisierungsform gibt es jedoch nur sehr wenige lichtsignaltechnische Anpassungsmöglichkeiten für diesen Streckenabschnitt. Folgende Maßnahmen werden weiterverfolgt:

- Vergrößerung der Freigabezeiten in der Hauptrichtung,
- Anpassung der Phasenfolge,
- Versatzzeitenanpassung,
- Aufbau einer verträglichen Koordinierung (Kfz/Rad).

Umsetzung:

Nachstehend werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte werden Koordinierungen mit 60 s, 70 s, 80 s und 90 s Umlaufzeiten angelegt, die jeweils auf Grünanfang und Grünende für den Kfz- sowie für den Radverkehr koordiniert werden, um anschließend die verkehrlichen Kenngrößen mithilfe der Simulation zu ermitteln. Sofern für die jeweilige Umlaufzeit bereits Bestandspläne vorhanden sind, werden diese übernommen. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt deutlich, dass jede reine radverkehrspriorisierende Maßnahme (egal ob Grünanfang oder -ende für den Radverkehr) zu erheblichen und vor allem nicht akzeptablen Qualitätseinbußen im Kfz-Verkehr führt (vgl. Abb. 50). Deshalb wird in der nachfolgend vorgestellten Vorzugsvariante eine Signalisierung mit dem Ansatz entwickelt, den Radverkehr in westlicher Richtung zu beschleunigen und dabei die entstehenden negativen Auswirkungen für den Kfz-Verkehr so gering wie möglich zu halten und somit einen Konsens zwischen dem Rad- und Kfz-Verkehr herzustellen. Für die Entwicklung der Vorzugsvariante werden für die jeweiligen Knotenpunkte die Bestandssignalzeitenpläne für den nachmittäglichen Spitzenverkehr als Ausgangslage genommen. Damit ist in der Vorzugsvariante ebenfalls eine Umlaufzeit von 90 s aktiv. Eine Koordinierung beider Richtungen ist aufgrund der Konstellation der Knotenpunktabstände auf diesem Streckenabschnitt nicht möglich.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich der Mühlenstraße anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang							bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende						
	W-O			O-W				W-O			O-W		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV		Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 90er	17,0	47,6		14,2	23,8		Bestand - 90er	17,0	47,6		14,2	23,8	
60er_O-W Rad_GA	17,2	25,3		18,2	20,1		60er_O-W Rad_GE	17,1	19,2		18,9	21,6	
70er_O-W Rad_GA	16,6	30,0		18,5	20,7		70er_O-W Rad_GE	14,7	17,6		18,8	19,2	
80er_O-W Rad_GA	17,1	27,9		18,7	20,3		80er_O-W Rad_GE	14,6	30,9		18,7	20,7	
90er_O-W Rad_GA	17,0	30,0		18,2	20,0		90er_O-W Rad_GE	16,3	28,5		18,4	20,3	
60er_W-O Rad_GA	18,4	21,1		17,5	18,5		60er_W-O Rad_GE	18,3	20,9		16,2	18,8	
70er_W-O Rad_GA	18,5	22,1		13,8	14,9		70er_W-O Rad_GE	18,4	20,9		14,3	18,8	
80er_W-O Rad_GA	18,3	22,1		13,5	14,7		80er_W-O Rad_GE	18,1	21,5		13,8	18,0	
90er_W-O Rad_GA	18,2	24,1		15,7	17,5		90er_W-O Rad_GE	18,3	20,5		15,7	18,0	

Abb. 50: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Mühlenstraße (eigene Darstellung)

Straße der Pariser Kommune

Bei dem Knotenpunkt Straße der Pariser Kommune handelt es sich um einen dreiarmligen Knotenpunkt, der am westlichen Rand des zu untersuchenden Streckenabschnitts liegt. Aufgrund der 3-Phasen-Steuerung (zusätzliche Phase für das gesicherte Linksabbiegen) sind die Freigabezeiten für den Verkehr auf der Mühlenstraße nicht gleich groß. Die Freigabezeit des Verkehrs in westlicher Richtung fahrend wird vorher abgebrochen, um die Linksabbieger aus westlicher Richtung kommend im Nachlauf gesichert zu signalisieren. Der Unterschied der Freigabezeiten entlang der Hauptrichtung beträgt 16 s (Freigabezeiten: 48 s Richtung Osten und 32 s Richtung Westen). Im Bestand erfolgt für den Kfz-Verkehr in Richtung Osten eine Koordinierung auf den Freigabezeitanfang des nächsten Knotenpunkts. Aufgrund der größeren Freigabezeit ist es möglich, für den Kfz-Verkehr ein breites Grünband bereitzustellen, welches der gesamten Freigabezeit für diese Richtung entspricht. Im Radverkehr der Bestandskoordinierung kann ein, im Verhältnis zum Kfz-Verkehr, geringerer Teil der bei Grünanfang startenden Radfahrenden den KP Marianne-von-Rantzau-Straße ohne Halt queren (unter Einhaltung von $V = 20 \text{ km/h}$). Das Grünband für den Radverkehr hat in dieser Richtung eine Breite von etwa 17 s (vgl. Abb. 54 und Abb. 55 auf S. 69).

In der Vorzugsvariante wird im Sinne des Radverkehrs die Versatzzeit so angepasst, dass eine Koordinierung mit dem östlichen Knotenpunkt Marianne-von-Rantzau-Straße aufgebaut werden kann. In dieser Variante steht dem Radverkehr die gesamte Freigabezeit im Grünband zur Verfügung. Die Freigabezeit ist auf das Freigabeende des Folgeknotenpunkts Marianne-von-Rantzau-Straße eingestellt. Aufgrund der relativ großen Freigabezeiten und der Ausrichtung auf das Freigabeende wird es auch dem Kfz-Verkehr ermöglicht, den nachfolgenden Knotenpunkt unter gewissen Umständen koordiniert zu erreichen. Dies gilt vor allem für Fahrzeuge, die nach etwa 24 s Freigabezeit Richtung Osten weiterfahren. Fahrzeuge, die bereits zu Freigabebeginn in Richtung des KP Marianne-von-Rantzau-Straße fahren, nähern sich dort einem roten Signal (vgl. Abb. 56 und Abb. 57 auf S. 70).

Marianne-von-Rantzau-Straße

Der KP Marianne-von-Rantzau-Straße ist der westlichste KP auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße. An diesem Knotenpunkt ergibt sich das für diesen Streckenabschnitt typische Bild in der Bestandssignalisierung. Die Freigabezeiten sind für den Verkehr in Richtung Osten auf der

Mühlenstraße größer, da in der Gegenrichtung für das gesicherte Abbiegen die Freigabezeit verkürzt werden muss. In diesem Fall werden die Linksabbieger in einem Vorlauf zu der gemeinsamen Freigabe beider Hauptrichtungen signalisiert. Der Unterschied der Freigabezeiten zwischen den beiden Richtungen beträgt 26 s (Freigabezeiten: 57 s Richtung Osten und 31 s Richtung Westen). Im Bestand erfolgt für den Kfz-Verkehr in Richtung Osten eine Koordinierung auf den Freigabezeitpunkt des nächsten Knotenpunkts. Aufgrund der größeren Freigabezeit ist es möglich, für den Kfz-Verkehr ein breites Grünband bereitzustellen, welches der gesamten Freigabezeit für diese Richtung entspricht. In der Gegenrichtung herrscht für den Kfz-Verkehr ebenfalls eine Koordinierung vor. Hier fahren jedoch die zum Freigabebeginn gestarteten Fahrzeuge zunächst noch auf ein rotes Signal. Die Koordinierung wird erst für die Fahrzeuge wirksam, die nach der 8. Sekunde der Freigabezeit diesen KP passieren. Damit steht dem Kfz-Verkehr in westlicher Richtung mit etwa 23 s ein wesentlich schmaleres Grünband zur Verfügung als in der östlichen Richtung. Für die Radfahrenden in östlicher Richtung zeigt sich in der Bestandssignalisierung, dass diese mit Start zu Grünanfang den nächsten KP Mildred-Harnack-Straße ohne Halt passieren können. Das Grünband für den Radverkehr ist für diese Richtung sehr breit, mit einer Ausprägung von etwa 32 s. In der Gegenrichtung fahren alle Radfahrenden am KP Straße der Pariser Kommune auf ein rotes Signal zu. In westlicher Richtung existiert auf diesem Teilabschnitt somit keine Koordinierung für den Radverkehr (vgl. Abb. 54 und Abb. 55 auf S. 69).

Um dem Gesamtansatz der gewünschten Optimierung (Beschleunigung des Radverkehrs in westlicher Richtung ohne den Kfz-Verkehr zu stark zu beeinflussen) zu folgen, wird die Freigabezeit insbesondere des Verkehrs in Richtung West um 7 s vergrößert. Dies geht zu Lasten der Nebenrichtung und der Linksabbiegerphase, dort werden die Freigabezeiten entsprechend gekürzt. Zusätzlich werden in der Vorzugsvariante die Versatzzeiten so angepasst, dass sowohl für den Kfz- als auch für den Radverkehr partielle Koordinierungen in östlicher Richtung entstehen. In Richtung West existiert mit der angepassten Versatzzeit eine gute Koordinierung im Kfz-Verkehr. Die in westlicher Richtung fahrenden Radfahrenden kommen unter Beibehaltung einer Geschwindigkeit von 20 km/h am KP Straße der Pariser Kommune alle zum Halten (vgl. Abb. 56 und Abb. 57 auf S. 70).

Mildred-Harnack-Straße

Das Signalisierungsprinzip des Knotenpunkts Mildred-Harnack-Straße entspricht dem der zwei zuvor beschriebenen Knotenpunkte. Das bedeutet, dass auch hier aufgrund einer notwendigen Linksabbiegerphase dem Verkehr in Richtung Osten eine größere Freigabezeit zur Verfügung steht, als in der Gegenrichtung (55 s Richtung Osten zu 38 s in Richtung Westen). Die Linksabbiegerphase wird im Bestand im Nachlauf zur gleichzeitigen Freigabe der beiden übergeordneten Fahrtrichtungen signalisiert. Die Versatzzeiten zu den westlichen und östlichen Knotenpunkten sind so eingestellt, dass für den Kfz-Verkehr im Bestand eine sehr gute Koordinierung in beiden Richtungen entsteht. Dabei existieren für die Fahrzeuge Grünbänder mit einer Breite, die den jeweiligen Freigabezeiten der Richtung entsprechen. Der Radverkehr wird in der Bestandssignalisierung in östlicher Richtung ebenfalls koordiniert geführt. Hier profitieren die Radfahrenden von der

großen Freigabezeit am Folgeknotenpunkt sowie dem geringen Knotenpunktabstand in Richtung Osten. Es entsteht ein Grünband mit Ausrichtung auf das Grünende am KP Mühlenstraße (Arena) mit einer Breite der gesamten Freigabezeit. In westlicher Richtung stellt sich die Situation im Bestand nicht so gut dar wie in der Gegenrichtung. Hier existiert ein sehr schmales Grünband mit einer Ausprägung von etwa 5 s zum Freigabezeitbeginn. Alle später ankommenden Radfahrenden befahren diesen Teilabschnitt nicht mehr koordiniert (vgl. Abb. 54 und Abb. 55 auf S. 69).

Mit der Vorzugsvariante werden die Phasenfolge und die Freigabezeiten an diesem Knotenpunkt angepasst. Die Linksabbiegerphase wird nun im Vorlauf signalisiert. Die Freigabezeiten für die Hauptrichtung werden geringfügig erhöht. Durch diese Anpassungen gelingt es in dieser Variante, den Radverkehr sowohl in westlicher als auch in östlicher Richtung koordiniert zu führen. Die getroffenen Einstellungen wirken sich ebenfalls auf den Kfz-Verkehr aus. Auch hier kann in beiden Richtungen von einer guten Koordinierung gesprochen werden (vgl. Abb. 56 und Abb. 57 auf S. 70).

Mühlenstraße (Arena)

Die Lichtsignalanlage am KP Mühlenstraße (Arena) dient der sicheren Querung der zu Fuß Gehenden zwischen dem Arena-Vorplatz und der Berliner Mauer (East-Side-Gallery). Dafür wird die LSA mit zwei Phasen signalisiert. Die beiden Fahrtrichtungen entlang der Mühlenstraße erhalten im Bestand eine gleich große Freigabezeit von jeweils 63 s. Für den Kfz-Verkehr in östlicher Richtung ergibt sich aufgrund des Versatzes zum Folgeknotenpunkt eine sehr gute Koordinierung. In der westlichen Richtung erfolgt im Kfz-Verkehr der bereits oben beschriebene Bruch in der Koordinierung. Die Fahrzeuge, die zu Beginn der Freigabezeit an diesem KP in Richtung Westen fahren, werden mit dem Folgeknotenpunkt(en) sehr gut koordiniert. Das gilt bis einschließlich der 26. Sekunde der Freigabezeit, danach fahren alle Fahrzeuge gegen ein rotes Signal. Der Bruch entsteht vor allem dadurch, dass der Fahrzeugpulk aus östlicher Richtung kommend frühestens zur 47. Sekunde der Freigabezeit am KP Mühlenstraße (Arena) ankommt. Hier muss der Pulk noch nicht anhalten, kommt jedoch am westlichen Folgeknotenpunkt definitiv zum Stehen. Im Radverkehr ergibt sich im Bestand in östlicher Richtung eine relativ gute Koordinierung mit einem Grünband von etwa 24 s. In der Gegenrichtung steht dem Radverkehr in der Bestandssignalisierung ebenfalls eine Koordinierung zur Verfügung. Das Grünband für diese Richtung ist jedoch mit etwa 17 s nicht so stark ausgeprägt wie in Richtung Westen (vgl. Abb. 54 und Abb. 55 auf S. 69).

In der Vorzugsvariante werden die Signalisierungsform und die Freigabezeiten nicht verändert. Es wird lediglich die Versatzzeit zu den benachbarten Knotenpunkten neu eingestellt. Die Signalisierung beinhaltet für den Radverkehr in westlicher Richtung eine sehr gute Koordinierung mit nahezu gesamter Freigabezeit im Grünband. In östlicher Richtung kommen die zum Freigabebeginn gestarteten Radfahrenden am Folgeknotenpunkt zunächst noch zum Stehen. Hier ergibt sich erst nach rund 20 s Freigabe in dieser Richtung eine sehr gute Koordinierung. Für den Kfz-Verkehr ergeben sich mit dieser Signalisierung ein schmales Grünband direkt nach Freigabebeginn mit etwa 13 s und ein etwas breiter ausgeprägtes Grünband von etwa 19 s zum Freigabezeitende. In der

Gegenrichtung fahren die ersten Fahrzeuge noch auf ein rotes Signal. Nach 17 s in der Freigabezeit ergibt sich in dieser Richtung dann auch eine gute Koordinierung (vgl. Abb. 56 und Abb. 57 auf S. 70).

Tamara-Danz-Straße

Dieser dreiarmlige Knotenpunkt bildet das östliche Ende der Beeinflussungsstrecke des zu untersuchenden Streckenabschnitts und wird in einer 3-Phasen-Steuerung signalisiert. Die Linksabbiegerphase wird in einem Vorlauf zu der gemeinsamen Freigabe der Hauptrichtungen frei gegeben. Der Unterschied in den Freigabezeiten der Hauptrichtungen beträgt dadurch 23 s (53 s in Richtung Westen und 30 s in Richtung Osten). Wie bereits bei der Beschreibung zum KP Mühlenstraße (Arena) erwähnt, herrscht in westlicher Richtung eine gute Koordinierung auf das Freigabeende des Nachbarknotens vor. Jedoch fahren alle Fahrzeuge danach am KP Mildred-Harnack-Straße gegen Rot. In Richtung Osten ist die Freigabezeit auf den Freigabeanfang am KP Warschauer Straße / Am Oberbaum ausgerichtet. Hier steht die gesamte Freigabezeit des Folgeknotens als Grünband zur Verfügung.

Im Radverkehr ergibt sich im Bestand keine Koordinierung mit dem östlichen KP Warschauer Straße / Am Oberbaum. In Richtung Westen ist die Situation im Radverkehr nicht wesentlich besser. Hier ist es nur für einen sehr geringen Teil an Radfahrenden möglich, den westlichen Knotenpunkt ohne Halt zu passieren, da das Grünband eine Breite von lediglich 4 s aufweist (vgl. Abb. 54 und Abb. 55 auf S. 69). Mit der Vorzugsvariante werden die Freigabezeiten für die Hauptrichtungen an diesem Knotenpunkt erhöht. Die Phasenfolge bleibt jedoch gegenüber dem Bestand unverändert. Durch die Anpassungen gelingt es in dieser Variante, den Radverkehr in westlicher Richtung vollständig koordiniert zu führen. In der Gegenrichtung herrscht für die Radfahrenden keine Koordinierung vor. Die getroffenen Einstellungen wirken sich ebenfalls auf den Kfz-Verkehr aus. Es kann in beiden Richtungen von einer guten Koordinierung gesprochen werden (vgl. Abb. 56 und Abb. 57 auf S. 70).

Warschauer Straße / Am Oberbaum

Der vierarmige Knotenpunkt bildet den östlichen Abschluss und ist der baulich größte sowie am stärksten belastete Knotenpunkt auf dem Streckenabschnitt, weshalb dieser KP u. a. auch eine komplexe Lichtsignalsteuerung aufweist. Die Signalisierung des KP wird in der Vorzugsvariante aufgrund der großen Verkehrsstärken und der benötigten Zwischenzeiten (für die Linksabbiegerphase) gegenüber dem Bestand nicht verändert.

Im Bestand erfolgt für den Kfz-Verkehr eine sehr gute Koordinierung in Richtung Westen, die auf den Freigabebeginn am Folgeknotenpunkt ausgerichtet ist. Für den Radverkehr sieht die Bestandssignalisierung jedoch keine ausreichende Koordinierung vor (vgl. Abb. 54 und Abb. 55 auf S. 69).

Mit Anpassung der Versatzzeiten und Vergrößerung der Freigabezeiten am KP Tamara-Danz-Straße wird in der Vorzugsvariante den Radfahrenden auch eine koordinierte Führung angeboten. Die Situation im Kfz-Verkehr bleibt unverändert gut (vgl. Abb. 56 und Abb. 57 auf S. 70).

Ergebnisse:

Mittels Ergebnisvergleich der verschiedenen Simulationsvarianten (Umlaufzeiten von 60 s, 70 s, 80 s und 90 s; Koordinierung auf Grünanfang, Grünende, Kfz, Rad) können gezielte Aussagen zur Wirksamkeit einzelner Maßnahmen für diesen Streckenabschnitt getroffen werden. Die Auswertung zeigt dabei sehr deutlich, dass die verkehrliche Gesamtsituation für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer auf dem Streckenabschnitt mit Umsetzung der unterschiedlichen Maßnahmen maßgeblich beeinflusst werden kann.

Aufgrund der auf den Kfz-Verkehr (insbesondere in Richtung Osten) angepassten Randbedingungen auf diesem Streckenabschnitt stellt sich für den Kfz-Verkehr eine qualitativ sehr gute verkehrliche Situation ein. Die Ergebnisse zu den Geschwindigkeiten und der Anzahl der Halte (prozentual und durchschnittlich) (vgl. Abb. 51 und Abb. 53) unterstreichen diese Aussage sehr deutlich. Das erreichte Geschwindigkeitsniveau entspricht für die Fahrtrichtung Osten nahezu der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. In der Gegenrichtung kommt es aufgrund des Bruchs in der Koordinierung zu schlechteren Ergebnissen im Kfz-Verkehr. Die Fahrzeuge kommen auf dem Streckenabschnitt zum Halten und erzielen deshalb nicht so hohe Geschwindigkeiten wie in Richtung Osten. Bei Betrachtung der Ergebnisse für den Radverkehr zeigt sich eine ähnliche Tendenz wie für den Kfz-Verkehr. Auch hier ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Fahrtrichtungen, wobei die verkehrlich bessere Situation im Radverkehr in Richtung Osten zu finden ist.

Durch die Umsetzung der Maßnahmen für die Vorzugsvariante (Vergrößerung der Freigabezeiten in Hauptrichtung, Anpassung der Phasenfolge, Versatzzeitenanpassung, Aufbau einer verträglichen Koordinierung (Kfz/Rad)) wird eine Signalisierung für den Streckenabschnitt entwickelt, um im Radverkehr eine Beschleunigung und Qualitätsverbesserung gleichmäßig für beide Richtungen erzielen zu können. Zusätzlich soll aber mit der Vorzugsvariante auch eine verträgliche Situation im Kfz-Verkehr geschaffen werden.

Die Auswertung der Simulationsergebnisse zeigt deutlich, dass beiden Forderungen in der Vorzugsvariante nachgekommen werden kann (vgl. Abb. 51). In diesem Fall wird für beide Fahrtrichtungen im Kfz-Verkehr in der Vorzugsvariante bei gleichzeitiger Steigerung der Geschwindigkeiten im Radverkehr insbesondere in Richtung Westen (vgl. Abb. 51) ein ähnlich hohes Geschwindigkeitsniveau erreicht.

Die weiteren dargestellten Varianten zeigen jene Auswirkungen, die sich bei einer konsequenten Umsetzung einer bestimmten Richtungskordinierung im Radverkehr unter Beibehaltung einer Wunschgeschwindigkeit der Radfahrenden von 20 km/h (80er_W-O_Rad_GA (20)) ergeben. Wie diesen Messergebnissen zu entnehmen ist, bewirkt eine 100%ige Durchdringung von 20 km/h zusätzlich leichte Verbesserungen der Geschwindigkeiten im Radverkehr in Richtung Osten, sie führt aber in der Gegenrichtung im Radverkehr zu minimalen Verschlechterungen. Im Kfz-Verkehr sind

diese Verschlechterungen noch deutlicher zu sehen. Vor allem in westlicher Fahrtrichtung sinkt das Geschwindigkeitsniveau erheblich und gleicht sich fast an jenes des Radverkehrs an (vgl. Abb. 51). Bei der Auswertung der durchschnittlichen Anzahl der Halte können, wie bei den erzielten Geschwindigkeiten, die gleichen Tendenzen festgestellt werden. Das haltefreie Befahren der Beeinflussungsstrecke wird mit der Umsetzung der Vorzugsvariante im Kfz-Verkehr nicht mehr ermöglicht.

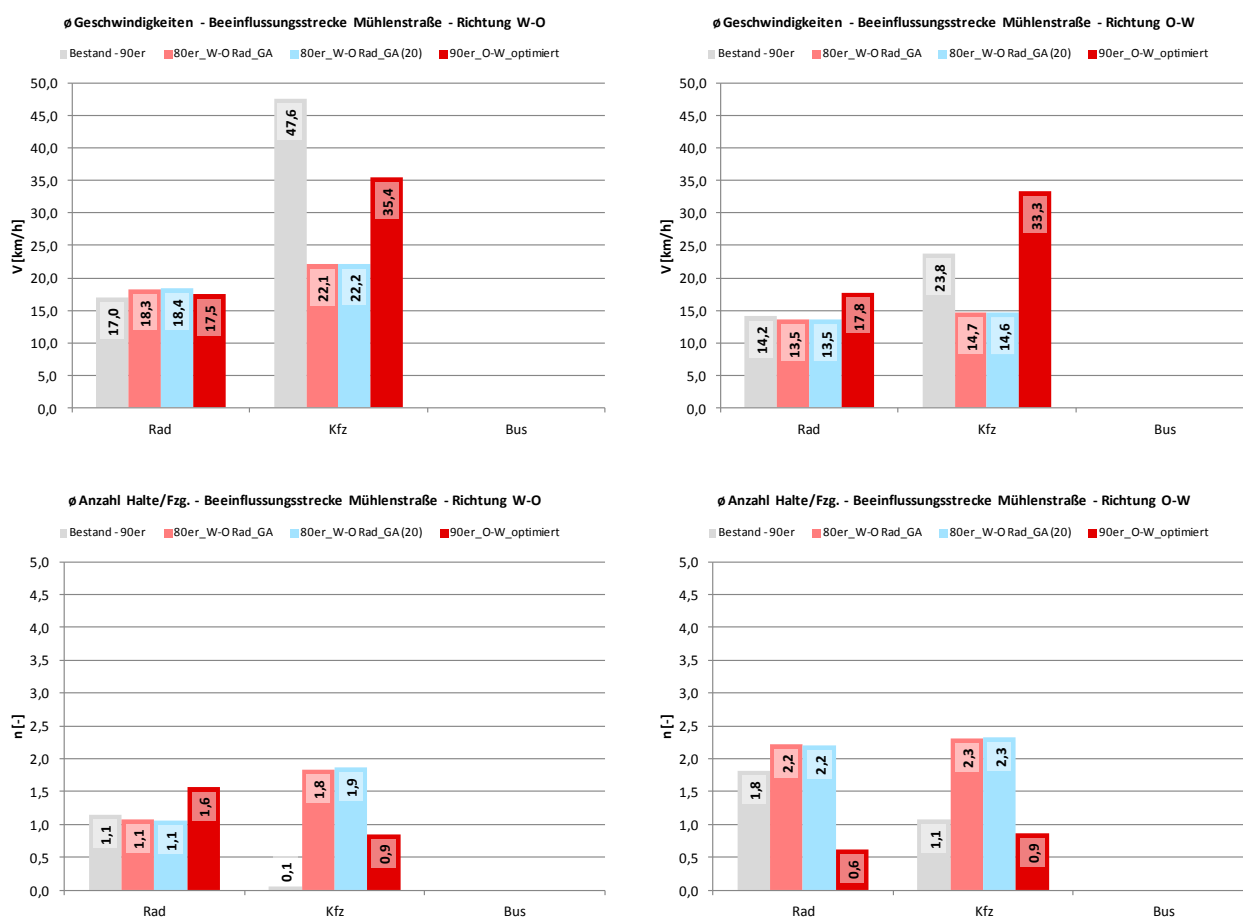


Abb. 51: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in West-Ost- und in Ost-West-Richtung (eigene Darstellung)

Die Auswertung der durchschnittlichen Verlustzeiten pro Kilometer (vgl. Abb. 52) zeigt, dass in der Bestandsvariante die Verlustzeiten in westlicher Fahrtrichtung gegenüber den Werten in der östlichen Richtung doppelt so hoch sind. Beim Vergleich der durchschnittlichen Verlustzeiten mit den angestrebten Werten der ERA 2010 (FGSV, 2010_a) wird ebenfalls ersichtlich, dass die Vorgaben für eine IR III Strecke in Fahrtrichtung Westen nicht eingehalten werden (45 s, vgl. Abb. 4 auf S. 6). In Richtung Osten entsprechen die Werte des Bestands nur in etwa den Vorgaben der ERA 2010. In der Vorzugsvariante gelingt es für Radfahrende in beiden Richtungen den geforderten Wert von 45 s zu unterschreiten, wobei in Richtung Westen eine klare Verbesserung und in Richtung Osten eine geringfügige Vergrößerung der Verlustzeiten zu erkennen ist.

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	W-O	O-W
Bestand	40,0	80,6
Optimiert	44,2	41,9
Abschnittslänge [m]	473,9	477,7

Abb. 52: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße (eigene Darstellung)

Bei Betrachtung der prozentualen Anteile der Fahrten ohne Halt auf der Beeinflussungsstrecke (vgl. Abb. 53) kann ebenfalls die Auswirkung der optimierten Variante aufgezeigt werden. Der Vergleich zeigt dabei deutlich, dass die Veränderungen, welche mit der optimierten Variante erzielt werden, insbesondere für die eigentliche Kfz-Koordinierungsrichtung (W-O) zu starken Veränderungen führen. Hier nimmt der Anteil der haltfreien Fahrten gegenüber dem Bestand immens ab. Für die Gegenrichtung von Ost nach West kann hingegen im Kfz- und im Radverkehr eine deutliche höhere Anzahl an Fahrten ohne Halt erzeugt werden.

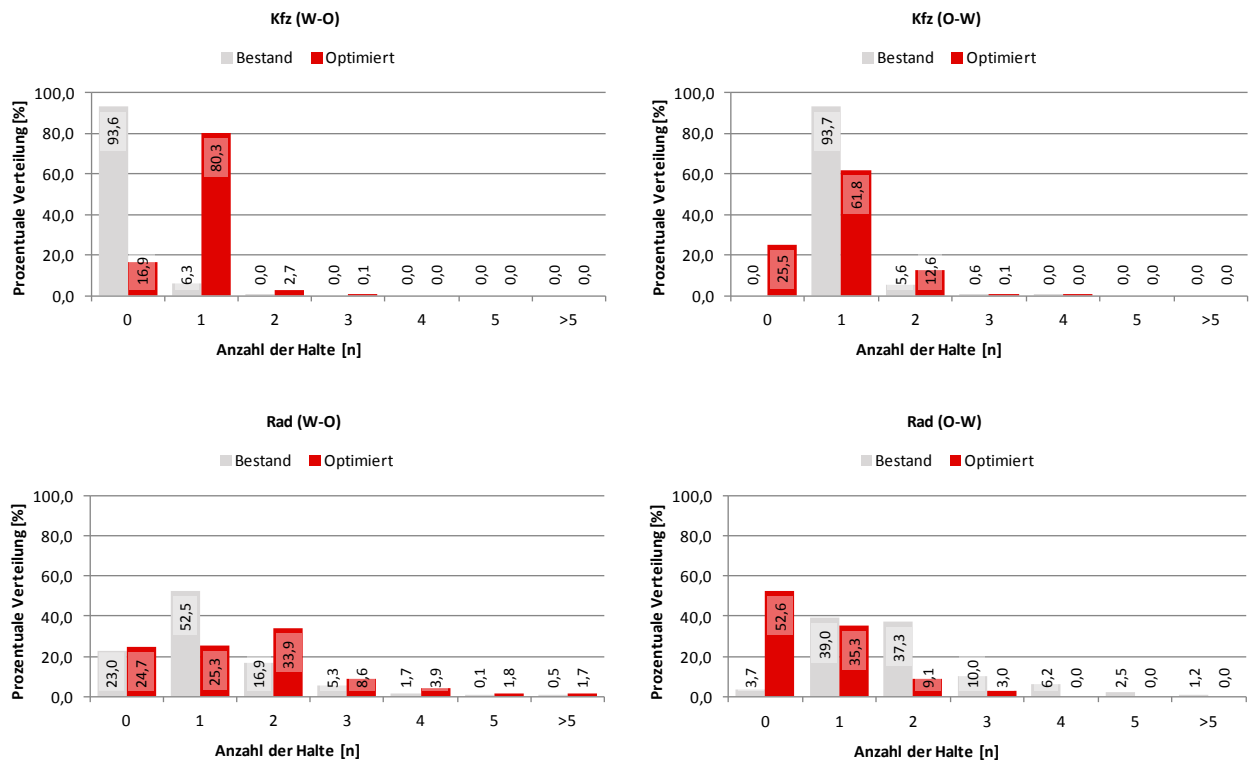


Abb. 53: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße (eigene Darstellung)

Abschließend lässt sich für die Mühlenstraße festhalten, dass mit den getroffenen Maßnahmen in der Vorzugsvariante für die Fahrtrichtung Westen eine gute Lösung entwickelt werden kann, um den Radverkehr, aber auch Kfz-Verkehr zu beschleunigen. Die negativen Auswirkungen in der Gegenrichtung des Kfz-Verkehrs sind jedoch eindeutig zu sehen. Aufgrund der teilweise positiven Ergebnisse stellt der Streckenabschnitt Mühlenstraße eine potentielle Strecke für die geplante nachfolgende Umsetzungsphase dar, bei der die möglichen negativen Auswirkungen im Vorfeld konkret abgewogen werden müssen.

Zeit-Weg-Diagramme - Mühlenstraße - Bestand

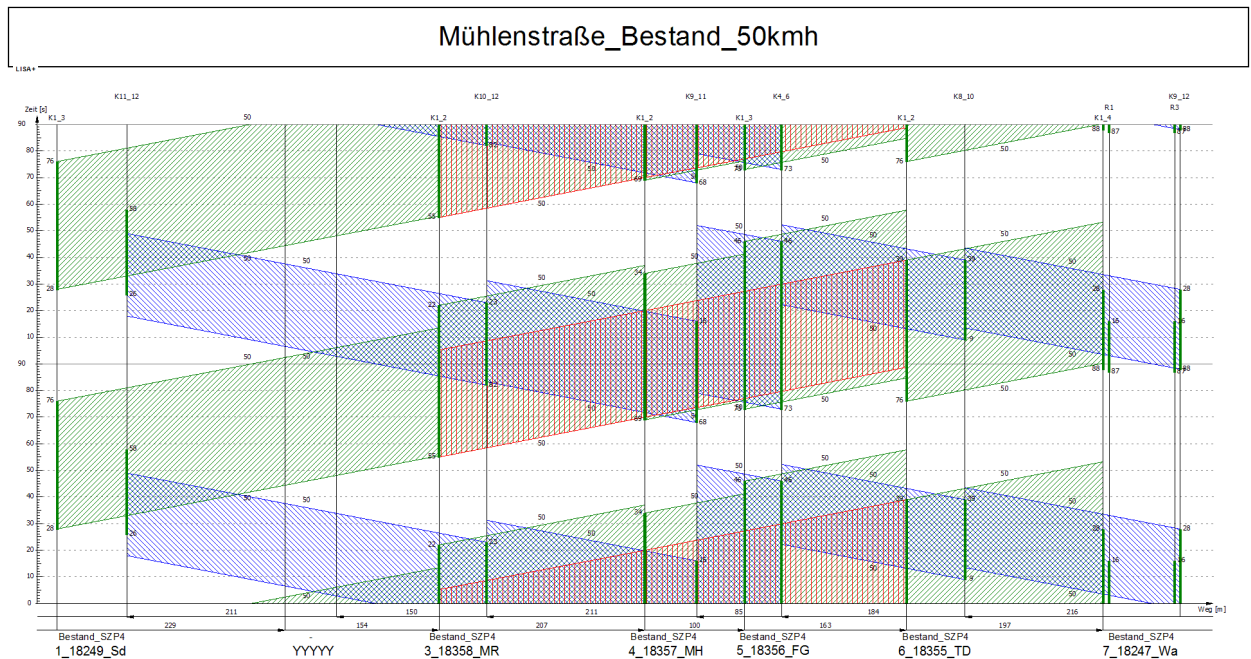


Abb. 54: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

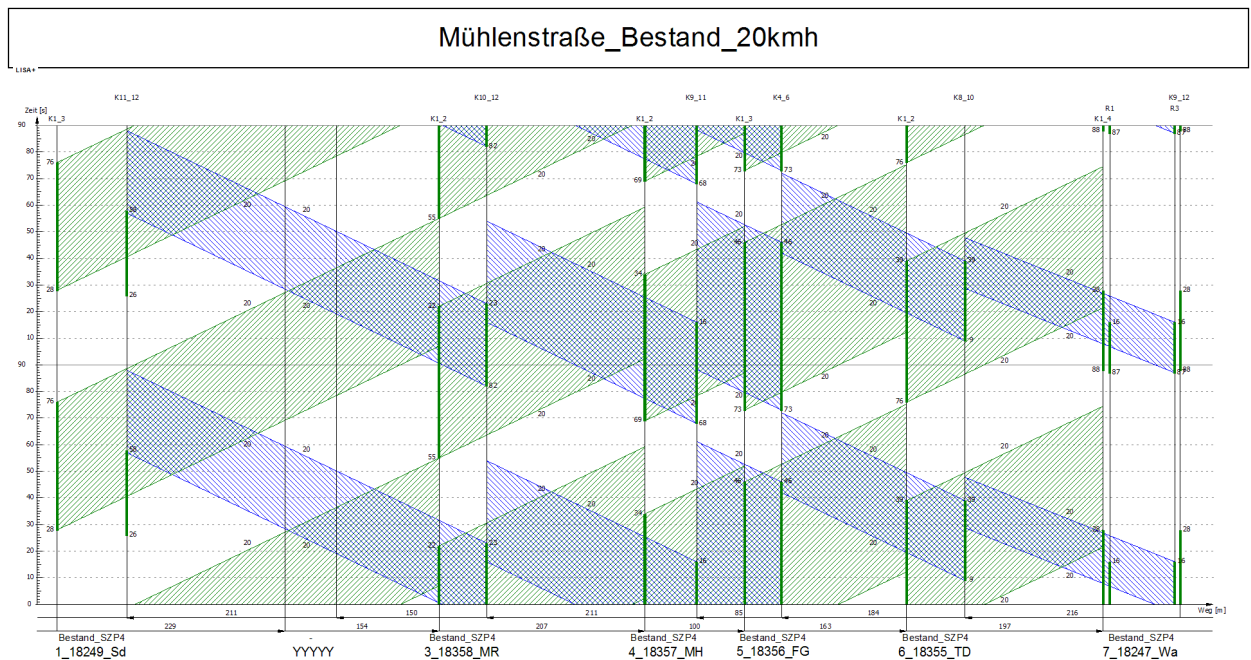


Abb. 55: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Mühlenstraße - Optimiert

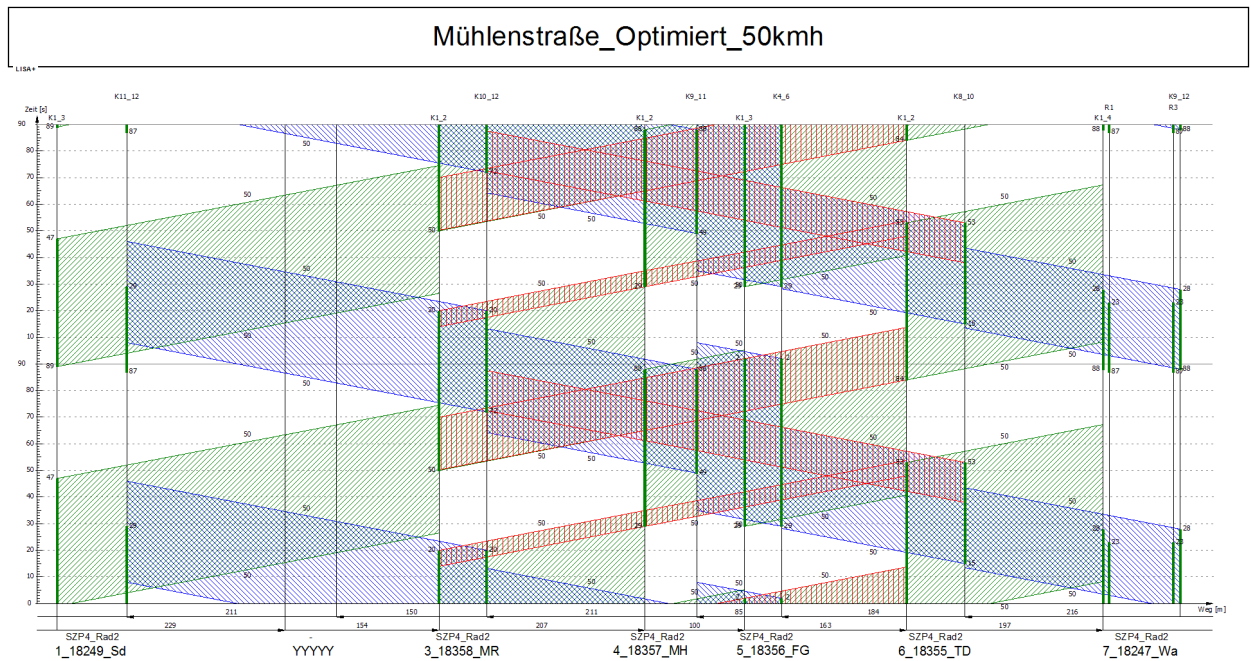


Abb. 56: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

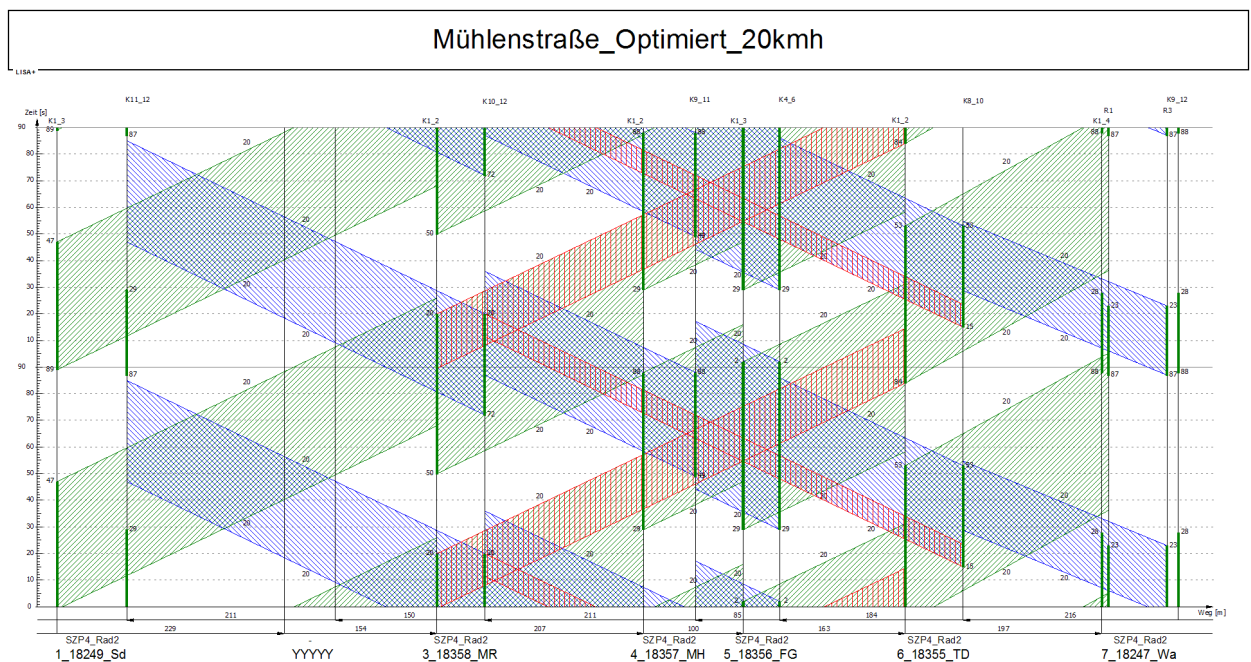


Abb. 57: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.5 Müllerstraße

Untersuchungsgegenstand auf der Müllerstraße, von der Seestraße in südlicher Richtung bis zum Knotenpunkt Gerichtstraße / Triftstraße, sind insgesamt sechs signalisierte Knotenpunkte. Der Streckenabschnitt mit Nordwest-Südost-Ausrichtung (in den Auswertungsdiagrammen wird vereinfacht von der Nord-Süd- bzw. Süd-Nord- Richtung gesprochen), ist Teil der wichtigen Hauptverkehrsverbindung zwischen den Bezirken Mitte und Reinickendorf. Der Radverkehr wird auf der Untersuchungsstrecke derzeit gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr auf der Fahrbahn geführt. Auf der Müllerstraße nördlich des Knotenpunkts Seestraße ist bereits der Berliner Schutzstreifen markiert. Die zukünftigen Planungen sehen ebenfalls für den zu betrachtenden südlichen Bereich der Müllerstraße vor, den Berliner Schutzstreifen zu markieren und damit eine durchgehend einheitliche Gestaltung der Radverkehrsanlagen auf der Müllerstraße vorzunehmen (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 121 zu entnehmen).

Bestandssituation:

Während die fünf anderen Knotenpunkte auf der Müllerstraße in der nachmittäglichen Spitzenstunde über eine Umlaufzeit von 70 Sekunden verfügen, ist am Knotenpunkt Seestraße in der Spitzenstunde eine Umlaufzeit von 90 Sekunden aktiv. Aufgrund der verschiedenen Umlaufzeiten kann auf der Müllerstraße im Bestand keine durchgehende Koordinierung für den MIV, weder in nördlicher noch in südlicher Richtung, aufgebaut werden. Eine weitere Besonderheit der Signalisierung auf dem Streckenabschnitt ergibt sich ebenfalls am Knotenpunkt Seestraße. Hier kreuzt auf der Seestraße eine wichtige Tram-Strecke die Müllerstraße. Damit die Tram an diesem KP lichtsignaltechnisch bevorzugt wird, läuft die LSA am KP Seestraße in einer ÖPNV-priorisierenden Steuerung. Die ÖPNV-Priorisierung ist jedoch nicht Bestandteil der allgemeinen Untersuchungen, es wird deshalb von einer Festzeitsteuerung an diesem Knotenpunkt ausgegangen.

Neben den zuvor beschriebenen Besonderheiten sind für die Knotenpunkte der Untersuchungsstrecke Müllerstraße Signalzeitenpläne mit folgenden Umlaufzeiten bereits vorhanden:

- Seestraße (60 s, 70 s und 90 s),
- Müllerstraße Nr. 37 (60 s, 70 s und 90 s),
- Ostender Straße / Utrechter Straße (60 s, 70 s und 90 s),
- Luxemburger Straße - Schulstraße (60 s, 70 s und 90 s),
- Antonstraße (60 s, 70 s und 90 s),
- Gerichtstraße / Triftstraße (60 s, 70 s und 90 s).

Die Bestandkoordinierung zeigt für den Kfz-Verkehr in Fahrtrichtung Norden zwei Grünbänder zwischen dem Knotenpunkt Luxemburger Straße / Schulstraße und der FLSA an der Müllerstraße Nr. 37 sowie zwischen den Knotenpunkten Gerichtstraße / Triftstraße und Antonstraße. Am Knotenpunkt Luxemburger Straße / Schulstraße wird die Koordinierung Richtung Norden unterbrochen. In südlicher Richtung ergibt sich für den Kfz-Verkehr ein komplementäres Bild. Es sind Koordinierungen jeweils zwischen den Knotenpunkten Gerichtstraße / Triftstraße und Antonstraße sowie Luxemburger Straße / Schulstraße und der FLSA an der Müllerstraße Nr. 37 vorhanden.

Diese sind von ihren Grünbändern jedoch nicht so stark ausgeprägt, wie in nördlicher Richtung. Am KP Luxemburger Straße / Schulstraße erfolgt, wie in nördlicher Richtung, ebenfalls ein Bruch zwischen diesen beiden Koordinierungen in Richtung Süden. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für den nachmittäglichen Spitzenverkehr die Koordinierungsrichtung Norden (stadtauswärts) lichtsignaltechnisch präferiert wird. Für den Radverkehr existiert nur in bestimmten Bereichen des Streckenabschnitts eine Koordinierung in der Bestandsignalisierung. Hier kann vor allem der Bereich zwischen den Knotenpunkten Ostender Straße / Utrechter Straße und Müllerstraße Nr. 37 genannt werden, da hier eine gute Koordinierung für die Radfahrenden in nördlicher Richtung vorhanden ist. Weitere Bereiche zeigen nur partielle Koordinierungen für den Radverkehr auf (vgl. Abb. 62 und Abb. 63 auf S. 80).

Ansätze:

Für die Müllerstraße werden folgende Ansätze weiterverfolgt:

- Vergrößerung der Freigabezeiten in der Hauptrichtung,
- Versatzzeitenanpassung,
- Vergrößerung der Umlaufzeiten,
- Vereinheitlichung der Umlaufzeiten.

Umsetzung:

Im Folgenden werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte (bis auf den KP Seestraße) werden Koordinierungen mit 60 s, 70 s, 80 s und 90 s Umlaufzeiten angelegt, die jeweils auf Grünanfang und Grünende für den Kfz- und für den Radverkehr koordiniert werden. Anschließend werden die verkehrlichen Kenngrößen mithilfe der Simulation ermittelt. Sofern für die jeweilige Umlaufzeit bereits Bestandspläne vorhanden sind, werden diese modifiziert übernommen. Die Modifikation der Bestandspläne sieht vor allem eine Vergrößerung der Freigabezeiten in den Koordinierungsrichtungen entlang der Müllerstraße vor. Der KP Seestraße dient bei allen weiteren Betrachtungen als Fixpunkt, für den keine Veränderungen hinsichtlich der Freigabezeiten und Umlaufzeiten vorgenommen werden. Die Auswertung der Standard-Varianten (vgl. Abb. 58) zeigt sehr deutlich, dass eine reine Priorisierung des Radverkehrs auf der Müllerstraße nur für die jeweilige Koordinierungsrichtung im Radverkehr eine positive Wirkung hat. Für den Kfz-Verkehr und den Busverkehr verschlechtern sich die Geschwindigkeiten in nahezu jeder Variante. Die Standard-Varianten führen somit zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer.

Mit der optimierten Variante soll deshalb eine verträgliche Lösung entwickelt werden, bei der durch Vereinheitlichung der Umlaufzeiten auf 90 s der Knotenpunkt Seestraße ebenfalls in eine Gesamt-Koordinierung des Streckenabschnitts integriert wird. Zusätzlich soll in der optimierten Variante, der Radverkehr in nördlicher Richtung beschleunigt werden. Bei diesem Ansatz wird gleichzeitig eine für den Kfz-Verkehr, insbesondere in nördlicher Fahrtrichtung, verträgliche Lösung angestrebt. Der Bericht geht in den nachfolgenden Ausführungen auf diese Variante ein.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich der Müllerstraße anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang							bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende						
	N-S			S-N				N-S			S-N		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV		Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 70er	16,3	25,8	11,9	15,2	22,7	12,8	Bestand - 70er	16,3	25,8	11,9	15,2	22,7	12,8
60er_S-N Rad_GA	18,5	20,8	13,9	16,6	20,1	12,3	60er_S-N Rad_GE	18,6	22,4	14,0	17,2	16,4	11,5
70er_S-N Rad_GA	15,5	21,6	13,3	16,7	17,5	11,7	70er_S-N Rad_GE	15,8	23,4	13,1	17,4	14,7	10,9
80er_S-N Rad_GA	14,5	19,9	11,6	16,6	15,9	10,6	80er_S-N Rad_GE	15,7	22,5	12,5	18,5	18,1	12,0
90er_S-N Rad_GA	13,3	22,3	12,2	18,4	18,8	11,8	90er_S-N Rad_GE	14,6	22,7	14,1	18,6	17,4	11,2
60er_N-S Rad_GA	18,1	21,7	13,5	17,9	20,6	13,2	60er_N-S Rad_GE	18,3	23,7	13,7	17,0	19,4	12,7
70er_N-S Rad_GA	17,1	21,0	11,4	17,8	18,3	12,0	70er_N-S Rad_GE	18,1	19,5	12,5	15,2	16,5	11,0
80er_N-S Rad_GA	18,5	20,4	13,5	16,6	17,9	12,3	80er_N-S Rad_GE	18,2	18,6	12,2	15,0	15,7	11,4
90er_N-S Rad_GA	18,7	19,7	13,9	16,0	17,7	11,7	90er_N-S Rad_GE	18,7	17,3	11,8	15,3	16,2	11,4

Abb. 58: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Müllerstraße (eigene Darstellung)

Müllerstraße Nr. 37

Bei dem Knotenpunkt Müllerstraße Nr. 37 handelt es sich um eine Fußgängerlichtsignalanlage (FLSA). Bis auf den querenden Fußverkehr sind keine weiteren Konfliktströme zum Verkehr entlang der Müllerstraße vorhanden. Aus diesem Grund ist an diesem Knotenpunkt bereits in der Bestandssignalisierung eine sehr große Freigabezeit von 40 s für den Verkehr entlang der Müllerstraße vorhanden. Für die querenden zu Fuß Gehenden wird im Bestand die Querung der beiden durch den Fahrbahnteiler geteilten Furten in einem Zug mit einer Freigabezeit von 15 s ermöglicht. Ein Grünband für den Kfz- und Radverkehr zum bzw. vom KP Seestraße führend, ist aufgrund der unterschiedlichen Umlaufzeiten nicht gegeben. In der südlichen Richtung ist eine Koordinierung für den Kfz-Verkehr zum nächsten Knotenpunkt vorhanden. Das Grünband beträgt hier etwa 20 s. Das bedeutet aber auch, dass alle Fahrzeuge, die nach der 20. Sekunde der Freigabezeit, den KP Müllerstraße Nr. 37 in südlicher Richtung passieren, am KP Ostender Straße / Utrechter Straße zum Halten kommen müssen. Für den Radverkehr gilt in südlicher Richtung, dass bei Einhaltung der Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h nur ein geringer Teil den nächsten KP passieren kann. Das Grünband hat für diesen Fall eine Ausprägung von etwa 7 s (vgl. Abb. 62 und Abb. 63 auf S. 80).

Durch die Veränderung der Umlaufzeit auf 90 s in der Vorzugsvariante können die Grünbänder für den Radverkehr in beiden Richtungen vergrößert werden. Mit der Erhöhung kann auch der KP Seestraße in die Koordinierung mit aufgenommen werden. In der optimierten Variante ergibt sich dadurch ein Grünband von etwa 28 s (gesamte Freigabezeit von KP Seestraße) für die vom KP Seestraße in Richtung Süden Radfahrenden, unter Beibehaltung der Progressionsgeschwindigkeit. Langsamere Radfahrende können den KP Müllerstraße Nr. 37 ebenfalls noch passieren. Da die Versatz- und Freigabezeiten am KP Seestraße als fix angesehen werden, kann in der Gegenrichtung für den Radverkehr eine Koordinierung aufgebaut werden. Dieses begründet sich unter anderem über den geringen Knotenpunktabstand, aber auch über die unterschiedlich großen Freigabezeiten zwischen den beiden Knotenpunkten. In Richtung Süden steht den Radfahrenden aufgrund der Vergrößerung der Freigabezeiten ein Grünband von etwa 18 s zur Verfügung. Radfahrende die nach der 18. Sekunde der Freigabezeit in Richtung Süden fahren, kommen am KP Ostender Straße / Utrechter Straße zum Stehen. Für den Kfz-Verkehr kann durch die optimierte Variante mit Vergrößerung der Umlauf- und der Freigabezeit am KP Müllerstraße Nr. 37 eine Koordi-

nierung Richtung Norden zum KP Ostender Straße / Utrechter Straße mit einem Grünband von etwa 29 s erreicht werden. In der Gegenrichtung fahren nahezu alle Fahrzeuge auf ein rotes Signal am KP Seestraße (vgl. Abb. 64 und Abb. 65 auf S. 81).

Ostender Straße / Utrechter Straße

Der Knotenpunkt Ostender Straße / Utrechter Straße ist ein vierarmiger Knotenpunkt. Die Verteilung der Freigabezeiten im Bestand ist an diesem Knotenpunkt entsprechend der verkehrlichen Bedeutung der Knotenarme. Auf der übergeordneten Müllerstraße wird eine Freigabezeit von 33 s vorgehalten. Die untergeordneten Knotenarme Ostender Straße und Utrechter Straße erhalten eine Freigabezeit von 14 s. Der Knotenpunkt wird in einer 2-Phasen-Steuerung signalisiert.

Für den Kfz-Verkehr existiert in der Bestandssignalisierung in südlicher Richtung nahezu keine Koordinierung mit dem Knotenpunkt Luxemburger Straße / Schulstraße. Lediglich die Fahrzeuge, die am Ende der Freigabezeit den KP Ostender Straße / Utrechter Straße passieren, kommen am Folgeknotenpunkt nicht zum Halten. Für diese Fahrzeuge besteht ein Grünband von etwa 8 s. In der nördlichen Richtung existiert eine sehr gute Koordinierung für den Kfz-Verkehr mit dem KP Müllerstraße Nr. 37. Hier steht die komplette Freigabezeit von 33 s als Grünband zur Verfügung.

Für den Radverkehr ergibt sich in der Bestandssignalisierung in Richtung Süden eine Koordinierung mit einem Grünband von etwa 18 s. Die Radfahrenden, die nach der 18. Sekunde der Freigabezeit Richtung Süden mit der Geschwindigkeit von 20 km/h fahren, kommen am Folgeknotenpunkt zum Stehen. Vom KP Ostender Straße / Utrechter Straße in nördlicher Richtung fahrend ergibt sich in der Bestandssignalisierung für die Radfahrenden, ähnlich wie für den Kfz-Verkehr in dieser Richtung, eine gute Koordinierung mit einem Grünband von etwa 24 s (vgl. Abb. 62 und Abb. 63 auf S. 80).

Mit Erhöhung der Umlaufzeit in der Vorzugsvariante werden an diesem Knotenpunkt auch die Freigabezeiten zu Gunsten der Hauptrichtung vergrößert. Der Versatz zum nördlichen und zu dem südlichen Knotenpunkt ist in dieser Variante so eingestellt, dass für den Radverkehr in beiden Richtungen weiterhin breite Grünbänder zur Verfügung stehen. Für den Kfz-Verkehr steht in Richtung Norden ebenfalls eine sehr gute Koordinierung zur Verfügung. Mit einem Grünband in der Größe der Freigabezeit können alle Fahrzeuge den nördlichen Folgeknotenpunkt passieren. In der Gegenrichtung fahren die Fahrzeuge, die zu Beginn der Freigabezeit am KP Ostender Straße / Utrechter Straße in Richtung Süden starten, zunächst noch gegen ein rotes Signal am nächsten Knotenpunkt. Erst am Ende der Freigabezeit könnten die Fahrzeuge eine haltefreie Fahrt in Richtung Süden erwarten. Diese wird jedoch schwer zu realisieren sein, da die zum Beginn der Freigabezeit gestarteten Fahrzeuge einen Rückstau am KP Luxemburger Straße / Schulstraße erzeugen werden (vgl. Abb. 64 und Abb. 65 auf S. 81).

Luxemburger Straße / Schulstraße

Der vierarmige Knotenpunkt Luxemburger Straße / Schulstraße ist neben dem Knotenpunkt Seestraße einer der Knotenpunkt mit der größten verkehrlichen Bedeutung auf dem zu untersuchen-

den Streckenabschnitt, da an dieser Stelle die Müllerstraße von einer wichtigen Hauptverkehrsachse gekreuzt wird. Bei der Betrachtung der Freigabezeitenverteilung in der Bestandssignalisierung des zweiphasig signalisierten Knotenpunkts zeigt sich ebenfalls die hohe verkehrliche Bedeutung der untergeordneten Knotenpunktarme. Die Nebenrichtung (Luxemburger Straße / Schulstraße) erhält nur geringfügig kleinere Freigabezeiten als die Hauptrichtung der Müllerstraße (Verhältnis: 26 s in der Hauptrichtung zu 19 s in der Nebenrichtung).

Sowohl in nördlicher als auch in südlicher Richtung kann für den Kfz-Verkehr von einer sehr guten Bestandskoordinierung des Knotenpunkts Luxemburger Straße / Schulstraße mit den jeweiligen Folgeknotenpunkten gesprochen werden. In beiden Richtungen sind breite Grünbänder vorhanden. In nördlicher Richtung steht die komplette Freigabezeit zur Verfügung, in der südlichen Richtung ebenfalls, bis auf wenige Sekunden zum Freigabezeitende. Für den Radverkehr ergeben sich mit der Bestandssignalisierung an diesem Knotenpunkt, im Gegensatz zum Kfz-Verkehr, nahezu keine Koordinierungen in beide Richtungen. Einzig die Radfahrenden, die zu Beginn der Freigabezeit in Richtung Süden fahren, können den KP Antonstraße noch ohne Halt passieren. Hier hat das Grünband eine Breite von etwa 5 s. In der nördlichen Richtung verpassen bei Einhaltung einer Geschwindigkeit von 20 km/h alle Radfahrenden das grüne Signal am Folgeknotenpunkt, (vgl. Abb. 62 und Abb. 63 auf S. 80).

Mit Erhöhung der Umlaufzeit in der Vorzugsvariante auf 90 s werden an diesem Knotenpunkt die Freigabezeiten vor allem zu Gunsten der Hauptrichtung auf der Müllerstraße vergrößert. Für den Radverkehr ergibt sich in dieser Variante in der bevorzugten nördlichen Richtung eine gute Koordinierung mit dem Folgeknotenpunkt. Dort steht den Radfahrenden in nördlicher Richtung ein Grünband von etwa 20 s zur Verfügung. In der entgegengesetzten Richtung wird in der optimierten Variante dem Radverkehr nahezu keine koordinierte Steuerung angeboten. Der Kfz-Verkehr in südlicher Richtung kommt am Folgeknotenpunkt ebenfalls vollständig zum Stehen. In der nördlichen Fahrtrichtung müssen die zum Freigabebeginn gestarteten Fahrzeuge am KP Ostender Straße / Utrechter Straße kurz anhalten. Für alle später gestarteten Fahrzeuge besteht jedoch eine gute Koordinierung von etwa 27 s (ohne Berücksichtigung von möglichen Rückstauwirkungen der zuvor gestarteten Fahrzeuge) (vgl. Abb. 64 und Abb. 65 auf S. 81).

Antonstraße

Bei dem Knotenpunkt Antonstraße handelt es sich um eine Einmündung, die im Bestand mit einer 2-Phasen-Steuerung signalisiert wird. Die Freigabezeiten sind eindeutig zu Gunsten der übergeordneten Müllerstraße verteilt (34 s auf der Müllerstraße zu 14 s in der Antonstraße). Im Bestand existiert für den Kfz-Verkehr in Richtung Norden ein koordiniertes Grünband von etwa 15 s. In südlicher Fahrtrichtung wird nahezu die komplette Freigabezeit (bis auf etwa 3 s zum Freigabeende) auf die Freigabezeit des Folgeknotenpunkts koordiniert. Für den Radverkehr besteht im Bestand einzig in südlicher Richtung eine gute Koordinierung. Hier wird den Radfahrenden ein Grünband von etwa 20 s vorgehalten. In der nördlichen Gegenrichtung fahren alle Radfahrenden am KP Luxemburger Straße / Schulstraße gegen Rot (vgl. Abb. 62 und Abb. 63 auf S. 80).

In der Vorzugsvariante können auch an diesem Knotenpunkt aufgrund der Umlaufzeiterhöhung auf 90 s die Freigabezeiten erhöht werden. In dieser Variante wird es aufgrund der Anpassungen den Radfahrenden in nördlicher und in südlicher Richtung ermöglicht, die Folgeknotenpunkte koordiniert zu erreichen. Beim Kfz-Verkehr in nördlicher Fahrtrichtung fahren die ersten Fahrzeuge noch auf ein rotes Signal. Alle später gestarteten Fahrzeuge (nach etwa 20 s) können den Abschnitt koordiniert befahren. Es muss hierbei auf mögliche Rückstauungen der zuvor gestarteten Fahrzeuge verwiesen werden. In der nördlichen Richtung existiert in dieser Variante für den Kfz-Verkehr ein sehr breites Grünband von etwa 32 s. Es zeigt sich insbesondere in der südlichen Richtung, dass eine gemeinsame Koordinierung für den Rad- und Kfz-Verkehr aufgrund der größeren Freigabezeiten und des geringen Knotenpunktabstands zum südlichen KP Gerichtstraße / Triftstraße aufgebaut werden kann (vgl. Abb. 64 und Abb. 65 auf S. 81).

Gerichtstraße - Triftstraße

Der Knotenpunkt Gerichtstraße - Triftstraße bildet den südlichen Abschluss der Gesamtstrecke. Bei diesem Knotenpunkt handelt es sich um einen vierarmigen Knotenpunkt mit einer 2-Phasen-Steuerung. Die Freigabezeiten sind wie bei den anderen Knotenpunkten (bis auf KP Seestraße) zu Gunsten der Müllerstraße verteilt. Im Bestand zeigt sich für den Kfz-Verkehr eine sehr gute Koordinierung in nördlicher Richtung. Der Knotenpunkt ist dabei auf das Freigabeende am nördlichen Folgeknotenpunkt koordiniert. Dabei steht dem Kfz-Verkehr fast die ganze Freigabezeit zur Verfügung. Durch die große Freigabezeit am Folgeknotenpunkt und dem geringen Knotenpunktabstand profitiert der Radverkehr ebenfalls in der Bestandssignalisierung (vgl. Abb. 62 und Abb. 63 auf S. 80). Deshalb werden in der optimierten Variante die Einstellung der Versatzzeiten aus der Bestandssignalisierung nahezu unverändert übernommen (vgl. Abb. 64 und Abb. 65 auf S. 81).

Ergebnisse:

Mit dem Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Simulationsvarianten (60 s, 70 s, 80 s und 90 s, Grünanfang, Grünende, Kfz, Rad) können gezielte Aussagen zu der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen für diesen Streckenabschnitt getroffen werden. Die Auswertung zeigt sehr deutlich, dass mit Umsetzung der unterschiedlichen Maßnahmen die verkehrliche Gesamtsituation für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer maßgebend beeinflusst werden kann.

In der Bestandssituation konnte festgestellt werden, dass aufgrund verschiedener Randbedingungen im Radverkehr abschnittsweise eine recht unkomfortable Situation vorherrscht. Aufgrund der geringen, erreichten Geschwindigkeiten kann selbst im Kfz-Verkehr ein gewisses Potential für eine Qualitätsverbesserung ausgemacht werden.

Die Ergebnisse der entwickelten Vorzugsvariante, bei der sowohl für den Kfz-Verkehr (in Richtung Norden) als auch für den Radverkehr Verbesserungen erzielt werden sollen, zeigen deutlich, dass es für den Streckenabschnitt Müllerstraße möglich ist, eine verträgliche Lösung zu finden. Aufgrund der getroffenen Maßnahmen kann ein Gewinn der durchschnittlichen Geschwindigkeiten sowohl im Kfz-Verkehr (Richtung Norden) als auch für beide Richtungen im Radverkehr herbeigeführt werden (vgl. Abb. 59). Die Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr in Richtung Süden verringern

sich in einem Umfang, der als hinnehmbar gering einzuschätzen ist. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse auch, dass die Auswirkungen der umgesetzten Maßnahmen der Vorzugsvariante auf den Busverkehr sehr gering sind.

Die weiteren dargestellten Varianten zeigen die Auswirkungen der konsequenten Umsetzung bestimmter Richtungskordinierungen im Radverkehr unter Beibehaltung der gemessenen Geschwindigkeiten und einer Simulationsvariante mit 100 % Wunschgeschwindigkeit der Radfahrenden von 20 km/h (60er_N-S_Rad_GA (20)). Wie den Messergebnissen zu entnehmen ist, bewirkt eine 100%ige Durchdringung von 20 km/h zusätzlich leichte Verbesserungen im Radverkehr in der Koordinierungsrichtung, die jedoch durch stärkere Einbußen im Kfz-Verkehr begleitet werden (vgl. Abb. 59).

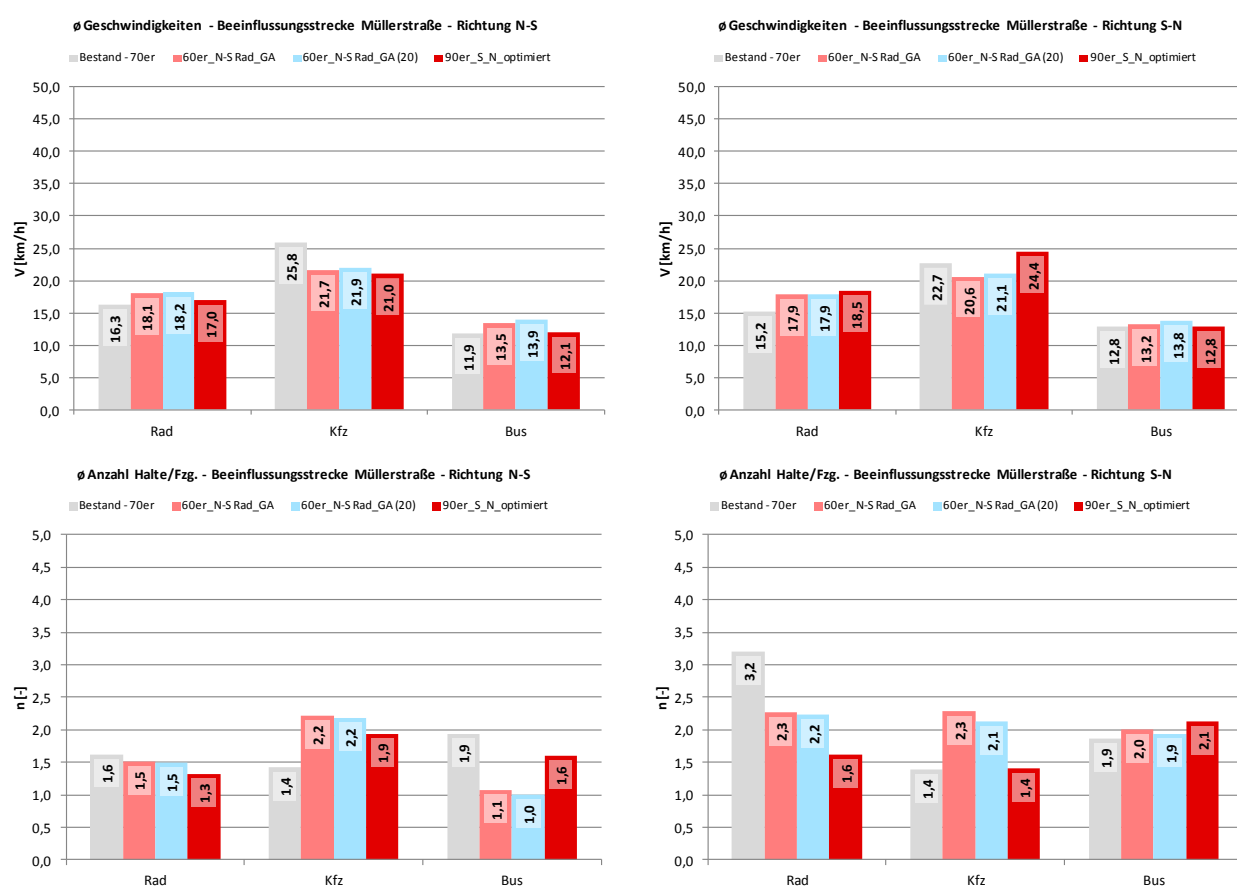


Abb. 59: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Müllerstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung (eigene Darstellung)

Die Auswertung der durchschnittlichen Verlustzeiten pro Kilometer (vgl. Abb. 60) zeigt, dass in der Bestandsvariante die Verlustzeiten im Radverkehr in beiden Fahrtrichtungen den angestrebten Wert der ERA 2010 (FGSV, 2010_a) für eine IR III Strecke nicht einhalten (45 s, vgl. Abb. 4 auf S. 6). In der Vorzugsvariante gelingt es Radfahrenden in beiden Richtungen den geforderten Wert von 45 s zu unterschreiten, wobei in Richtung Norden die größere Verbesserung zu erkennen ist.

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	N-S	S-N
Bestand	50,9	65,8
Optimiert	42,3	23,6
Abschnittslänge [m]	603,9	623,4

Abb. 60: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Müllerstraße (eigene Darstellung)

Nicht zuletzt kann die Wirksamkeit der optimierten Variante auch anhand der prozentualen Verteilung der Anzahl von Halten auf der Beeinflussungsstrecke gezeigt werden (vgl. Abb. 61). Mit der Umsetzung der verträglichen Koordinierung für Radfahrende und Kfz-Verkehr auf dem Streckenabschnitt Müllerstraße (mit bevorzugter nördlicher Richtung) ist es gelungen, den Anteil der Fahrten ohne Halt für beide Verkehrsteilnehmergruppen auf dem Streckenabschnitt in nördlichen Fahrtrichtung zu erhöhen. In der südlichen Richtung zeigt sich jedoch eine Verschlechterung für den Kfz-Verkehr gegenüber der Bestandssignalisierung. Diese bleibt in einem tolerierbaren Rahmen, wie die Ergebnisse der erreichten Geschwindigkeiten und der durchschnittlichen Anzahl der Halte (vgl. Abb. 59) aufgezeigt haben. Der Radverkehr in südlicher Richtung profitiert ebenfalls von den gewählten Maßnahmen.

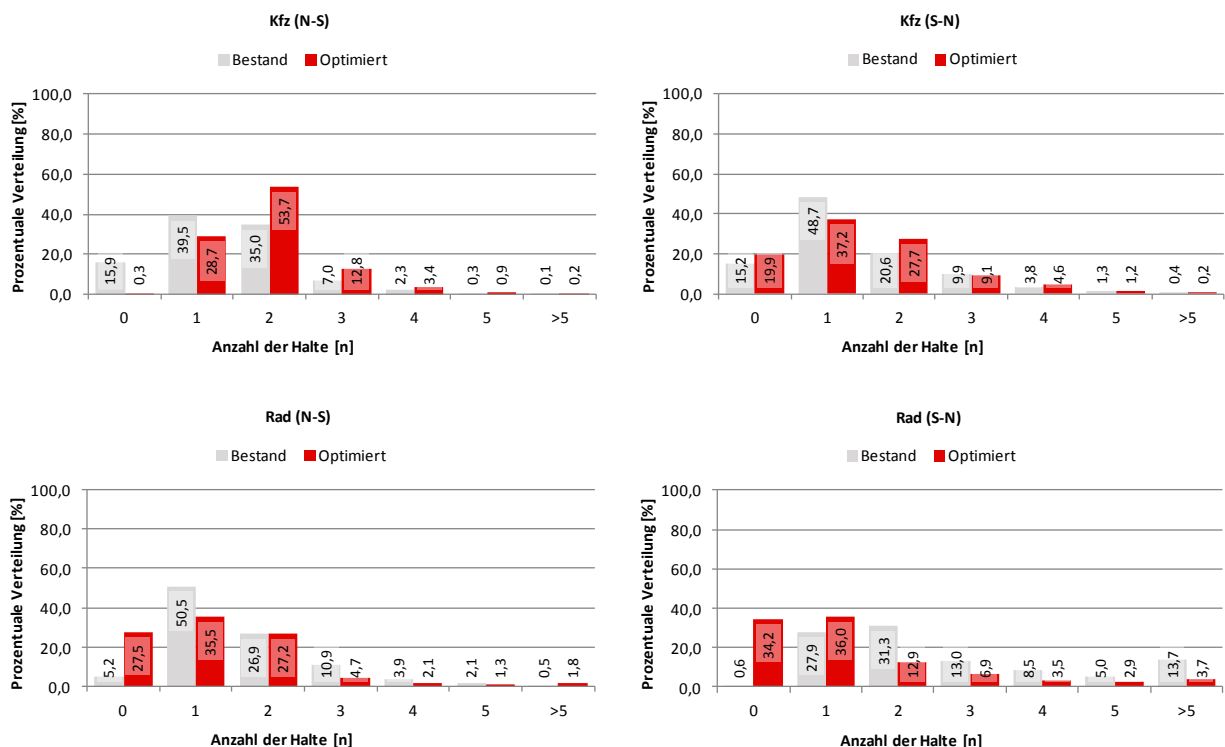


Abb. 61: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Müllerstraße (eigene Darstellung)

Abschließend lässt sich für die Müllerstraße festhalten, dass mit den getroffenen Maßnahmen (Vergrößerung der Freigabezeiten in Hauptrichtung, Versatzzeitenanpassung, Vergrößerung der Umlaufzeiten und Vereinheitlichung der Umlaufzeiten) in der Vorzugsvariante eine gute Lösung gefunden werden konnte, den Radverkehr einerseits maßgeblich zu beschleunigen und anderer-

seits dabei die negativen Einflüsse im Kfz-Verkehr und im Busverkehr auf einem niedrigen Niveau zu halten. Es kann mit Hilfe der Vorzugsvariante vielmehr gezeigt werden, dass auch für den Kfz-Verkehr-relevante Verbesserungen der verkehrlichen Kenngrößen möglich sind.

Aufgrund der positiven Ergebnisse stellt der Streckenabschnitt Müllerstraße somit eine potentielle Strecke für die geplante nachfolgende Umsetzungsphase dar.

Zeit-Weg-Diagramme - Müllerstraße - Bestand

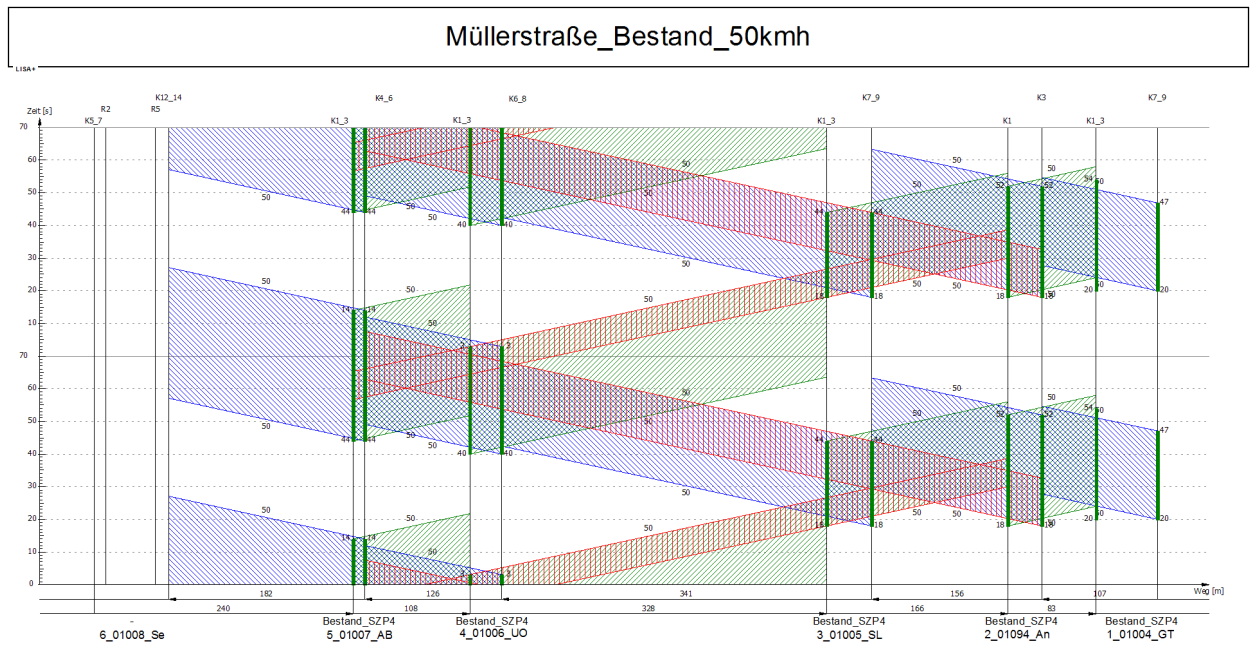


Abb. 62: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

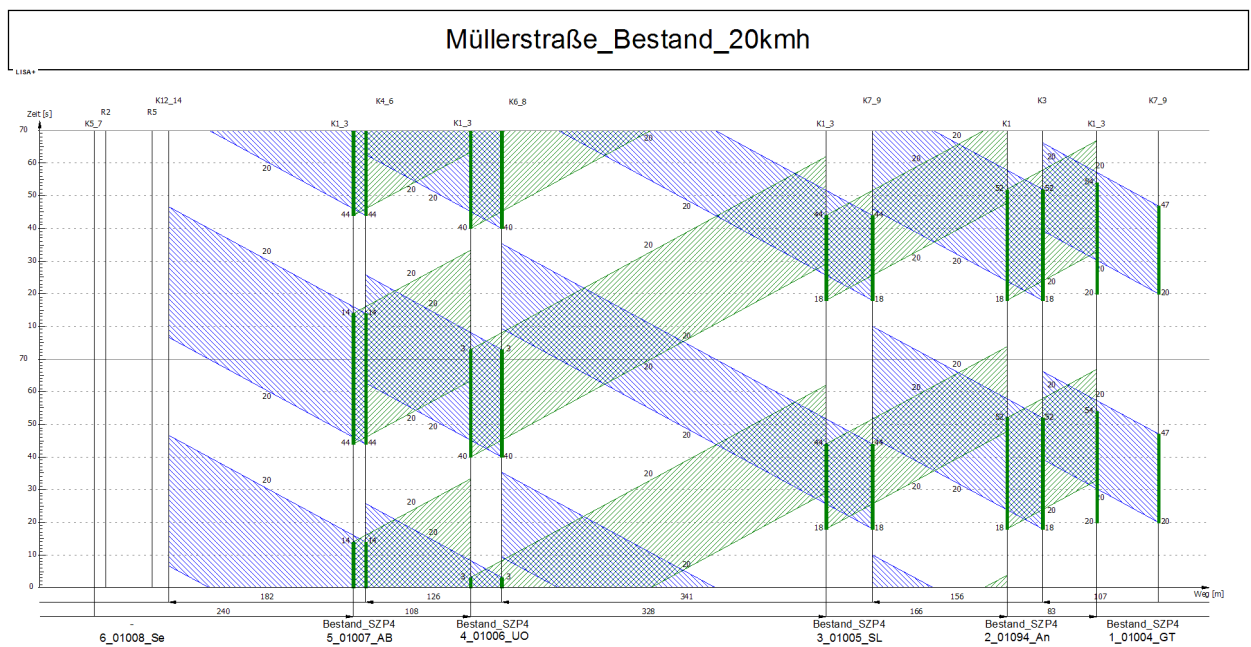


Abb. 63: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Müllerstraße - Optimiert

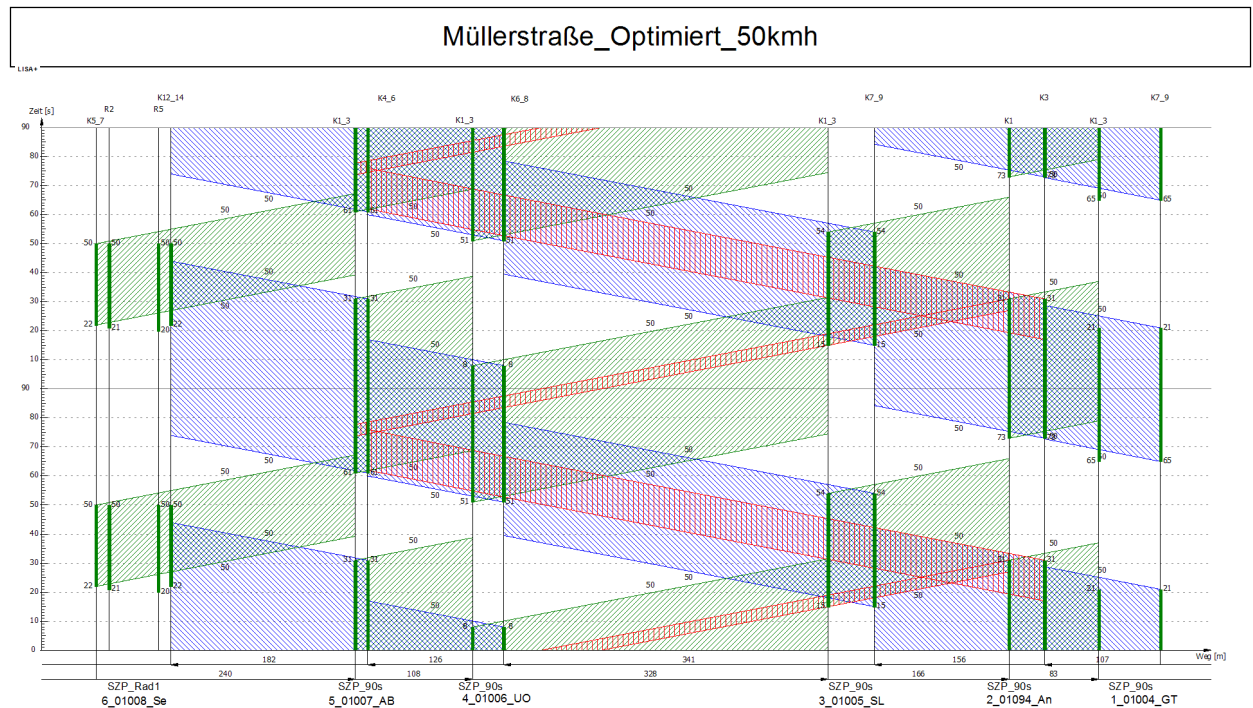


Abb. 64: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

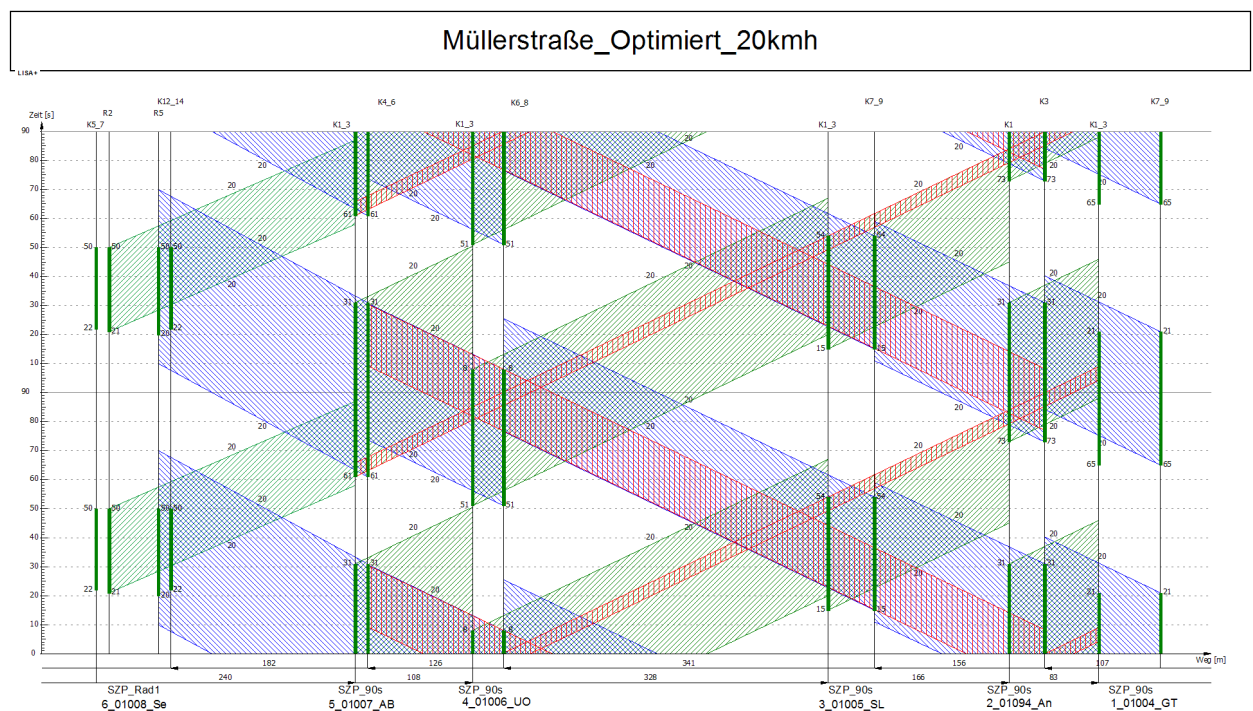


Abb. 65: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.6 Uhlandstraße

Der Streckenabschnitt Uhlandstraße befindet sich im Berliner Stadtteil Wilmersdorf und ist eine wichtige Nord-Süd-Verbindung, die quer zu den großen übergeordneten West-Ost-gerichteten Hauptverkehrsachsen Kurfürstendamm (im Norden der Uhlandstraße), Hohenzollerndamm (zentral) und Berliner Straße (im Süden der Uhlandstraße) verläuft. Untersuchungsgegenstand ist hier der Bereich auf der Uhlandstraße zwischen den Knotenpunkten Lietzenburger Straße und Berliner Straße. Auf diesem Abschnitt befinden sich insgesamt sieben lichtsignalisierte Knotenpunkte. Der Streckenabschnitt Uhlandstraße ist sowohl für den Berufs- als auch Freizeitverkehr äußerst attraktiv. Der Radverkehr wird auf der Uhlandstraße in beiden Richtungen über Berliner Schutzstreifen geführt.

Die Auswahl dieser Untersuchungsstrecke begründet sich insbesondere über die Anzahl und die geringen Abstände der lichtsignalisierten Knotenpunkte auf dem Abschnitt. Ein weiteres Auswahlkriterium ist, dass auf dem Streckenabschnitt eine Beeinflussung der Signalisierung durch ÖPNV-Priorisierung als vernachlässigbar gering eingestuft werden kann (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 122 zu entnehmen).

Bestandssituation:

An den Lichtsignalanlagen der Uhlandstraße sind Signalzeitenpläne mit folgenden Umlaufzeiten im Bestand vorhanden:

- Lietzenburger Straße (50 s und 60 s),
- Pariser Straße (50 s und 60 s),
- Düsseldorfer Straße (50 s und 60 s),
- Hohenzollerndamm (60 s),
- Güntzelstraße (40 s und 60 s),
- Fechnerstraße / Gasteiner Straße (60 s),
- Berliner Straße (60 s).

Für den Tagesverkehr sowie für die beiden Zeitbereiche mit dem jeweiligen Spitzenverkehr ist an den Knotenpunkten auf der Uhlandstraße im Bestand jeweils ein Signalzeitenplan mit einer Umlaufzeit von 60 s aktiv. Wie auch am Hohenzollerndamm erfolgt tagsüber auf diesem Streckenabschnitt kein Wechsel der Signalzeitenpläne, damit auch keine Veränderung der Umlaufzeiten oder Änderung der Präferenz-Richtung der Koordinierung. An einigen Knotenpunkten (Lietzenburger Straße, Pariser Straße, Düsseldorfer Straße) wird aber ab 21:00 Uhr ein Signalzeitenplan mit einer Umlaufzeit von 50 s geschaltet. Am Knotenpunkt Güntzelstraße ist ab dieser Uhrzeit sogar ein Plan mit einer Umlaufzeit von 40 s aktiv. An den Knotenpunkten Hohenzollerndamm, Fechnerstraße / Gasteiner Straße und Berliner Straße verändert sich die Umlaufzeit nicht, hier sind immer Signalzeitenpläne mit Umlaufzeiten von 60 s aktiv. Die Umstellung an den entsprechenden Knotenpunkten erfolgt aufgrund der tageszeitabhängigen Veränderung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (Umstellung von 50 km/h auf 30 km/h für die Reduzierung des Lärms in der Nacht).

Bei Betrachtung der Koordinierungsbänder der Bestandssignalisierung kann ganz allgemein festgestellt werden, dass eine bevorzugte Richtung der Koordinierungen auf dem Streckenabschnitt nicht identifiziert werden kann. Genauso wenig ist eine über die Beeinflussungsstrecke durchgehende Koordinierung vorhanden. Es besteht jedoch für den Kfz-Verkehr in Richtung Süden zwischen den KP Lietzenburger Straße und Düsseldorfer Straße eine gute Koordinierung. Auch in Richtung Norden stellt sich zwischen den Knotenpunkten Güntzelstraße und Düsseldorfer Straße eine Koordinierung ein.

Für den Radverkehr ergibt sich in der Bestandssignalisierung, bei Einhaltung der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h, nur auf verschiedenen Teilabschnitten immer wieder eine partielle Koordinierung. Hierbei ist vor allem der Teilabschnitt zwischen den Knotenpunkten Hohenzollerndamm und Fechnerstraße / Gasteiner Straße in Fahrtrichtung Süden zu nennen. Eine durchgehend geführte Koordinierung ist nicht vorhanden.

Ansätze:

Im Bestand sind an allen Lichtsignalanlagen 2-Phasen-Steuerungen aktiv. Dies ist aus Sicht der vorhandenen Knotenpunkttypen und der vorhandenen Verkehrsstärken sinnvoll. Eine Anpassung des Signalisierungstyps wird daher an keinem Knotenpunkt als zweckmäßig angesehen.

Folgende signaltechnische Anpassungen werden umgesetzt:

- Vergrößerung der Freigabezeiten entlang der Uhlandstraße,
- Versatzzeitenanpassung,
- Entwicklung einer verträglichen Koordinierung (Rad/Kfz).

Umsetzung:

Im Folgenden werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte werden zunächst Koordinierungen mit 60 s, 70 s, 80 s und 90 s Umlaufzeiten angelegt, die jeweils auf Grünanfang und Grünende für den Kfz- und für den Radverkehr koordiniert werden, um anschließend die verkehrlichen Kenngrößen mithilfe der Simulation zu ermitteln. Als Grundlage für die Entwicklung der neuen Signalzeitenpläne werden die im Bestand aktiven Signalzeitenpläne mit 60 s Umlaufzeit verwendet.

Die Ergebnisse der Standardvarianten zeigen, dass es auf diesem Streckenabschnitt möglich ist, den Radverkehr zu beschleunigen und gleichzeitig auch positive Effekte im Kfz-Verkehr und ÖPNV zu erzielen (vgl. Abb. 66). In der entwickelten Vorzugsvariante, auf deren Ergebnisse der nachfolgende Bericht besonders eingehen wird, ist wie im Bestand eine Umlaufzeit von 60 Sekunden aktiv. Anhand der Versatzzeitenanpassung wird mit der Vorzugsvariante vor allem der Radverkehr in südlicher Richtung beschleunigt. Zusätzlich sollen zu diesem Ansatz die Randbedingungen der Vorzugssignalisierung so eingestellt werden, dass mögliche negative Auswirkungen für den Kfz-Verkehr und ÖPNV auf einem möglichst geringen Niveau gehalten werden. Eine Koordinierung in beiden Richtungen für den Kfz-Verkehr und/oder den Radverkehr ist aufgrund der Konstellation der Knotenpunktabstände auf diesem Streckenabschnitt nicht möglich.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich der Uhlandstraße anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang

	N-S			S-N		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 60er	17,0	16,5	12,5	14,9	15,6	10,3
60er_S-N Rad_GA	16,6	18,7	13,3	17,2	14,5	10,7
70er_S-N Rad_GA	17,8	19,1	13,5	17,2	15,8	11,0
80er_S-N Rad_GA	17,0	18,8	12,9	17,3	16,4	10,8
90er_S-N Rad_GA	15,7	17,8	13,9	17,2	17,9	11,4
60er_N-S Rad_GA	17,4	17,8	12,5	16,0	16,8	11,2
70er_N-S Rad_GA	16,9	17,5	13,7	15,2	18,5	11,6
80er_N-S Rad_GA	17,7	19,9	14,0	16,1	17,6	12,4
90er_N-S Rad_GA	17,4	19,8	15,0	15,2	19,1	11,3

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende

	N-S			S-N		
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV
Bestand - 60er	17,0	16,5	12,5	14,9	15,6	10,3
60er_S-N Rad_GE	16,4	16,9	12,3	17,4	15,4	11,9
70er_S-N Rad_GE	16,2	18,4	12,9	17,3	17,4	11,7
80er_S-N Rad_GE	15,6	17,3	11,7	17,7	19,1	12,4
90er_S-N Rad_GE	15,0	17,9	12,4	17,4	18,6	11,6
60er_N-S Rad_GE	17,4	15,9	12,0	15,7	17,7	12,2
70er_N-S Rad_GE	17,5	17,0	12,4	17,1	17,1	12,0
80er_N-S Rad_GE	17,4	17,7	12,5	16,9	17,7	10,7
90er_N-S Rad_GE	17,3	18,0	12,7	16,1	16,6	9,6

Abb. 66: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Uhlandstraße (eigene Darstellung)

Lietzenburger Straße

Der KP Lietzenburger Straße ist ein vierarmiger Knotenpunkt welcher mittels 2-Phasen-Steuerung signalisiert wird. Die Uhlandstraße ist an diesem Knotenpunkt die untergeordnete Straße und besitzt somit eine etwas geringere Freigabezeit als die übergeordnete Lietzenburger Straße (17 s zu 21 s). Für den in südlicher Richtung fahrenden Kfz-Verkehr kann in der Bestandssignalisierung eine gute Koordinierung festgestellt werden. Mit der im Bestand gewählten Versatzzeit zum Nachbarknotenpunkt Pariser Straße ist ein koordiniertes Grünband von der Ausprägung der gesamten Freigabezeit vorhanden. Die Ausrichtung erfolgt dabei auf das Freigabeende des Folgeknotenpunkts. Für die Radfahrenden in der Fahrtrichtung Süden zeichnet sich die Situation der Bestandssignalisierung im Vergleich zum Kfz-Verkehr als weniger komfortabel ab. Aufgrund der vorhandenen Versatzzeit kommen die zum Freigabebeginn gestarteten Radfahrenden am KP Pariser Straße zum Halten. Erst nach 9 s müssen die Radfahrenden am nächsten Knotenpunkt nicht mehr halten (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

Die Vorzugsvariante wird dem Bestand gegenüber nicht verändert. Sowohl Versatz- als auch Freigabezeiten bleiben aufgrund der hohen Verkehrsstärken auf der Lietzenburger Straße unverändert. Dadurch bleibt die Koordinierung für den Kfz-Verkehr hin zum Folgeknotenpunkt erhalten, Radfahrende kommen jedoch zum Halten (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Pariser Straße

Der vierarmige Knotenpunkt Pariser Straße ist die nördliche Begrenzung der Beeinflussungsstrecke der Uhlandstraße und wird in einer 2-Phasen-Steuerung signalisiert. An diesem Knotenpunkt ist die Uhlandstraße die übergeordnete Straße und erhält gegenüber der untergeordneten Pariser Straße die größeren Freigabezeiten (31 s zu 13 s). Für den Kfz-Verkehr stellt sich im Bestand weiterhin in Richtung Süden eine sehr gute Koordinierung ein. Die Freigabezeit dieses Knotenpunkts ist auf den Freigabebeginn des folgenden Knotenpunkts KP Düsseldorfer Straße ausgerichtet. Da an beiden Knotenpunkten nahezu gleich große Freigabezeiten für den Verkehr auf der Uhlandstraße zur Verfügung stehen, können alle Fahrzeuge über diesen Teilabschnitt ungehindert geführt werden. In der nördlichen Gegenrichtung existiert im Bestand für den Kfz-Verkehr keine Koordinierung mit dem KP Lietzenburger Straße. Im Radverkehr ermöglicht die Bestandssignalisierung die jeweiligen Teilabschnitte in beiden Richtungen koordiniert zu befahren. Dafür existiert in beiden

Richtungen jeweils ein Grünband von etwa 10 s bzw. 11 s Breite. Beide Grünbänder ermöglichen den zu Beginn der Freigabezeit startenden Radfahrenden die Koordinierung auszunutzen (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

In der Vorzugsvariante werden bei der Signalisierung an diesem Knotenpunkt nur die Versatzzeiten dahingehend verändert, dass mit der Anpassung, im Sinne der Entwicklung einer Beschleunigung des Radverkehrs in südlicher Richtung, eine Koordinierung für den Radverkehr entsteht. Der Kfz-Verkehr wird wie im Bestand in beiden Richtung weiterhin nicht koordiniert geführt (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Düsseldorfer Straße

Der vierarmige Knotenpunkt Düsseldorfer Straße wird im Bestand in einer 2-Phasen-Steuerung signalisiert. An diesem Knotenpunkt ist die Uhlandstraße die übergeordnete Straße und erhält gegenüber der untergeordneten Düsseldorfer Straße gemäß ihrer verkehrlichen Bedeutung die größeren Freigabezeiten (33 s zu 9 s). Für den Kfz-Verkehr stellt sich im Bestand in Richtung Süden eine Koordinierung mit einem sehr schmalen Grünband ein. Dies liegt vor allen daran, dass die Freigabezeit am folgenden Knotenpunkt Hohenzollerndamm mit 11 s relativ gering ist (dort ist die Uhlandstraße die untergeordnete Straße). Da die Freigabezeit des KP Düsseldorfer Straße nicht komplett auf den Freigabebeginn am KP Hohenzollerndamm ausgerichtet ist, stehen nur etwa 8 s im Grünband zur Verfügung. In der nördlichen Gegenrichtung existiert im Bestand für den Kfz-Verkehr auch auf diesem Teilabschnitt keine Koordinierung mit dem folgenden KP. Im Radverkehr stellt sich in der Bestandssignalisierung für diesen Knotenpunkt ebenfalls keine ausreichend gute verkehrliche Situation ein. Für die in Richtung Süden Radfahrenden erfolgt mit dem KP Hohenzollerndamm keine Koordinierung. In der Gegenrichtung fahren die Radfahrenden am KP Düsseldorfer Straße zunächst noch auf ein rotes Signal. Nach etwa 10 Sekunden in der Freigabezeit können die Radfahrenden diesen Abschnitt dann haltefrei befahren (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

In der Vorzugsvariante werden an diesem Knotenpunkt die Versatzzeiten so verändert, dass den Radfahrenden in südlicher Richtung eine gute Koordinierung für den Radverkehr bereitgestellt wird. Die Anpassung hat ebenfalls einen positiven Effekt für die Radfahrenden der Gegenrichtung. Hier entsteht ein sehr breites Grünband von etwa 25 s mit dem Folgeknotenpunkt Pariser Straße. Im Kfz-Verkehr zeigt sich in der Vorzugsvariante in beiden Richtungen ein ähnliches Bild. Es fahren jeweils die zum Beginn der Freigabezeit gestarteten Fahrzeuge am jeweiligen Nachbarknoten auf ein rotes Signal. Nach einer Wartezeit können die Fahrzeuge dann die jeweiligen Knotenpunkte passieren. In Richtung Süden ist diese Wartezeit größer als in nördlichen Richtung (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Hohenzollerndamm

Dieser vierarmige Knotenpunkt ist neben den beiden Randknotenpunkten der KP mit der größten geometrischen Ausdehnung sowie der größten verkehrlichen Bedeutung auf dem zu untersuchenden Streckenabschnitt. Hier wird die Uhlandstraße von dem in West-Ost-Richtung verlaufenden übergeordneten Hohenzollerndamm gekreuzt. Die Bestandssignalisierung des Knotenpunkts er-

folgt in einer 2-Phasen-Steuerung, bei der die Freigabezeiten deutlich zu Gunsten des Hohenzollerndamms (11 s in der Nebenrichtung zu 24 s bzw. 22 s in der Hauptrichtung) verteilt sind.

Für den Kfz-Verkehr ist dieser Knotenpunkt im Bestand lediglich in Richtung Norden mit dem Nachbarknotenpunkt koordiniert. Hier stehen dem Kfz-Verkehr die gesamten 11 s Freigabezeit im Grünband zur Verfügung. In Richtung Süden wird der Kfz-Verkehr nach Freigabebeginn an diesem Knotenpunkt auf ein rotes Signal am KP Güntzelstraße geführt. Es kommt dort immer zu einem Zwangshalt für die Fahrzeuge. Mit den Einstellungen im Bestand ergibt sich zumindest in Richtung Süden eine gute Koordinierung für den Radverkehr. Die 11 s Freigabe sind auf den Freigabebeginn am nächsten KP ausgerichtet und entsprechen somit dem Grünband in dieser Richtung. In Richtung Norden ist die Situation im Radverkehr vollständig konträr. Hier ergibt sich keine Koordinierung mit dem KP Düsseldorfer Straße. In diesem Fall kommt es für den Radverkehr immer zu einem Zwangshalt (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

Die Vorzugsvariante bleibt aufgrund der hohen Bedeutung des übergeordneten Hohenzollerndamms gegenüber dem Bestand unverändert. Durch die Anpassungen der anderen Knotenpunkte ergibt sich sowohl in nördlicher als auch südlicher Richtung eine Koordinierung des Radverkehrs. Auf den Kfz-Verkehr haben die bestehenden Versatzzeiten zu den jeweiligen Nachbarknoten einen weniger guten Einfluss. In beiden Richtungen fahren die Fahrzeuge gegen Rot (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Güntzelstraße

Im Bestand besteht bei diesem vierarmigen in zwei Phasen gesteuerten Knotenpunkt eine Besonderheit in der Signalisierung. Die übergeordnete Uhlandstraße sowie die untergeordnete Güntzelstraße erhalten gleich große Freigabezeiten mit jeweils 19 s.

Im Kfz-Verkehr herrscht vor allem in Richtung Norden eine gute Koordinierung vor. Da am südlichen Folgeknotenpunkt jedoch nur eine Freigabezeit von 11 s existiert, kann für den Kfz-Verkehr kein größeres Grünband in dieser Richtung vorgehalten werden. In der Gegenrichtung ergibt sich direkt nach Freigabebeginn ein sehr schmales Grünband von etwa 2 s. Das Grünband kann auch nur dann ausgenutzt werden, wenn der gesamte Streckenabschnitt störungsfrei befahren werden kann. Alle anderen Fahrzeuge werden am KP Fechnerstraße / Gasteiner Straße zum Halten gezwungen. Im Radverkehr stellt sich die Situation in der Bestandssignalisierung, insbesondere in Richtung Süden, als sehr gut dar. Es existiert ein breites Grünband mit der gesamten Freigabezeit von 19 s, welches auf das Freigabeende am KP Fechnerstraße / Gasteiner Straße ausgerichtet ist. In Richtung Norden existiert keine Koordinierung, alle Radfahrenden fahren am KP Hohenzollerndamm auf ein rotes Signal (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

In der Vorzugsvariante ergibt sich eine Änderung der Freigabezeit für die Hauptrichtung von +6 s für den Verkehr auf der Uhlandstraße. Die gute Koordinierung des Radverkehrs in Richtung Süden (bevorzugte Richtung für diese Variante) bleibt unverändert auf das Freigabeende am KP Fechnerstraße / Gasteiner Straße ausgerichtet (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Fechnerstraße / Gasteiner Straße

Diese Fußgängerlichtsignalanlage bildet die südliche Grenze des Beeinflussungsbereichs der Uhlandstraße und dient vorrangig der sicheren Querung der zu Fuß Gehenden über die Uhlandstraße. Die Fahrbahn der Uhlandstraße weist in diesem Bereich einen schmalen Querschnitt auf, damit muss den zu Fuß Gehenden auch keine große Freigabezeit für die Querung der Uhlandstraße bereitgestellt werden (insgesamt 10 s). Somit steht die restliche Zeit im 60 s-Umlauf (abzüglich der erforderlichen Zwischenzeiten) dem Verkehr entlang der Uhlandstraße zur Verfügung. Es ergibt sich damit eine Freigabezeit von 35 s im Bestand. In südlicher Richtung werden diese 35 s für den Kfz-Verkehr auf den Freigabebeginn am KP Berliner Straße ausgerichtet. Da am KP Berliner Straße lediglich eine Freigabe von 13 s (die Uhlandstraße ist dort gegenüber der Berliner Straße untergeordnet) vorliegt, kann kein größeres Grünband für die Fahrzeuge entstehen. In Richtung Norden zum KP Güntzelstraße werden die Fahrzeuge nicht koordiniert. Dort fahren alle Fahrzeuge gegen Rot. Im Radverkehr erfolgt keine Koordinierung vom KP Fechnerstraße - Gasteiner Straße in Richtung KP Berliner Straße. In der Gegenrichtung existiert ein Grünband für den Radverkehr mit einer Ausprägung von 11 s (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

In der Vorzugsvariante werden die Versatzzeiten so angepasst, dass der Radverkehr in nördlicher Richtung den KP Güntzelstraße in einem Grünband von 11 s passieren kann. In Richtung Süden entsteht keine Koordinierung für den Radverkehr, im KFZ-Verkehr fahren die ersten Fahrzeuge noch auf ein rotes Signal am KP Berliner Straße, nach kurzer Wartezeit können diese den Knotenpunkt passieren. In nördlicher Richtung ergibt sich keine Koordinierung für den Kfz-Verkehr (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Berliner Straße

Der KP Berliner Straße bildet den südlichen Abschluss der Untersuchungsstrecke Uhlandstraße. Wie bei den anderen Knotenpunkten mit den großen West-Ost-gerichteten Hauptverkehrsachsen ist die Uhlandstraße auch hier die untergeordnete Straße. Das spiegelt sich auch in der Verteilung der Freigabezeiten wieder. Die Uhlandstraße erhält eine Freigabe von 13 s (die Berliner Straße im Vergleich dazu 21/22 s). Im Bestand entsteht ein Grünband für den Kfz-Verkehr in Richtung Norden mit der Breite der Freigabezeit und Ausrichtung auf das Freigabeende am Folgeknotenpunkt Fechnerstraße - Gasteiner Straße. Für den Radverkehr ergibt sich mit der Wahl der Versatzzeiten keine Koordinierung in Richtung Norden (vgl. Abb. 70 und Abb. 71 auf S. 91).

Die Vorzugsvariante wird dem Bestand gegenüber nicht verändert. Für den Kfz-Verkehr ergibt sich hier ein schmales Grünband Richtung Norden, Radfahrende fahren am Folgeknotenpunkt auf Rot (vgl. Abb. 72 und Abb. 73 auf S. 92).

Ergebnisse:

Mit dem Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Simulationsvarianten (60 s, 70 s, 80 s und 90 s, Grünanfang, Grünende, Kfz, Rad) können gezielte Aussage zu der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen für diesen Streckenabschnitt getroffen werden.

Für die Bestandssituation kann festgestellt werden, dass sowohl im Radverkehr als auch im Kfz-Verkehr aufgrund verschiedener Randbedingungen keine ausreichend gute verkehrliche Situation erzielt wird. Als wichtigstes Indiz kann hierfür die Auswertung der erreichten durchschnittlichen Geschwindigkeiten herangezogen werden (vgl. Abb. 67). Die Auswertung des Bestands zeigt, dass nur geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen auf dem Streckenabschnitt vorhanden sind. Das erreichte Geschwindigkeitsniveau liegt im Kfz-Verkehr bei sehr niedrigen 15,6 km/h (Richtung Norden) bzw. 16,5 km/h (Richtung Süden) und entspricht teilweise sogar dem Geschwindigkeitsniveau des Radverkehrs auf anderen Strecken (vgl. z. B. Mühlenstraße). Die Auswertung des prozentualen Anteils der Halte zeigt ebenfalls, dass das allgemeine Niveau der Verkehrsqualität auf dem Streckenabschnitt relativ niedrig ist. Im Bestand werden zumeist Anteilswerte erzielt, die im Bereich drei und mehr Halte liegen (vgl. Abb. 69). Aufgrund dieser Ergebnisse leitet sich aber auch das große Potential für die Umsetzung einer Radverkehrsbeschleunigung auf dem Streckenabschnitt Uhlandstraße ab. Es ist auf diesem Streckenabschnitt gleichzeitig möglich, den Radverkehr maßgeblich zu beschleunigen und zusätzlich auch noch eine Verbesserung der Verkehrsqualität der anderen Verkehrsarten zu erreichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der getroffenen Maßnahmen in der Vorzugsvariante (Vergrößerung der Freigabezeiten in der Hauptrichtung, Versatzzeitenanpassung, Entwicklung einer verträglichen Koordinierung) die gewünschten Effekte für die verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen erzielt werden können. Sowohl im Kfz- als auch im Radverkehr kann in beiden Richtungen ein z. T. deutlicher Gewinn der durchschnittlichen Geschwindigkeiten bei gleichzeitiger Verringerung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke herbeigeführt werden. Die Geschwindigkeiten im Busverkehr in südlicher Richtung bleiben in der Vorzugsvariante gegenüber dem Bestand nahezu auf unverändertem Niveau, in nördlicher Richtung verbessern sie sich sogar maßgeblich (vgl. Abb. 67). Die weiteren dargestellten Varianten zeigen zusätzlich die Auswirkungen einer konsequenten Umsetzung bestimmter Richtungskordinierungen im Radverkehr unter Beibehaltung der gemessenen Geschwindigkeiten sowie einer 100 % Wunschgeschwindigkeit der Radfahrenden von 20 km/h (80er_S-N_Rad_GA (20)). Wie den Messergebnissen zu entnehmen ist (vgl. Abb. 67), bewirkt eine 100%ige Durchdringung von 20 km/h zusätzlich leichte Verbesserungen für beide Richtungen im Radverkehr.

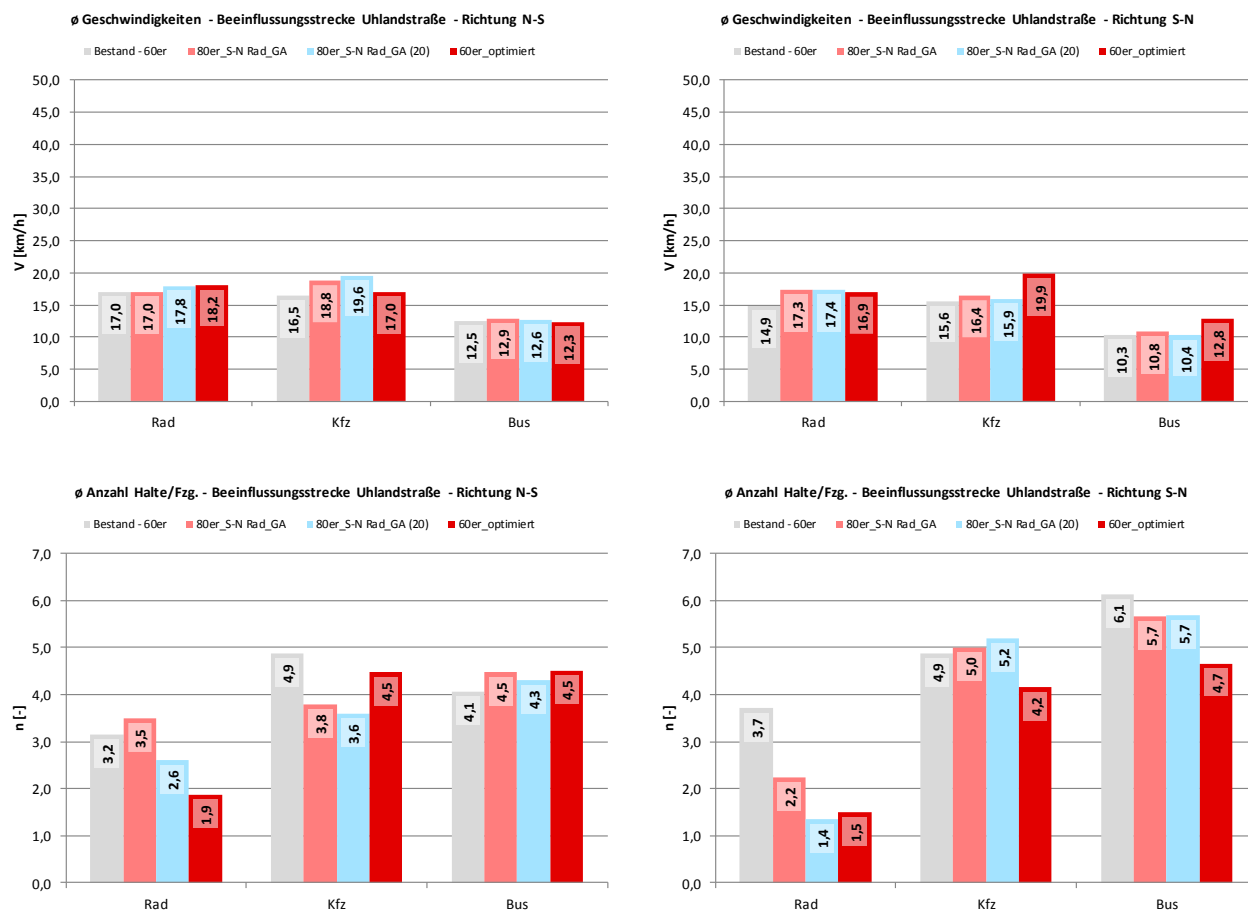


Abb. 67: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Uhlandstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd- und in Süd-Nord-Richtung (eigene Darstellung)

Die Auswertung der durchschnittlichen Verlustzeiten pro Kilometer im Radverkehr in der Bestandssignalisierung (vgl. Abb. 68) zeigt, dass nur in südlicher Fahrtrichtung die Vorgaben für eine IR III Strecke den ERA 2010 (FGSV, 2010_a) erfüllt werden (vgl. Abb. 4 auf S. 6). Mit der Vorzugsvariante ergeben sich in beiden Richtungen deutliche Verbesserungen der Verlustzeiten, wodurch die Vorgaben aus den ERA 2010 erfüllt werden.

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	N-S	S-N
Bestand	40,3	65,2
Optimiert	26,5	35,3
Abschnittslänge [m]	1.047,7	1.034,8

Abb. 68: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Uhlandstraße (eigene Darstellung)

Die Wirksamkeit der optimierten Variante kann zusätzlich auch anhand der prozentualen Verteilung der Anzahl der Halte der Kfz und der Radfahrenden auf der Beeinflussungsstrecke gezeigt werden. Mit der Vorzugsvariante gelingt es im Radverkehr in Richtung Norden eine Verschiebung der prozentualen Verteilung der Anzahl der Halte von teilweise (deutlich) größer zwei auf nun geringere Werte zu erzeugen (vgl. Abb. 69). In südlicher Richtung zeigt sich ebenfalls eine, wenn auch schwache, Verbesserung des Kfz-Verkehrs gegenüber der Bestandssignalisierung. Der Rad-

verkehr in südlicher Richtung profitiert ebenfalls von den gewählten Maßnahmen in der Vorzugsvariante, jedoch nicht in dem Maße wie in der Gegenrichtung (vgl. Abb. 69).

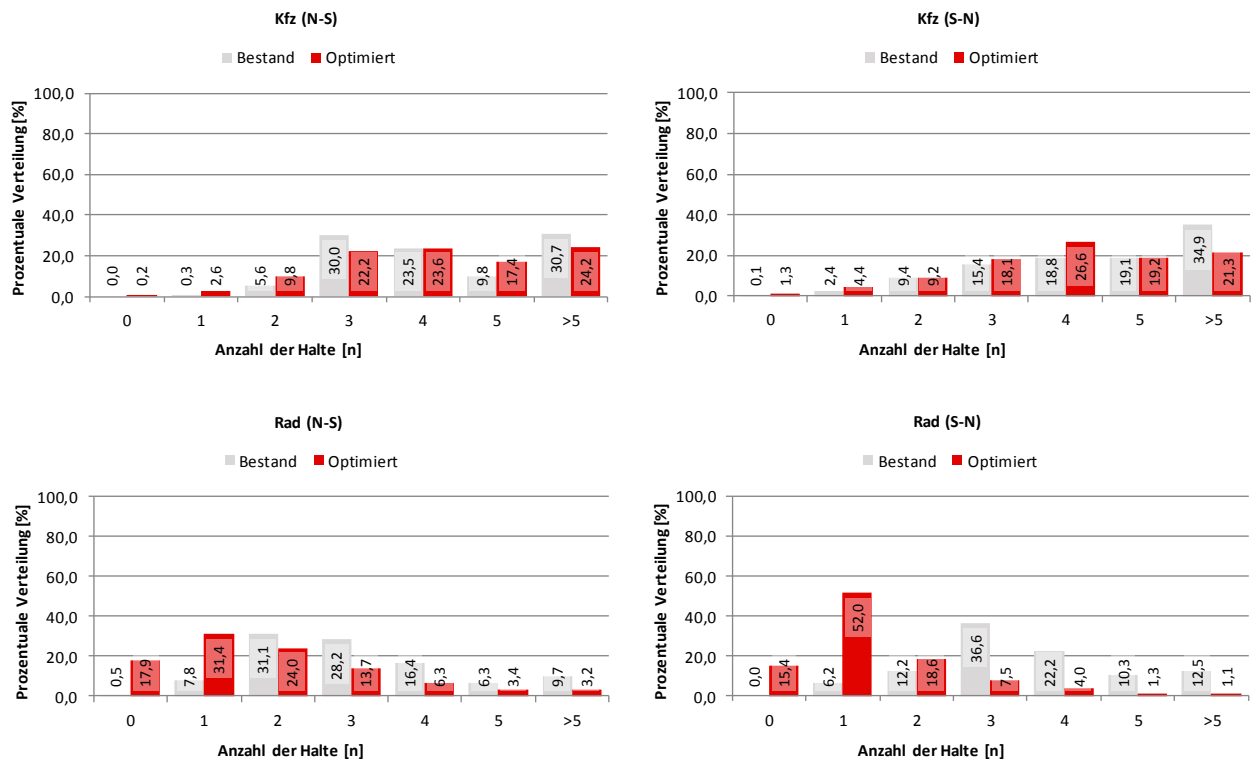


Abb. 69: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Uhlandstraße (eigene Darstellung)

Abschließend lässt sich für den Streckenabschnitt Uhlandstraße festhalten, dass mit der entwickelten Vorzugsvariante eine sehr gute Lösung gefunden werden konnte, den Radverkehr maßgeblich zu beschleunigen. Gleichzeitig ist es möglich auch Verbesserungen im Kfz-Verkehr zu erreichen sowie die Einflüsse im Busverkehr auf einem niedrigen Niveau zu halten. Aufgrund der positiven Ergebnisse stellt der Streckenabschnitt Uhlandstraße somit eine potentielle Strecke für die geplante nachfolgende Umsetzungsphase dar.

Zeit-Weg-Diagramme - Uhlandstraße - Bestand

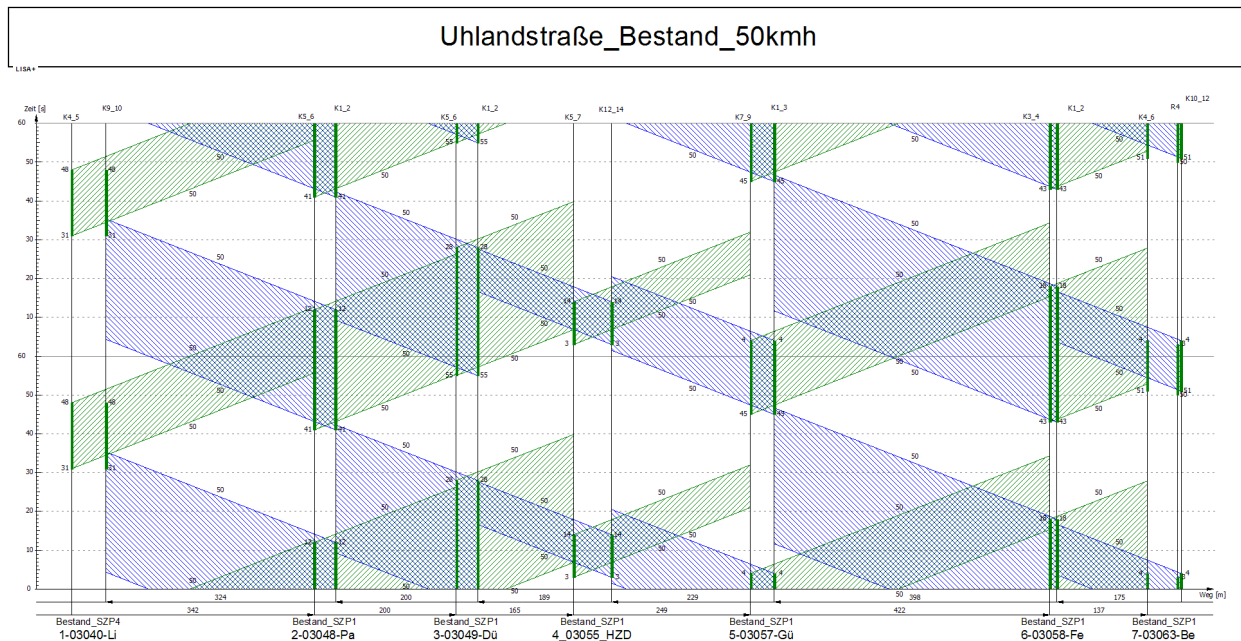


Abb. 70: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

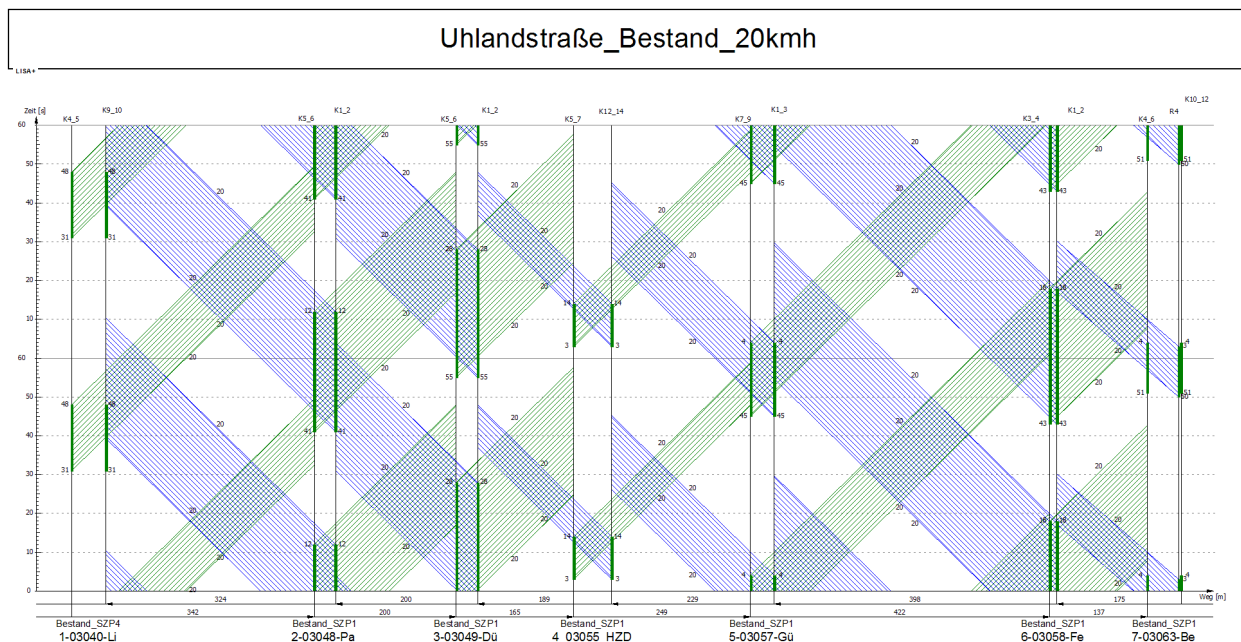


Abb. 71: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Uhlandstraße - Optimiert

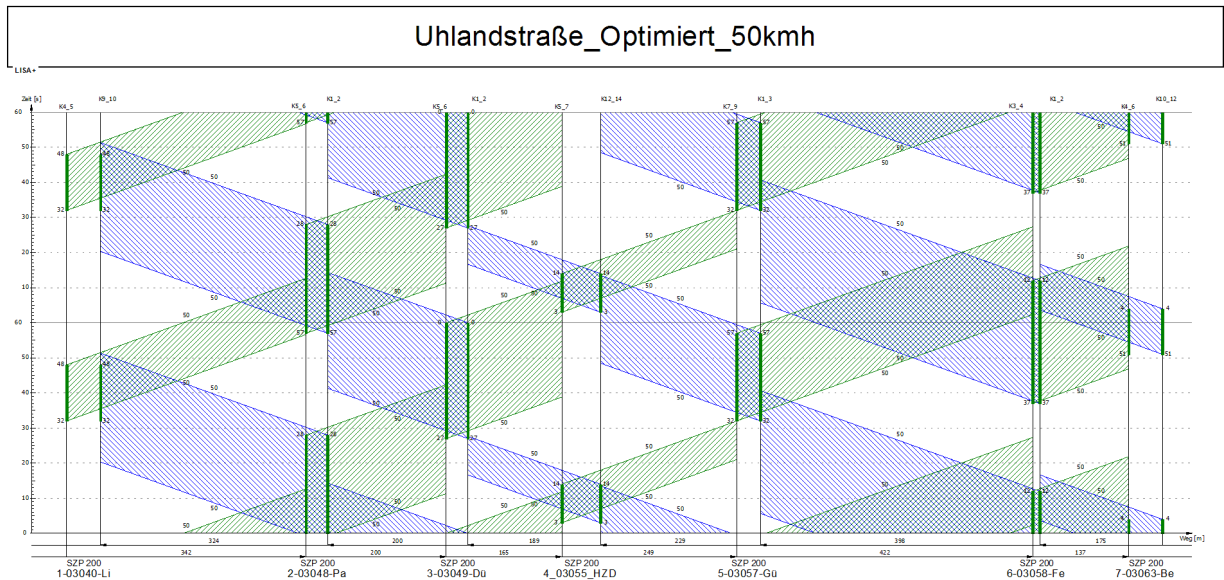


Abb. 72: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

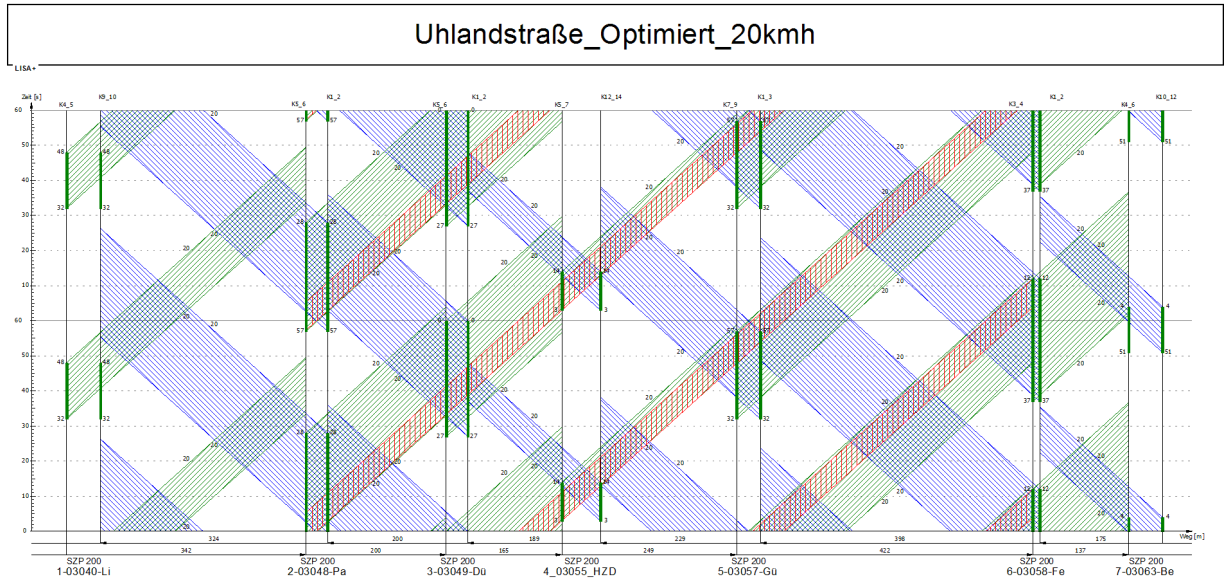


Abb. 73: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.7 Wilhelmstraße

Untersuchungsgegenstand auf dem Streckenabschnitt Wilhelmstraße sind sechs signalisierte Knotenpunkte, davon vier auf der Beeinflussungsstrecke. Der Streckabschnitt ist Teil der Verbindung zwischen den Bezirken Mitte und Tempelhof. Der Streckenverlauf in Nord-Süd-Ausrichtung ist für den Radverkehr, insbesondere im Berufsverkehr, sehr interessant und bereits stark frequentiert. Der Abschnitt verfügt in beiden Fahrtrichtungen über den Berliner Schutzstreifen (weitere Streckeneigenschaften sind dem Anhang S. 123 zu entnehmen).

Bestandssituation:

Der Abschnitt Wilhelmstraße weist im Bestand keine durchgehende Koordinierung des MIV auf. Während die meisten Knotenpunkte in der Spitzenstunde über eine Umlaufzeit von 90 Sekunden verfügen, ist am Knotenpunkt Hedemannstraße in der Spitzenstunde der Bestandsfestzeitsteuerungen eine Umlaufzeit von 70 Sekunden gegeben. An der Puttkamerstraße ist in der Spitzenstunde eine Umlaufzeit von 90 Sekunden geschaltet. Dieser hat jedoch eine doppelte Freigabe, wodurch effektiv zwei Umlaufzeiten mit je 45 Sekunden vorliegen. Neben diesen Besonderheiten sind für die Knotenpunkte der Untersuchungsstrecke Wilhelmstraße Signalzeitenpläne mit folgenden Umlaufzeiten vorhanden:

- Leipzigerstraße (80 s und 90 s),
- Zimmerstraße - Niederkirchnerstraße (60 s, 70 s und 90 s),
- Kochstraße - Anhalter Straße (60 s, 70 s und 90 s),
- Puttkamerstraße (60 s, 70 s und 90 s),
- Hedemannstraße (50 s, 60 s und 70 s),
- Stresemannstraße (50 s, 70 s und 90 s).

Die Bestandkoordinierung zeigt ein schmales Grünband des Kfz-Verkehrs in Fahrtrichtung Süden zwischen Zimmerstraße - Niederkirchnerstraße und Puttkamerstraße. In der Gegenrichtung liegt keine durchgehende Koordinierung vor. Partiiell werden maximal drei Knotenpunkte durch eine zum Teil sehr schmale grüne Welle verbunden. Unterbrochen wird diese in beiden Richtungen am Knotenpunkt Hedemannstraße (vgl. Abb. 78).

Ansätze:

Für die Wilhelmstraße werden folgende Ansätze weiterverfolgt:

- Vereinheitlichung der Freigabezeiten,
- Vergrößerung der Freigabezeiten in der Hauptrichtung,
- Versatzzeitenanpassung,
- Koordinierung beider Richtungen (Kfz/Rad).

Neben diesen grundsätzlichen Verbesserungsansätzen besteht am Knotenpunkt Kochstraße - Anhalter Straße eine Besonderheit, die eine Koordinierung in beiden Fahrtrichtungen zusätzlich erschwert. Der Knotenpunkt ist im Bestand verkehrsabhängig mit einer Bus-Priorisierung gesteuert. Der Bestandsplan der Spitzenstunde sieht aufgrund des Linienverlaufs eine höhere Freigabezeit

(43 s) für die einbiegenden Verkehrsströme der Anhalter Straße als für die „Haupttrichtung Wilhelmstraße“ (30/31 s) vor. Für eine durchgehende Koordinierung sollte dieses Verhältnis umgekehrt werden. Die vorhandenen Verkehrsstärken müssen dabei berücksichtigt werden.

Umsetzung:

Im Folgenden werden die Anpassungen der Einzelknotenpunkte sowie des Streckenverlaufs dargestellt. Für alle Knotenpunkte außer den äußeren (Leipziger Straße und Stresemann Straße) werden Koordinierungen mit 60 s, 70 s, 80 s und 90 s Umlaufzeiten angelegt. Sofern für die jeweilige Umlaufzeit bereits Bestandspläne vorhanden sind, werden diese zunächst übernommen. Des Weiteren werden, wenn erforderlich, Modifizierungen an den Bestandsplänen vorgenommen. Der Bericht geht dabei nur auf die vorteilhafteste(n) Variante(n) ein.

Anhand der Standardvarianten (vgl. Abb. 74) kann aufgezeigt werden, dass alle untersuchten Varianten mit 90 s Umlaufzeiten jeweils in beiden Richtungen Verbesserungen für den Radverkehr bewirken. Auch in Bezug auf einen Kompromiss zwischen Kfz- und Radverkehr scheint eine 90 s Umlaufzeit die beste Lösung hervorzurufen. Sofern eine Richtung dominiert und die andere Richtung vernachlässigbar ist, können mit geringeren Umlaufzeiten Koordinierungen sowohl im Kfz als auch im Radverkehr erzeugt werden. Diese Varianten führen jedoch speziell im Kfz-Verkehr der Gegenrichtung i. d. R. zu deutlichen Verschlechterungen. Für die weiteren Untersuchungen wird eine Umlaufzeit von 90 Sekunden angenommen. Aufgrund der Auswirkungen auf den Kfz-Verkehr wird in der Vorzugsvariante auf die Umsetzung einer richtungsbezogenen Koordinierung im Radverkehr zugunsten einer Kompromisslösung verzichtet.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten über den Einflussbereich der Wilhelmstraße anhand von Simulationen unterschiedlicher Umlaufzeiten:

bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitanfang								bei Koordinierung des Radverkehrs auf Grünzeitende							
	N-S			S-N					N-S			S-N			
	Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV			Rad	Kfz	ÖPNV	Rad	Kfz	ÖPNV	
Bestand - 90er	14,6	17,1	6,9	13,5	14,3	9,5			14,6	17,1	6,9	13,5	14,3	9,5	
60er_S-N Rad_GA	13,3	19,0	8,7	17,7	15,4	8,0			60er_S-N Rad_GE	15,0	15,2	8,8	16,2	12,0	7,6
70er_S-N Rad_GA	12,4	22,1	9,4	17,6	15,1	9,2			70er_S-N Rad_GE	11,2	14,0	9,1	17,0	12,4	9,6
80er_S-N Rad_GA	14,4	23,5	9,0	17,6	17,7	10,1			80er_S-N Rad_GE	11,6	15,8	8,0	17,1	14,2	9,3
90er_S-N Rad_GA	16,9	15,6	8,2	16,0	10,3	9,1			90er_S-N Rad_GE	15,0	17,1	7,4	16,3	14,0	9,6
60er_N-S Rad_GA	18,8	19,8	8,6	13,4	9,5	6,7			60er_N-S Rad_GE	19,2	21,5	9,3	13,1	12,8	8,1
70er_N-S Rad_GA	18,5	19,9	9,2	10,5	11,1	7,1			70er_N-S Rad_GE	18,6	22,1	9,3	11,7	11,1	7,8
80er_N-S Rad_GA	18,3	19,9	9,1	11,0	11,6	8,1			80er_N-S Rad_GE	18,4	23,2	9,1	14,2	13,6	8,1
90er_N-S Rad_GA	16,9	14,1	8,0	14,0	14,6	9,2			90er_N-S Rad_GE	15,4	19,2	8,0	14,8	11,5	7,7

Abb. 74: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Wilhelmstraße (eigene Darstellung)

Zimmerstraße - Niederkirchnerstraße

Zur Umsetzung einer verbesserten Koordinierung werden verschiedene Ansätze verfolgt. Zunächst wird versucht die Verteilung der Freigabezeiten dahingehend zu verändern, dass durch einen Nachlauf die Fahrzeuge in Fahrtrichtung Norden besser abfließen können. Bei einer lokalen Betrachtung ruft diese Veränderung eine deutliche Verbesserung der Wartezeiten und des Sättigungsgrades in Richtung Norden hervor. In der Simulation wird deutlich, dass sich bei einer hohen Anzahl von Rechtseinbiegern am Knotenpunkt Leipziger Straße innerhalb weniger Simulationssekunden aufgrund der geringen Freigabezeiten der Fahrtrichtung Norden eine Überstauung des ge-

samten Streckenabschnitts zwischen Zimmerstraße und Leipziger Straße einstellen kann. Weitere Versuche, in denen z. B. die Freigabezeiten geteilt werden oder die Freigabezeiten der zu Fuß Gehenden zugunsten der Abbieger verringert werden, weisen weder lokal noch streckenbezogen positive Effekte auf bzw. überwiegen die negativen Auswirkungen auf die Wartezeiten der zu Fuß Gehenden.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird in der Vorzugsvariante die Variante mit verlängerten Freigabezeiten der Fahrtrichtung Norden angewendet. Der Knotenpunkt wird in der Koordinierung am Radverkehr in Fahrtrichtung Süden ausgerichtet. Dieser wird auf Grünzeitbeginn koordiniert. Aufgrund des Knotenpunktabstands lässt sich keine Koordinierung in beiden Fahrtrichtungen umsetzen. In Fahrtrichtung Norden bedeutet dies, dass ein Teil der Kfz koordiniert am Knotenpunkt Leipziger Straße eintreffen kann. Die Radfahrenden treffen bei 20 km/h unkoordiniert auf den Knotenpunkt. Der Kfz-Verkehr der Fahrtrichtung Süden muss an der Niederkirchnerstraße halten (vgl. Abb. 80 und Abb. 81 auf S. 100).

Kochstraße - Anhalter Straße

Der Hauptansatz am Doppelknoten mit der Anhalter Straße und Kochstraße ergibt sich aus der Betrachtung der Grünzeitverteilung (an der Anhalter Straße 43 s). Hier spielt die Wilhelmstraße im Bestand die untergeordnete Rolle (31/30 s). Dies zeigt sich jedoch nicht in den Verkehrsbelastungen. Die Verkehrsstärken in allen Zufahrten differieren um bis zu 200 Kfz/h, mit höheren Werten auf der Wilhelmstraße. Anders stellt sich die Situation am Teilknoten mit der Kochstraße dar. Hier ist die Wilhelmstraße in der Verteilung der Grünzeiten im Vorteil (52/49 s zu 23 s). Innerhalb des Knotenpunkts kommt eine weitere Randbedingung hinzu, die sich durch den Verlauf der Buslinie M29 ergibt. Zur Querung der Wilhelmstraße befährt die Linie einen kurzen Abschnitt der Wilhelmstraße und bedient hier in beiden Richtungen jeweils eine Haltestelle.

Primärer Ansatz zum Herstellen einer grünen Welle auf der Wilhelmstraße ist der Ausgleich des Freigabedefizits an der Anhalter Straße. Dabei soll besonders die Koordinierung der Übereckbeziehung des M29 zwischen Kochstraße und Anhalter Straße berücksichtigt werden. Aus dieser Randbedingung heraus wird durch Anpassen der Freigabezeiten auch die interne Koordinierung des Knotenpunkts überdacht. Aufgrund der kurzen Teilknotenabstände orientiert sich die knoteninterne Koordinierung am Kfz-Verkehr. Die Freigabezeiten der Kochstraße werden von der Anhalter Straße übernommen. Innerhalb der Gesamtstrecke wird der Doppelknoten am Freigabezeitende der Zimmerstraße - Niederkirchnerstraße für den Kfz-Verkehr ausgerichtet. Dies führt durch die interne Kfz-Ausrichtung zu einem Optimum in beiden Richtungen. Für den Radverkehr besteht in Fahrtrichtung Norden ein schmales, durchgehendes Grünband. In Fahrtrichtung Süden wird das Grünband an der Anhalter Straße unterbrochen werden. Die Radfahrenden können ab der Anhalter Straße wieder in einem schmalen Grünband bis zum Streckenende fahren.

Puttkamerstraße

Zur Verbesserung des Verkehrsflusses auf der Wilhelmstraße wird die im Bestand vorhandene geteilte Freigabezeit aufgehoben (vgl. Abb. 80 auf S. 100). Das Potential für eine grüne Welle in bei-

den Fahrtrichtungen kann dadurch vergrößert werden. Die geringen, doppelten Bestandsfreigabezeiten (16 s) lassen sich nicht zielführend in der Koordinierung platzieren – idealerweise werden die beiden Richtungen versetzt in je einer Freigabezeit abgewickelt. Zudem lässt sich der Knotenpunkt durch die ungünstigen KP-Abstände zur Anhalter Straße und Hedemannstraße nur schwer in die Koordinierung integrieren. Im Radverkehr ermöglicht die vorgenommene Anpassung ein schmales, durchgehendes Grünband zwischen der Puttkamerstraße und Zimmerstraße. In der Gegenrichtung wird durch die Anordnung der Freigabezeiten versucht den bei Grünanfang an der Anhalter Straße startenden Radfahrenden das Durchfahren bis zur Stresemannstraße zu ermöglichen. Für alle Radfahrenden, die an der Puttkamerstraße Richtung Süden fahren, steht ein durchgängiges Grünband zur Verfügung (vgl. Abb. 81 auf S. 100).

Hedemannstraße

Der Knotenpunkt Hedemannstraße läuft im Bestand in einer anderen Umlaufzeit. Eine kontinuierliche Koordinierung ist dadurch nicht möglich. Aus diesem Grund wird die Freigabezeit den anderen Knotenpunkten der Strecke angepasst. In der Bewertung des Knotenpunkts führt dies zu einer leichten Verschlechterung der Wartezeiten. Für die Integration in die Koordinierung der Wilhelmstraße kann jedoch erreicht werden, dass alle Radfahrenden von der Puttkamerstraße kommend den Knotenpunkt mit der angestrebten Progressionsgeschwindigkeit ohne Halt passieren können. In der Gegenrichtung wird ein Kompromiss zwischen Kfz- und Radverkehr realisiert (vgl. Abb. 80 und Abb. 81 auf S. 100).

Ergebnisse:

Die gleichzeitige Koordinierung der Wilhelmstraße in beiden Fahrtrichtungen ist aufgrund der Knotenpunktabstände weder für den Kfz- noch für den Radverkehr umsetzbar. Die Bestandssituation ist für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer aufgrund der zuvor vorgestellten Randbedingungen abschnittsweise recht unkomfortabel und führt sowohl im Rad-, als auch im Kfz-Verkehr zu geringen Geschwindigkeiten. Wie sich sowohl bei der Bestands- als auch bei der optimierten Koordinierung zeigt, stellen diese stets eine Kompromisslösung dar. Im Fall der optimierten Koordinierung wurde versucht, sowohl für den Kfz- als auch für den Radverkehr Verbesserungen zu erwirken. Abb. 75 zeigt deutlich, dass durch die Maßnahmen sowohl ein Gewinn der durchschnittlichen Geschwindigkeit im Kfz- als auch im Radverkehr herbeigeführt werden konnte.

Einzig für die zuvor stark bevorzugte Fahrbeziehung Süd-Nord des Busses (Anhalter Straße -> Kochstraße) treten bei der durchschnittlichen Geschwindigkeit leichte Verluste auf. Die durchschnittliche Anzahl der Halte (Haltestellenaufenthalte werden nicht eingerechnet) verändert sich hingegen kaum. Die weiteren dargestellten Varianten zeigen die Auswirkungen der konsequenten Umsetzung bestimmter Richtungskordinierungen im Radverkehr unter Beibehaltung der gemessenen Geschwindigkeiten und einer Simulationsvariante mit 100%iger Wunschgeschwindigkeit der Radfahrenden von 20 km/h. Wie den Messergebnissen zu entnehmen ist, bewirken die stringenten Verbesserungen in der einen Richtung zumeist eine Verschlechterung in der Gegenrichtung. Eine

100%ige Durchdringung von 20 km/h erreicht zusätzlich leichte Verbesserungen in der Koordinierungsrichtung und deutliche Verschlechterungen in der Gegenrichtung.

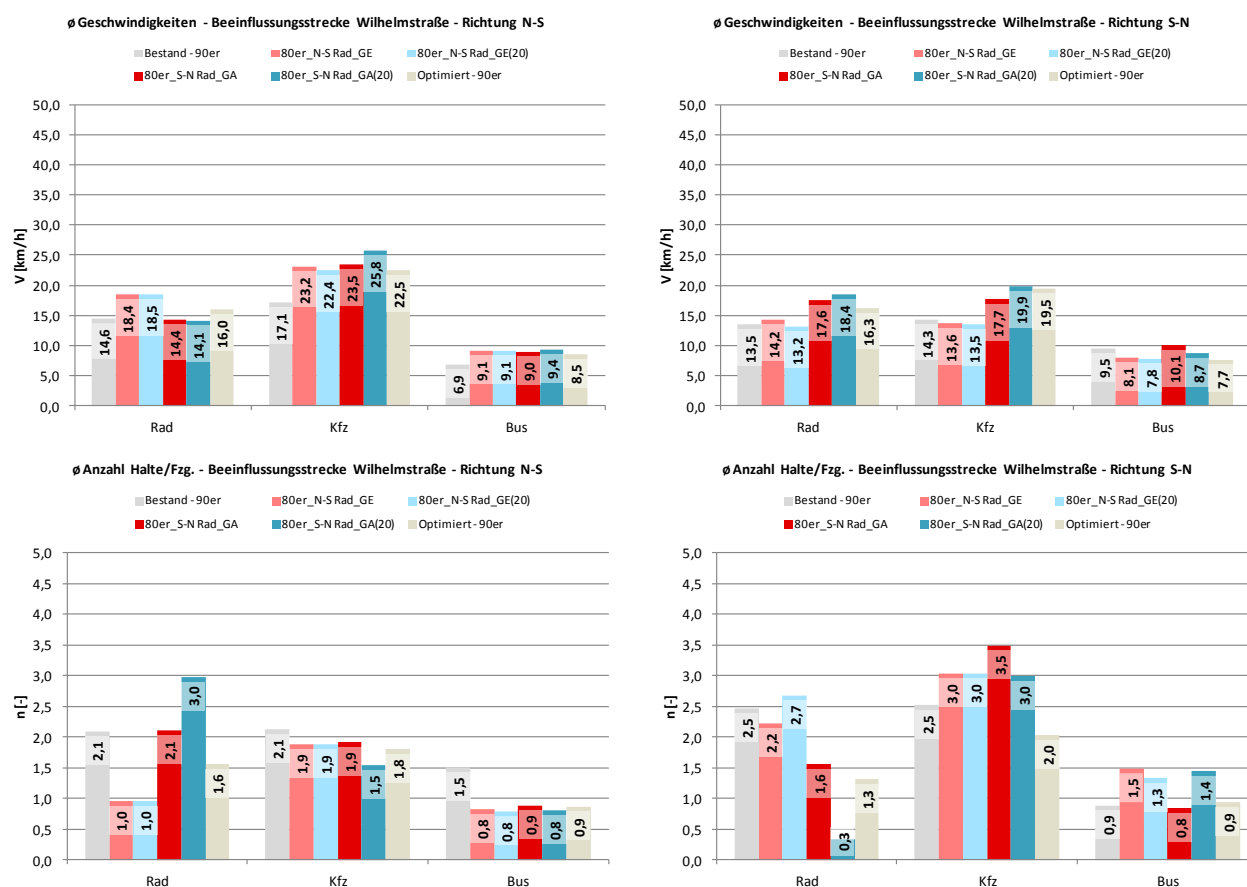


Abb. 75: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Wilhelmstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung² (eigene Darstellung)

Auf dem Beeinflussungsabschnitt der Wilhelmstraße werden im Bestand inakzeptable durchschnittliche Verlustzeiten pro Kilometer im Radverkehr erreicht (vgl. Abb. 76). Die Werte entsprechen einer innergemeindlichen Radverkehrsanbindung und keiner Verbindungsstrecke. Durch die vorgenommenen Anpassungen können die Werte in beiden Richtungen auf das Niveau einer innergemeindlichen Radverkehrsverbindung (IR IV) gebracht werden. Die Fahrtrichtung Süd-Nord erreicht fast die nächsthöhere Stufe (vgl. Abb. 4 auf S. 6). Die Ergebnisse der durchschnittlichen Verlustzeiten unterstreichen das Potential der gewählten Maßnahmen für den Radverkehr.

Ø Verlustzeiten [s/km]		
	N-S	S-N
Bestand	73,5	93,3
Optimiert	50,3	48,1
Abschnittslänge [m]	524,9	528,9

Abb. 76: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Wilhelmstraße (eigene Darstellung)

² Die dargestellten Werte für den Bus beziehen sich auf die querende Fahrbeziehung Anhalter Straße - Kochstraße.

Neben der reinen Betrachtung der durchschnittlichen Werte für die Anzahl der Halte kann auch die vergleichende Betrachtung der prozentualen Verteilungen der Anzahl Halte einen weiteren Aufschluss über die Wirksamkeit der Vorzugsvariante liefern. Es zeigt sich dabei, dass mit der optimierten Variante eine deutliche prozentuale Steigerung der Fahrten ohne Halt auf der Beeinflussungsstrecke gemessen werden konnte. Dies gilt in beiden Richtungen für den Radverkehr sowie für den Kfz-Verkehr (vgl. Abb. 77).

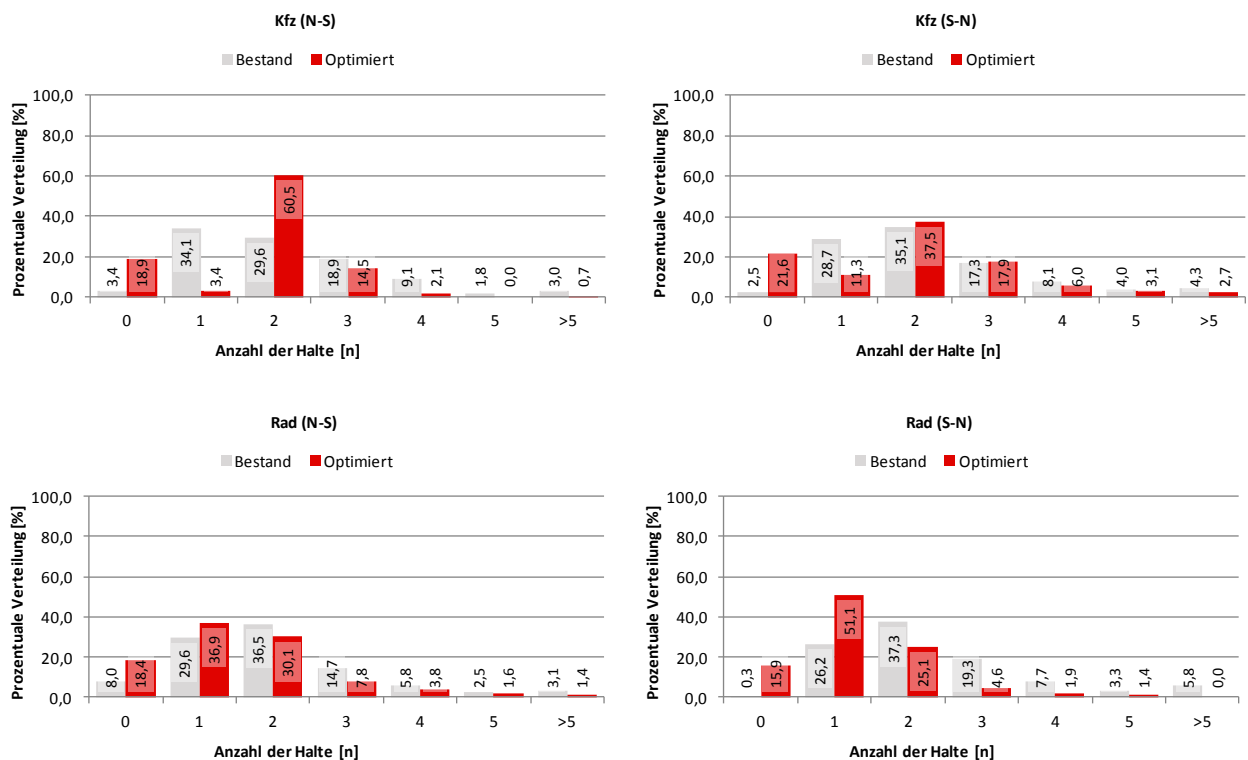


Abb. 77: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Wilhelmstraße (eigene Darstellung)

Für den Streckenabschnitt Wilhelmstraße kann abschließend zusammengefasst werden, dass mit der Vorzugsvariante eine, im Sinne einer Beschleunigung des Radverkehrs, zweckmäßige Signalisierungsvariante entwickelt werden kann, bei der auch gleichzeitig die Belange des Kfz-Verkehrs und des Busverkehrs mit bedacht werden. Die Umsetzung der Maßnahmen der Radverkehrsbeschleunigung zeichnet sich für diesen Streckenabschnitt daher als zielführend und zweckmäßig ab, womit die Wilhelmstraße ebenfalls zu einem der potentiellen Streckenabschnitte für die reale Umsetzung der Maßnahmen in einem Folgeprojekt zu zählen wäre.

Zeit-Weg-Diagramme - Wilhelmstraße - Bestand

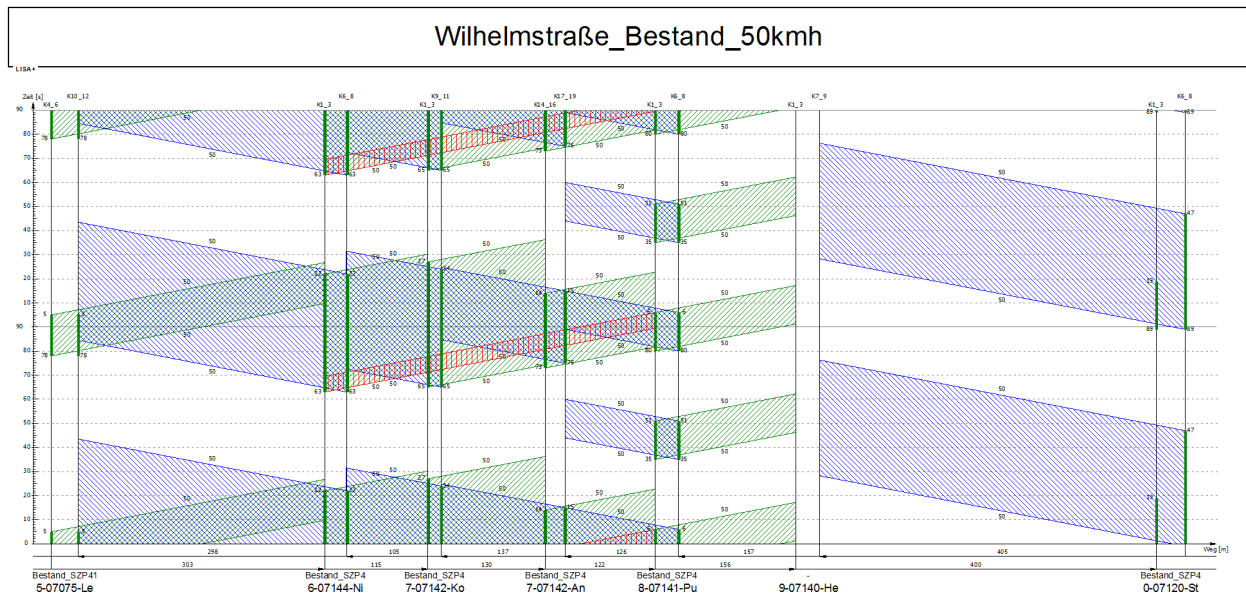


Abb. 78: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

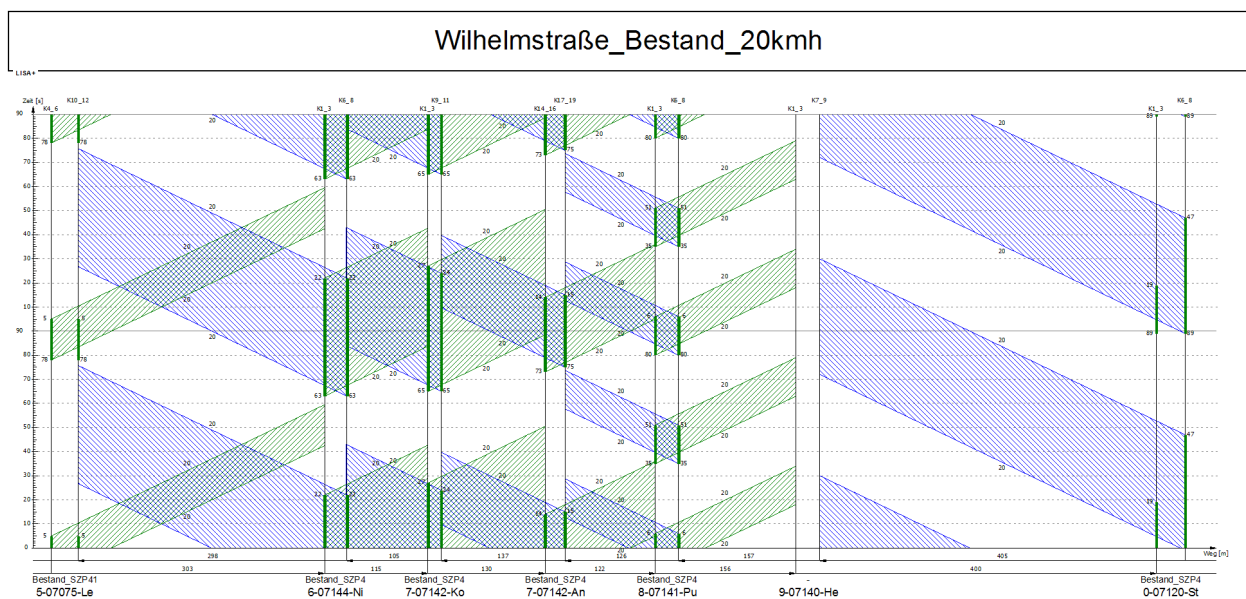


Abb. 79: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

Zeit-Weg-Diagramme - Wilhelmstraße - Optimiert

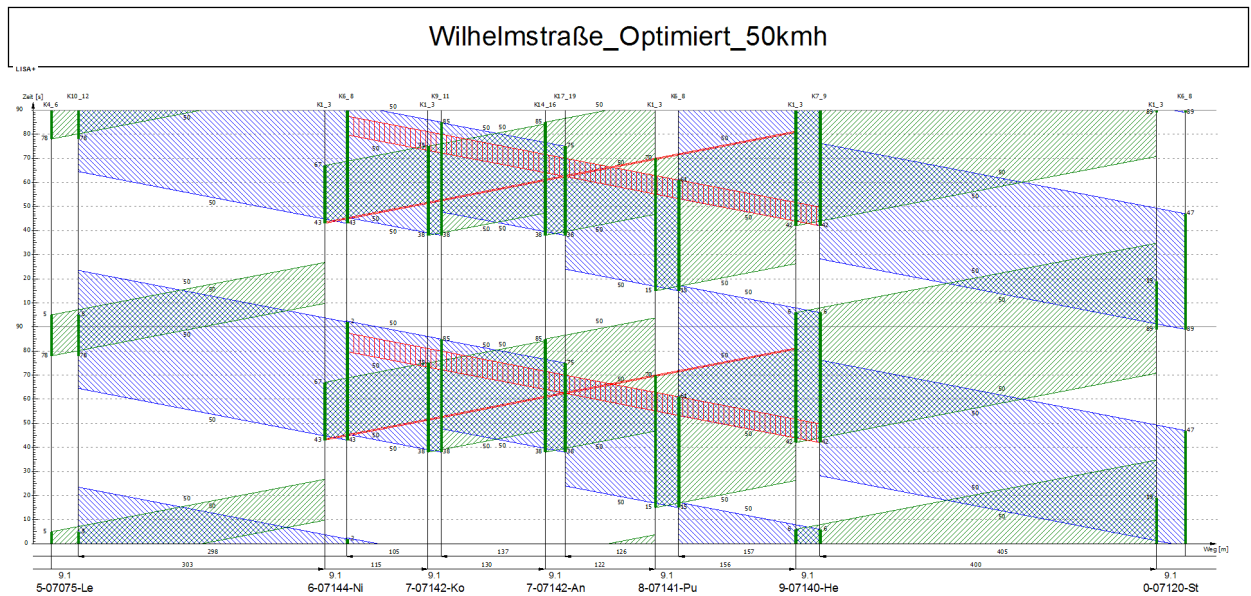


Abb. 80: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h (eigene Darstellung)

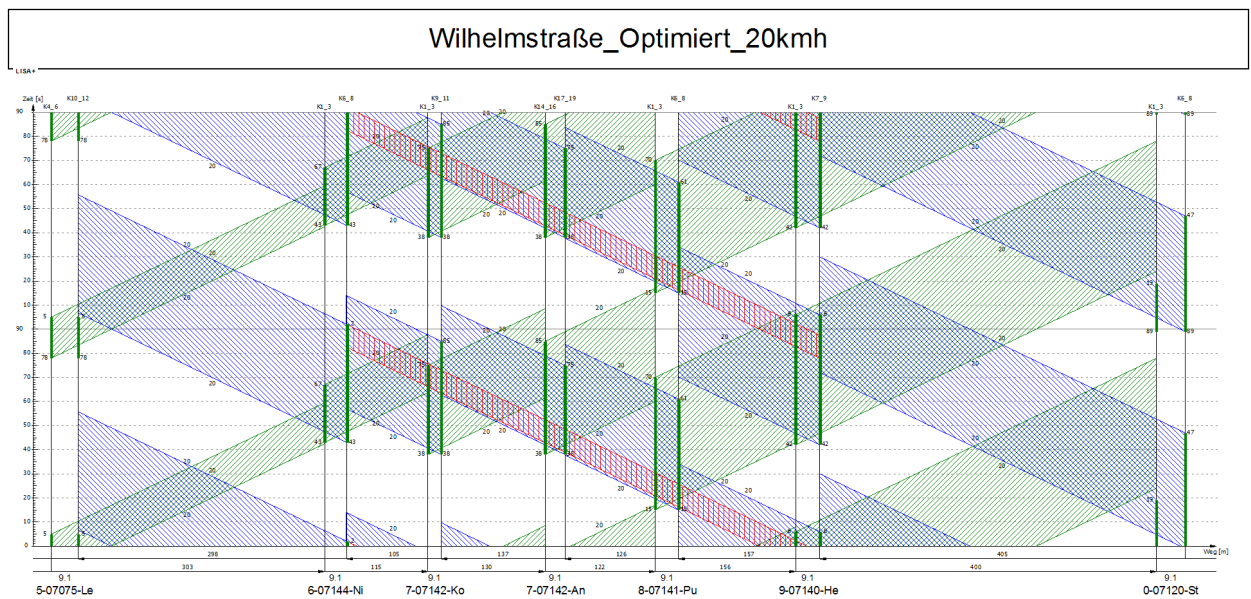


Abb. 81: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (eigene Darstellung)

5.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der zusammenfassenden Betrachtung aller ausgewerteten Ergebnisse zeigt sich sehr deutlich, dass auf allen untersuchten Streckenabschnitten (teilweise großes) Potential vorhanden ist, den Radverkehr mit beschleunigenden Maßnahmen lichtsignaltechnisch zu priorisieren. Vor allem die Simulationsergebnisse der Untersuchungsstrecken Müllerstraße, Uhlandstraße und Wilhelmstraße liefern den Beweis, dass es sehr gut möglich ist, lichtsignaltechnische Maßnahmen so zu entwickeln und umzusetzen, dass diese neben der gewünschten Radverkehrsbeschleunigung auch die Verkehrsqualitäten der anderen Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer auf den Streckenabschnitten nicht wesentlich verschlechtern bzw. u. U. sogar verbessern.

Die derzeitig vorherrschende Verkehrsqualität auf den Streckenabschnitten scheint dabei einen maßgeblichen Einfluss auf die positiven Auswirkungen der Radverkehrsbeschleunigung zu haben. Gerade an Strecken mit einer unzureichenden Verkehrsqualität im Bestand gelingt es, ein Gesamt optimum für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer, trotz der vorrangigen Radverkehrsbeschleunigung, zu finden. Auf Streckenabschnitten, die hingegen eine stark ausgeprägte lichtsignaltechnische Bevorzugung des ÖPNV und/oder des Kfz-Verkehrs aufweisen, ist die Implementierung von radverkehrsbeschleunigenden Maßnahmen i. d. R. nur bedingt vertretbar. Die Auswertungen der Simulationsergebnisse der Bernauer Straße, Hardenbergstraße und Hohenzollerndamm (z. T. Mühlenstraße) zeigen sehr deutlich, dass die Umsetzung von radverkehrsbeschleunigenden Maßnahmen einzig im Radverkehr zu (teilweise sehr) geringen Verbesserungen führen. Die anderen Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer müssen auf diesen Untersuchungsstrecken hingegen z. T. immense Verschlechterungen der Verkehrsqualität hinnehmen.

Im sich anschließenden Kapitel werden Empfehlungen für die Umsetzung von Radverkehrsbeschleunigungen (grüne Wellen) aus den Ergebnissen abgeleitet.

6 Empfehlung

Aufbauend auf den Ergebnissen der Untersuchungen zur Beschleunigung des Radverkehrs werden im Folgenden die Erkenntnisse systematisiert und Aussagen zur allgemeinen Anwendung getroffen. Die Grundlagen bilden die Ergebnisse der Kapitel 3 und 5. Aus den hier geschilderten theoretischen Ansätzen sowie den Simulationsergebnissen werden die wichtigsten Informationen extrahiert.

Den theoretischen Untersuchungen folgend ergeben sich selbst für ideale Randbedingungen (konstante Haltlinienabstände, Umlaufzeiten und Fahrstreifenaufteilungen) Schwierigkeiten bei der Überlagerung von grünen Wellen des Kfz-Verkehrs und des Radverkehrs. Der Teilpunktabstand bei 60 Sekunden Umlaufzeit liegt im Kfz-Verkehr (50 km/h) bei etwa 417 m und im Radverkehr (20 km/h) bei etwa 167 m. Der ideale Haltlinienabstand zum Erreichen der Sekundärwelle des Kfz-Verkehrs liegt bei etwa 556 m (mit $t_U = 60$ s, $V_{Kfz} = 50$ km/h, $V_{Rad} = 20$ km/h). Bei dieser Konstellation ist es möglich, dass sowohl der Kraftfahrzeugverkehr als auch der Radverkehr stets zum Grünzeitbeginn koordiniert werden kann. Dieser Abstand variiert abhängig von der gewählten Umlaufzeit. In den gewachsenen städtischen Strukturen europäischer Städte sind solche Idealkonstellationen nur zufällig oder gar nicht vorhanden. In der Regel sind die Knotenpunktabstände deutlich kürzer. Eine Planung im Bestand bedeutet somit in den meisten Fällen eine Abweichung vom Ideal der gemeinsamen Kfz- und Radverkehrskoordination. Als Folge müssen eine Verringerung der koordinierbaren Freigabezeiten bzw. Grünbänder, die Konzentration auf eine zu koordinierende Verkehrsart oder Teilabschnittskoordinationen angewendet werden. Zusätzlich sind in den seltensten Fällen einheitliche Freigabezeiten über den gesamten Streckenabschnitt vorhanden. Durchgehende vollständige Koordinierungen (gesamte Grünzeit) werden hierdurch weiter erschwert. Gleichzeitige Koordinierungen in beiden Richtungen sind i. d. R. nur durch eine sukzessive Verringerung des Grünbandes möglich.

Die Voruntersuchungen zeigen weiter, dass die Streuung der Geschwindigkeiten u. U. problematisch sein kann. Durch die unterschiedlichen physischen Voraussetzungen treten im Kollektiv der Radfahrenden z. T. sehr große Geschwindigkeitsdifferenzen auf. Zur Umsetzung einer grünen Welle wird jedoch eine einheitliche Progressionsgeschwindigkeit vorausgesetzt. Diese sollte im Radverkehr, in Anlehnung an die Praxisbeispiele des Auslands und deren Erfahrungen sowie anhand eigener Messungen, mit 20 km/h, einer Geschwindigkeit an der oberen Grenze der Regelwerte (FGSV, 2010_b), angesetzt werden. Topographische Einflüsse (Steigungen) können und sollten zu einer Anpassung dieser Geschwindigkeit führen. Es ist bei einer radverkehrsorientierten Umsetzung der grünen Welle mit Angleichungseffekten im Geschwindigkeitsniveau zu rechnen.

Wie am Beispiel der Wilhelmstraße ersichtlich wird, lassen sich im Bestand Kompromisslösungen finden, die auch Radfahrenden mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten Lösungen anbieten. Dies ist immer dann möglich, wenn sich die Freigabezeiten in einer Richtung von KP zu KP vergrößern oder durch eine situative Konstellation aus unterschiedlichen Freigabezeiten und Haltlinienabständen solche Effekte eintreten. Die konsequente Umsetzung einer ausschließlichen grünen Welle für

den Radverkehr bedeutet für den Kraftfahrzeugverkehr meistens starke Einbußen. Ursächlich hierfür ist die momentane Hauptausrichtung der Verkehrssteuerung auf den Kfz-Verkehr. Sofern Strecken identifiziert werden können, die eine starke, richtungsorientierte Nutzung durch den Radverkehr aufweisen, sollte zur Verbesserung der Attraktivität des Radverkehrs eine grüne Welle für den Radverkehr vorgesehen werden. Die reine grüne Welle für den Radverkehr sollte zudem so gestaltet werden, dass die Radfahrenden, die den gesamten Streckenzug befahren, ein durchgehendes Grünband vorfinden. Zur Erhöhung der Akzeptanz und des Nutzens für die Radfahrenden ist es sinnvoll, durch geeignete Hinweise (Hinweisschilder unterstützt durch Geschwindigkeitsanzeiger) auf die grüne Welle aufmerksam zu machen. Sollten auch Teilabschnitte des Streckenzuges koordiniert werden, so ist die Ausrichtung auf Grünzeitanfang für den gesamten Streckenzug sinnvoll.

Hinsichtlich der Umlaufzeiten zeigen sowohl die Voruntersuchungen als auch die Simulationen, dass größere Umlaufzeiten (80 oder 90 Sekunden) i. d. R. breitere Grünbänder ermöglichen und somit eine größere Anzahl an Radfahrenden von der grünen Welle profitieren, in der Gegenrichtung (breitere) Grünbänder ermöglicht werden bzw. auch Radfahrenden mit leichten Abweichungen von der Progressionsgeschwindigkeit von der grünen Welle profitieren können. Der Effekt der negativen Beeinflussung der Gegenrichtung kann somit u. U. verringert werden. In Einzelfällen (vgl. Kapitel 5.6) lassen auch kürzere Umlaufzeiten Verbesserungen zu. Insbesondere bei der Umsetzung von Kompromisslösungen sind hohe Umlaufzeiten als sinnvoll zu erachten. Eine generelle Empfehlung kann diesbezüglich nicht gegeben werden, da Einflüsse anderer Parameter stets streckenspezifisch zu berücksichtigen und die Belange der zu Fuß Gehenden zu beachten sind.

Folgende, aus den Voruntersuchungen abgeleiteten Maßnahmen zur Beschleunigung des Radverkehrs in Festzeit gesteuerten Signalisierungen können auch anhand der Simulationen als anwendbar betrachtet werden:

- Anpassen der Versatzzeiten,
- Vereinheitlichen der Umlaufzeiten,
- Grüne Wellen in einer Richtung,
- Freigabezeitverlängerungen,
- Mehrphasensteuerungen an Einzelknotenpunkten (Richtungsversatz).

Die Auswahl und Kombination der Maßnahmen hängt stark von den streckenspezifischen Eigenschaften ab. Eine pauschale Empfehlung kann lediglich für das Vereinheitlichen der Umlaufzeiten sowie das Anpassen der Versatzzeiten gegeben werden. Aus den Untersuchungen kann weiter abgeleitet werden, dass in Sonderfällen Freigabezeitverlängerungen und/oder Anpassungen der Versatzzeiten (Stichwort: grüne Wellen in einer Richtung) zu starken negativen Auswirkungen im Kfz-Verkehr führen können. Es ist darauf zu achten, dass an den Endknotenpunkten der Beschleunigungsstrecken ausreichende Freigabezeiten für den Kfz-Verkehr zur Verfügung stehen, um das Abfließen der Fahrzeuge zu gewährleisten.

Eine Partizipation des ÖPNV an einer grünen Welle des Radverkehrs ist möglich. Je nach Konstellation aus Haltestellenhäufigkeit, -lage und -abstand können sich für den ÖPNV in Koordinierungs-

richtung des Radverkehrs positive Effekte einstellen. Allgemein ist der Einfluss auf den ÖPNV als eher gering einzuschätzen.

Die Verkehrsstärken und die vorhandene Qualität des Verkehrsablaufs auf den Streckenabschnitten haben einen maßgeblichen Einfluss auf die erfolgreiche Implementierung einer Radverkehrsbeschleunigung. Es kann insbesondere für die drei untersuchten Positivbeispiele (Müllerstraße, Uhlandstraße und Wilhelmstraße) festgestellt werden, dass aufgrund von verschiedenen Randbedingungen, wie z. B. hohe Verkehrsstärken bei nicht vorhandener bzw. unvollständiger Koordination, bereits im Bestand ganz allgemein schlechtere Verkehrsqualitäten auf den Streckenabschnitten erzielt werden. Auf diesen Strecken zeigt sich, dass es aufgrund der umgesetzten lichtsignaltechnischen Maßnahmen der Radverkehrsbeschleunigung teilweise zu keinen weiteren Verschlechterungen der Verkehrsqualität kommt.

Abschließend muss festgestellt werden, dass generalisierte Lösungen aufgrund zahlreicher streckenbezogener Randbedingungen kaum ableitbar sind. Koordinierungen für den Radverkehr sind ebenso wie im Kfz-Verkehr immer Individuallösungen und müssen auf die jeweilige Situation angepasst werden. Eine Simulation der Verkehrsabläufe im Zuge der Planung wird zur Abschätzung der Auswirkungen auf alle Verkehrsarten dringend empfohlen.

7 Fazit und Ausblick

Die durchgeführte Untersuchung macht deutlich, dass es grundsätzlich möglich ist, den Radverkehr auf Radverkehrsrouten hoher Bedeutung zu priorisieren. Neben der reinen Radverkehrskoordination ist vor allem die Verträglichkeit zu anderen Verkehrsarten ein wesentlicher Kernaspekt der Forschungsarbeit. Es wird anhand der Simulationen und Voruntersuchungen deutlich, welchen Einfluss eine strikte Bevorzugung des Radverkehrs auf den ÖPNV und den Kfz-Verkehr hat. Zahlreiche untersuchte Varianten führen durch diese strikte Bevorzugung, besonders auf Streckenzügen mit einer bestandsseitigen Kfz-Koordination, zu einer negativen Beeinflussung des Kfz-Verkehrs. Andere Beispiele zeigen jedoch, dass durch an die Randbedingungen der Streckenzüge angepasste Maßnahmen eine verträgliche Lösung hergestellt werden kann. Allein eine Veränderung der Versatzzeiten kann an im Kfz-Verkehr hoch belasteten Streckenzügen positive Entwicklungen für alle Verkehrsarten bewirken. Zusammen mit weiteren Maßnahmen lassen sich unter Umständen bessere Ergebnisse erzielen. Wie die Untersuchung auch zeigt, sind Pauschallösungen für die Radverkehrsbeschleunigung nicht möglich. Besonderes Augenmerk ist stets auf die allgemeine Verträglichkeit zu legen. Diese hängt von den zuvor definierten geometrischen und verkehrlichen Randbedingungen ab. Sofern Streckenzüge identifiziert werden können, an denen ein sehr starker, richtungsbezogener Radverkehrsanteil vorliegt, bleibt es dem politischen Willen und der Akzeptanz aller Nutzerinnen und Nutzer vorbehalten, konsequente Einrichtungs koordinierungen des Radverkehrs als attraktive Gestaltungsmaßnahme durchzusetzen. Kompromisslösungen sind möglich und führen im Einzelfall zu Verbesserungen, können aber nicht an jeder Strecke umgesetzt werden. Die Kombination von gleichzeitigen Radverkehrs- und Kfz-Koordinierungen sind in den gewachsenen, städtischen Strukturen nur im Ausnahmefall möglich. Die Umsetzung

einer grünen Welle im Radverkehr erfordert immer eine situationsbezogene, ingenieurtechnische Lösung.

Zusätzlich zur theoretischen und durch Simulationen unterstützten Entwicklung von Maßnahmen und Ansätzen ist in einem Nachfolgeprojekt vorgesehen, die in der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse an mindestens einem der benannten Streckenzüge in einem Pilotbetrieb umzusetzen. Für die Umsetzung bieten sich insbesondere die drei Streckenabschnitte in Berlin an, für die in der Simulation die besten Ergebnisse erzielt werden konnten (Müllerstraße, Uhlandstraße, Wilhelmstraße). Da es sich bei den entwickelten Maßnahmen vor allem um Anpassungen der Lichtsignalsteuerungen an den Knotenpunkten und nicht z. B. um infrastrukturelle bzw. bauliche Veränderungen auf den Streckenabschnitten handelt, können Realisierungen der Maßnahmen sehr schnell weiter geplant und die anschließende Umsetzung sowie die Wirksamkeitsuntersuchungen zeitnah durchgeführt werden. Die positiven Erfahrungen aus den Simulationen der Einzelstrecken empfehlen eine Umsetzung und Evaluierung in Form von Pilotprojekten.

Aufbauend auf der Untersuchung von Festzeitsteuerungen ist es zukünftig wichtig, das Einbinden des Radverkehrs in verkehrsabhängige Steuerungen zu betrachten. Grundlegende Fragen zu den Themen Vereinbarkeit von Radverkehr- und ÖPNV-Priorisierungen müssen ebenso im Fokus stehen wie die Anwendung von grünen Wellen im Radverkehr als Reaktion auf Überlastungserscheinungen im Kfz-Verkehr. Wenn eine grüne Welle im Kfz-Verkehr aufgrund des stetig steigenden Rückstaus an den Lichtsignalanlagen nicht wirksam ist, könnte z. B. dynamisch auf eine Versatzzeitenoptimierung für den Radverkehr umgeschaltet werden. Das Potential der grünen Welle im Radverkehr darf nicht durch die Konkurrenz zum MIV unterdrückt werden. Bei einer Unvereinbarkeit kann die Konkurrenzsituation durch eine konsequente Analyse der städtischen Straßennetze bezüglich alternativer Routen, insbesondere im Berufsverkehr, sowie durch Ausweisen separater, beschleunigter Fahrradstraßen vermieden werden. Vor dem Hintergrund eines steigenden Modal Split Anteils des Radverkehrs müssen jedoch Lösungen gefunden werden, die es allen Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmern ermöglichen, ihre Ziele schnellstmöglich zu erreichen.

Weiterhin müssen auch zukünftige Entwicklungen im Radverkehr in die Betrachtung mit einbezogen werden. So führt ein höherer Durchsetzungsgrad von Pedelecs auf der anderen Seite auch zu Veränderungen der Kenngrößen und Eigenschaften des Radverkehrs. Während heute speziell an Steigungsstrecken physische Voraussetzungen das Fahrverhalten z. T. massiv beeinflussen, ist zukünftig mit einem stärkeren Aufweichen dieser Einflüsse zu rechnen. Die elektrische Unterstützung im Radverkehr ermöglicht es jedoch, Geschwindigkeiten einfacher zu erreichen und diese dann beizubehalten. Dies gilt sowohl in der Ebene als auch an Steigungsstrecken. Auch in den Nutzerinnen- und Nutzergruppen kann von einer zukünftigen Veränderung ausgegangen werden. Dies gilt insbesondere für ältere Verkehrsteilnehmer, die mithilfe elektrisch unterstützter Fahrräder ein Stück ihrer Mobilität zurückgewinnen können.

Ganz allgemein kann jedoch bei einem höheren Durchsetzungsgrad von Pedelecs auch davon ausgegangen werden, dass sich dadurch z. B. auch eher hohe Progressionsgeschwindigkeiten

(20 km/h und mehr) leichter umsetzen lassen, da ein großer Anteil der Radfahrenden diese aufgrund der elektrischen Unterstützung erreichen kann. Die aus dem Kfz-Verkehr bekannte Pulkbildung auf Koordinierungsstrecken kann somit auch im Radverkehr einfacher erzielt werden und die grüne Welle so für den Radverkehr wirksam gemacht werden. Grüne Wellen im Radverkehr können dadurch auch langfristig als wirksames Instrument der zukünftigen städtischen Verkehrsplanung angesehen werden.

8 Literaturverzeichnis

Andersen [Online]. - 2006. - 11. Oktober 2014. - http://velotransunion.ru/vadim-files/Odense_cycling_Troels_Andersen.pdf.

Bialik Streetsblog San Francisco [Online]. - 2011. - 11. Oktober 2014. - <http://sf.streetsblog.org/2011/01/06/green-wave-becomes-permanent-on-valencia-street/>.

Copenhagenize [Online]. - 2008. - 11. Oktober 2014. - <http://www.copenhagenize.com/2008/10/green-wave-spreads.html>.

FGSV Empfehlungen für Radverkehrsanlagen [Buch]. - Köln : FGSV Verlag, 2010_a.

FGSV Hinweise für die Signalisierung des Radverkehrs [Buch]. - Köln : FGSV Verlag, 2005.

FGSV Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) [Buch]. - Köln : FGSV Verlag, 2010_b.

FGSV Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RAS 06 [Buch]. - Köln : FGSV Verlag, 2007.

Fietsberaad [Online]. - 2007. - 11. Oktober 2014. -

<http://www.fietsberaad.nl/index.cfm?section=Voorbeeldenbank&lang=en&mode=detail&ontwerpvoorbbeeldPage=&repository=Green+wave+Raadhuisstraat+Amsterdam#>.

Københavns-Kommune [Online]. - 2011. - 11. Oktober 2014. - <http://www.kk.dk/da/Omkommunen/Indsatsomraader-og-politikker/Publikationer.aspx?mode=detalje&id=823>.

Kühl Anja Berlin erste grüne Welle für Radfahrer [Online] // www.berliner-zeitung.de. - 2014. - 30. Oktober 2014. - http://www.berliner-zeitung.de/image/view/2014/3/2/26726634,36278892,dmData,Gr%25C3%25BCne_Welle.jpg.

NRVP Nationaler Radverkehrsplan [Online]. - 2010. - 11. Oktober 2014. - <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/>.

Odense-Kommune [Online]. - 2004. - 10. Oktober 2014. -

<http://www.odense.dk/web4/cyklisternesby/~media/SUBShttp://www.odense.dk/sogning/google?q=sikre%20god%20fremkommelighed%20for%20cyklisterne>.

Ryding Hoegh Nicolai Grøn bølge for cyklister i København [Online] // [Vejforum](http://vejforum.dk). - 2007. - 15. April 2016. -

http://www.vejforum.dk/vejforum2007/Gr%C3%B8n%20b%C3%B8lge%20for%20cyklister%20i%20K%C3%B8benhavn_Nicolai%20Ryding%20Hoegh.pdf.

Schnabel Werner und Lohse Dieter Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung Band 1 - Straßenverkehrstechnik [Buch]. - Berlin, Bonn : Beuth, Kirschbaum, 2011. - Bd. 1.

Sidor Alexander Erhebung von Radverkehrsgeschwindigkeiten und Ermittlung von Einflussgrößen und deren Auswirkung - Entwicklung eines Steigungsklassendiagramms [Bericht]. - Berlin : Masterarbeit am FG Straßenplanung und -betrieb der TU Berlin - unveröffentlicht, 2014.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Beispiel für ein Zeit-Weg-Diagramm	4
Abb. 2:	Grüne Wellen - Grund- und Sekundärwellen	5
Abb. 3:	Netzkategorien für den Radverkehr	6
Abb. 4:	Zielgrößen für die Gestaltung und Ausstattung	6
Abb. 5:	Geschwindigkeitshinweisschilder	8
Abb. 6:	Geschwindigkeiten im Radverkehr Richtung Zentrum ohne grüne Welle	9
Abb. 7:	Geschwindigkeiten im Radverkehr Richtung Zentrum mit grüner Welle	9
Abb. 8:	Ergebnisse der Messfahrten auf der Nørrebrogade	10
Abb. 9:	Grüne Wellen in Kopenhagen	11
Abb. 10:	Geschwindigkeitsanzeigetafeln (Soll und Ist) in Odense	12
Abb. 11:	Leuchtdioden in Odense	12
Abb. 12:	Hinweisschild auf der Valencia Street in San Francisco	13
Abb. 13:	Eigene Abbildung auf Grundlage von: Berlin erste grüne Welle für Radfahrer	14
Abb. 14:	Optimale Grünbänder in beiden Richtungen ($V_{\text{Rad}} = 20 \text{ km/h}$, $t_U = 80 \text{ s}$)	17
Abb. 15:	Geschwindigkeiten [km/h] im Radverkehr zum Erreichen des nächsten Knotenpunkts innerhalb der Umlaufzeit t_U	17
Abb. 16:	Tabellarische und graphische Darstellung der Knotenpunktabstände [m] für das Erreichen der Sekundärwelle im Kfz-Verkehr ($t_U = 60 \text{ s}$)	17
Abb. 17:	Beispiel eines Grünbandes über drei Knotenpunkte ($t_U = 90 \text{ s}$, KPA = 100 m)	20
Abb. 18:	Vorauswahl der Streckenabschnitte	23
Abb. 20:	Hochstativkamera am KP Bernauer Straße / Brunnenstraße	25
Abb. 21:	Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen im Radverkehr	27
Abb. 22:	Prozentuale Geschwindigkeitsverteilung im Radverkehr	27
Abb. 23:	Prozentuale Geschwindigkeitsverteilung im Radverkehr - über verschiedene Geschwindigkeitsbereiche	27
Abb. 24:	Exemplarische Geschwindigkeitsverteilung Hardenbergstraße – Bussonderfahrstreifen	29
Abb. 25:	Exemplarisches Abbiegeverhalten auf dem Hohenzollerndamm - KP Uhlandstraße	30
Abb. 26:	Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Bernauer Straße	33

Abb. 27: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Bernauer Straße für verschiedene Untersuchungsvarianten in West-Ost- und Ost-West-Richtung	37
Abb. 28: Durchschnittliche Verlustzeiten pro Kilometer im Radverkehr auf der Beeinflussungstrecke der Bernauer Straße	37
Abb. 29: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Bernauer Straße	38
Abb. 30: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	39
Abb. 31: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	39
Abb. 32: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	40
Abb. 33: ZWD der Bernauer Straße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h (Eigene Darstellung)	40
Abb. 34: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Hardenbergstraße	42
Abb. 35: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Hardenbergstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung	45
Abb. 36: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungstrecke der Hardenbergstraße	46
Abb. 37: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Hardenbergstraße	46
Abb. 38: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	47
Abb. 39: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	47
Abb. 40: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	48
Abb. 41: ZWD der Hardenbergstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	48
Abb. 42: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten des Hohenzollerndamms.....	50
Abb. 43: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke des Hohenzollerndamms für verschiedene Untersuchungsvarianten in West-Ost- und in Ost-West-Richtung	56

Abb. 44: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke des Hohenzollerndamms.....	56
Abb. 45: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke des Hohenzollerndamms.....	57
Abb. 46: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	58
Abb. 47: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	58
Abb. 48: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	59
Abb. 49: ZWD des Hohenzollerndamms mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	59
Abb. 50: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Mühlenstraße (Eigene Darstellung).....	62
Abb. 51: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in West-Ost- und in Ost-West-Richtung	67
Abb. 52: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße	68
Abb. 53: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Mühlenstraße	68
Abb. 54: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	69
Abb. 55: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	69
Abb. 56: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	70
Abb. 57: ZWD der Mühlenstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	70
Abb. 58: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Müllerstraße.....	73
Abb. 59: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungsstrecke der Müllerstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung	77
Abb. 60: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungsstrecke der Müllerstraße	78

Abb. 61: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Müllerstraße	78
Abb. 62: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	80
Abb. 63: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	80
Abb. 64: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	81
Abb. 65: ZWD der Müllerstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	81
Abb. 66: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Uhlandstraße	84
Abb. 67: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Uhlandstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd- und in Süd-Nord-Richtung	89
Abb. 68: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungstrecke der Uhlandstraße	89
Abb. 71: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	91
Abb. 72: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	92
Abb. 73: ZWD der Uhlandstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	92
Abb. 74: Durchschnittliche Geschwindigkeiten in den Standard-Varianten der Wilhelmstraße	94
Abb. 75: Durchschnittliche Geschwindigkeiten und Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Wilhelmstraße für verschiedene Untersuchungsvarianten in Nord-Süd und Süd-Nord Richtung	97
Abb. 76: Vergleich der Verlustzeiten im Radverkehr auf der Beeinflussungstrecke der Wilhelmstraße	97
Abb. 77: Prozentuale Verteilung der Anzahl der Halte auf der Beeinflussungstrecke der Wilhelmstraße	98
Abb. 78: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	99
Abb. 79: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Bestandssignalisierung und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	99
Abb. 80: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 50 km/h	100

Abb. 81: ZWD der Wilhelmstraße mit Darstellung der Optimierungsvariante und einer Progressionsgeschwindigkeit von 20 km/h	100
Abb. 82: Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr [km/h] zum Erreichen des nächsten Knotenpunkts innerhalb der Umlaufzeit t_U	114
Abb. 83: Koordinierungsvariante – ausschließliche Koordinierung des Radverkehrs in eine Richtung HR) (KPA = 100 m, t_U = 90 s, mittlerer HLA)	114
Abb. 84: Koordinierungsvariante – gleichzeitige Koordinierung beider Richtungen für Kfz- und Radverkehr (KPA = 100 m, t_U = 90 s, mittlerer HLA)	115
Abb. 85: Koordinierungsvariante –durchgehendes Kfz-Band in der Gegenrichtung und für den Radverkehr in beiden Richtungen (KPA = 100 m, t_U = 90 s, mittlerer HLA)	115
Abb. 86: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen für verschiedene Radverkehrsanlagen ..	116
Abb. 87: Streckenabschnitt - Bernauer Straße	117
Abb. 88: Streckenabschnitt - Hardenbergstraße	118
Abb. 89: Streckenabschnitt - Hohenzollerndamm	119
Abb. 90: Streckenabschnitt - Mühlenstraße	120
Abb. 91: Streckenabschnitt - Müllerstraße	121
Abb. 92: Streckenabschnitt - Uhlandstraße	122
Abb. 93: Streckenabschnitt - Wilhelmstraße	123

10 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	–	Abbildung
ADFC	–	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e.V. Berlin
bzw.	–	beziehungsweise
DTV	–	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
etc.	–	et cetera
ERA	–	Empfehlungen für Radverkehrsanalgen
FLSA	–	Fußgängerlichtsignalanlage
GA	–	Grünanfang
GE	–	Grünende
HLA	–	Haltlinienabstand
HSRa	–	Hinweise zur Signalisierung des Radverkehrs
i. d. R.	–	in der Regel
KP	–	Knotenpunkt
LSA	–	Lichtsignalanlage
lt.	–	laut
MIV	–	motorisierter Individualverkehr
Nr.	–	Nummer
NRVP	–	Nationaler Radverkehrsplan
o. g.	–	oben genannt
ÖPNV	–	Öffentlicher Personennahverkehr
QS	–	Querschnitt
resp.	–	respektive
Ri.	–	Richtung
RiLSA	–	Richtlinien für Lichtsignalanlagen
RIN	–	Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
RV	–	Radverkehr
SG	–	Sättigungsgrad
sog.	–	sogenannten
Sp-h	–	Spitzenstunde
t_u	–	Umlaufzeit
u. a.	–	unter anderem
vgl.	–	vergleiche
VLB	–	Verkehrslenkung Berlin
VTU	–	Verkehrstechnische Unterlagen
ZWD	–	Zeit-Weg-Diagramm

Erarbeitung von Maßnahmen zur Radverkehrsbeschleunigung

Abb. 82: Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr [km/h] zum Erreichen des nächsten Knotenpunkts innerhalb der Umlaufzeit t_u (eigene Darstellung)



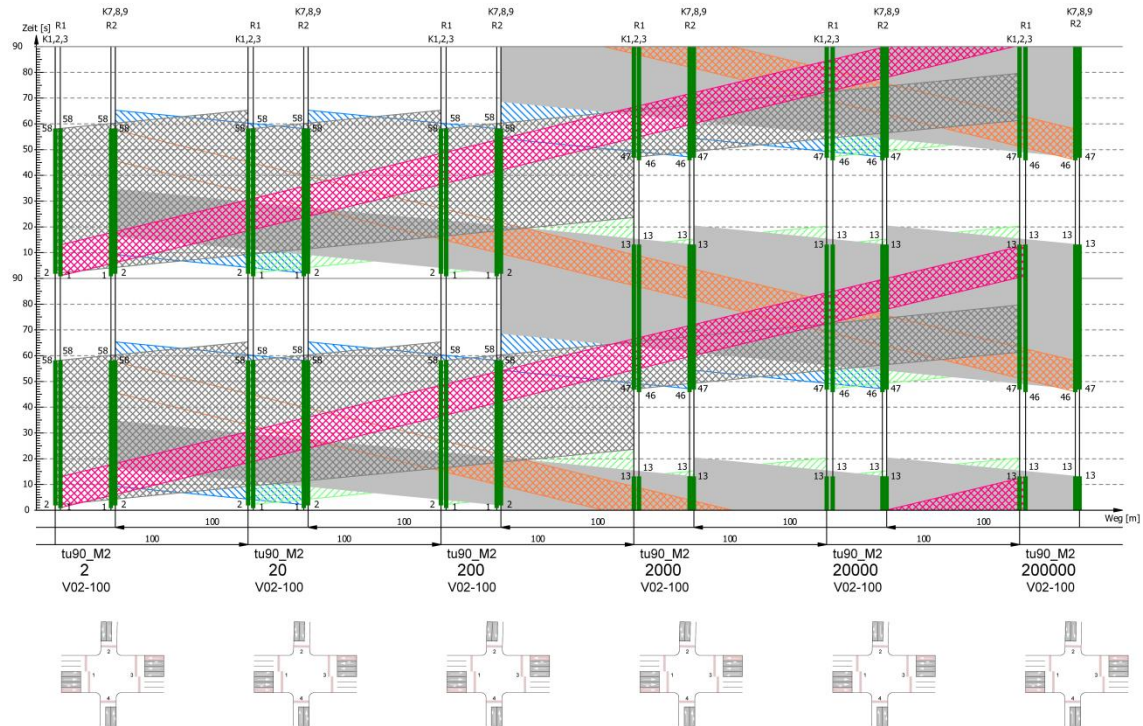


Abb. 84: Koordinierungsvariante – gleichzeitige Koordinierung beider Richtungen für Kfz- und Radverkehr (KPA = 100 m, $t_u = 90$ s, mittlerer HLA) (eigene Darstellung)

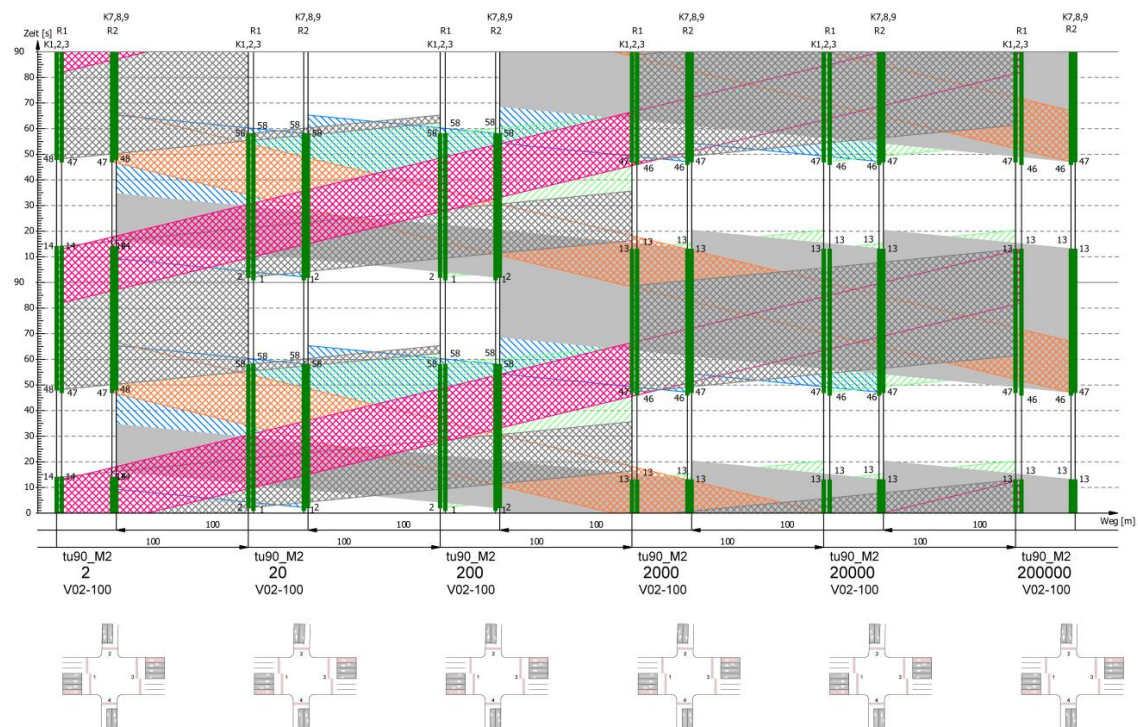


Abb. 85: Koordinierungsvariante – durchgehendes Kfz-Band in der Gegenrichtung und für den Radverkehr in beiden Richtungen (KPA = 100 m, $t_u = 90$ s, mittlerer HLA) (eigene Darstellung)

Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen

	Alle Werte	Fahrbahn	Radfahr- streifen	Bussonder- streifen	Radweg
$V_{\min}$:	6,1 km/h	11,1 km/h	6,1 km/h	10,3 km/h	10,0 km/h
V_{15} :	16,4 km/h	15,8 km/h	17,6 km/h	17,4 km/h	15,0 km/h
V_{50} :	21,0 km/h	20,0 km/h	21,8 km/h	22,5 km/h	19,3 km/h
V_m :	21,3 km/h	19,8 km/h	22,3 km/h	23,6 km/h	19,4 km/h
V_{85} :	26,2 km/h	24,0 km/h	27,0 km/h	30,0 km/h	23,6 km/h
$V_{\max}$:	41,5 km/h	30,0 km/h	38,6 km/h	41,5 km/h	32,7 km/h

Abb. 86: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen für verschiedene Radverkehrsanlagen (eigene Darstellung)

Ausgewählte Streckenabschnitte:

1) Bernauer Straße

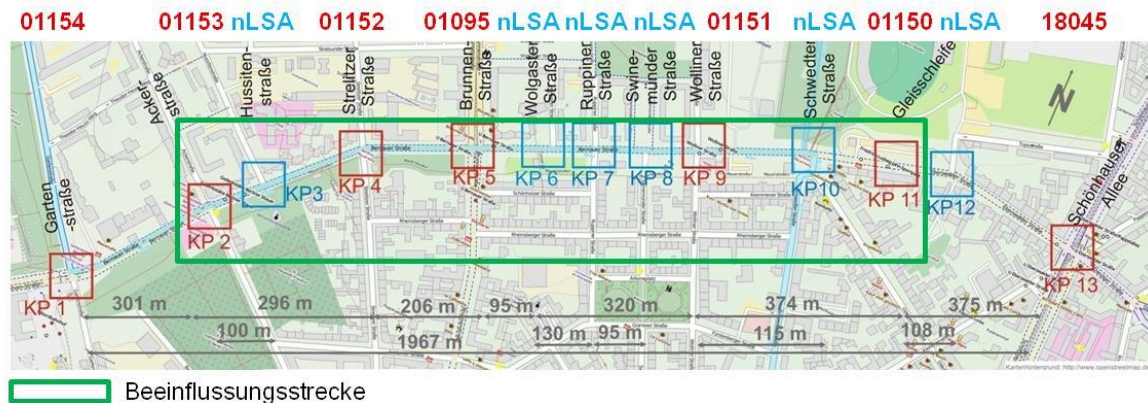


Abb. 87: Streckenabschnitt - Bernauer Straße (eigene Darstellung)

Bestandteil einer Radhauptroute (Mauerweg)

Länge:	Beeinflussungsbereich etwa 1.300 m (Gesamtstrecke etwa 2,0 km)
LSA-KP:	5 (7)
Radverkehrsführung:	straßenbegleitender Radweg (benutzungspflichtig)
ÖPNV:	KP1: Bus 245, 10 Min.-Takt, quer KP1 – KP13: Tram M10, 5 Min.-Takt, längs KP5 – KP9: Bus 247, 20 Min.-Takt, quer + längs
DTV:	10.000 – 15.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte, 2009)

Die Bestandsmessungen zeigen am KP Bernauer Str. / Brunnenstr für die nachmittägliche Spitzenstunde:

MIV:	Im QS: östlicher Arm etwa 1.400 Kfz/h; westlicher Arm etwa 1.100 Kfz/h (viele Linkseinbieger aus der Brunnenstr. Nord, etwa 200 Kfz/h)
RV:	200 Radfahrende im QS in der Sp-h (140 Radfahrende in Ri. Osten)

2) Hardenbergstraße

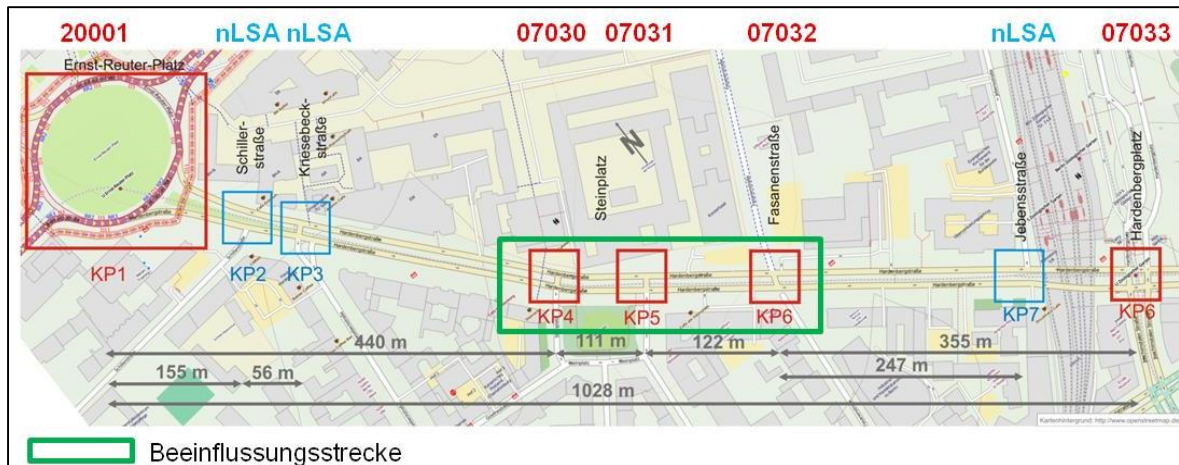


Abb. 88: Streckenabschnitt - Hardenbergstraße (eigene Darstellung)

Länge: Beeinflussungsbereich etwa 240 m (Gesamtstrecke etwa 1,2 km)

LSA-KP: 3 (5)

Radverkehrsführung: Führung auf Bussonderfahrstreifen

ÖPNV: KP1 – KP8: M45, X9, TXL, 245, 5 - 20 Min.-Takt, längs

KP8: sehr viele (Metro-)Buslinien quer

DTV: 30.000 – 40.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte, 2009)

Die Bestandsmessungen zeigen für die nachmittägliche Spitzenstunde:

MIV: Entlang der Mühlenstraße etwa 2.700 Kfz/h im QS

Aufteilung 1.200 Kfz/h in Ri. Nord und 1.500 Kfz/h in Ri. Süd

RV: 230 Radfahrende im QS in der Sp-h (130 Radfahrende in Ri. Süden)

3) Hohenzollerndamm

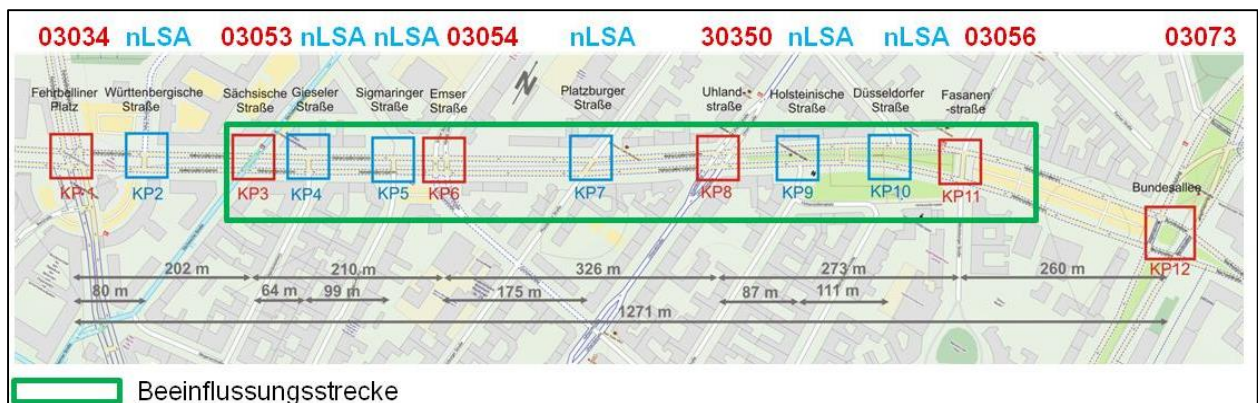


Abb. 89: Streckenabschnitt - Hohenzollerndamm (eigene Darstellung)

Länge: Beeinflussungsbereich etwa 840 m (Gesamtstrecke etwa 1,2 km)

LSA-KP: 4 (6)

Radverkehrsführung: straßenbegleitender Radweg (nicht benutzungspflichtig)

ÖPNV: KP1: Bus 101,115,104, 10 - 20 Min.-Takt, quer

KP8: Bus 249, 10 Min.-Takt, quer

KP12: Bus 204, 20 Min.-Takt, quer

DTV: Bis zu 30.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte, 2009)

Die Bestandsmessungen zeigen am KP Hohenzollerndamm/Uhlandstraße für die nachmittägliche Spitzenstunde:

MIV: Entlang des Hohenzollerndamms etwa 2.300 Kfz/h im QS

Aufteilung 1.200 Kfz/h in Ri. Osten und 1.100 Kfz/h in Ri. West

RV: 200 Radfahrende im QS in der Sp-h (beide Ri. relativ ausgeglichen)

4) Mühlenstraße

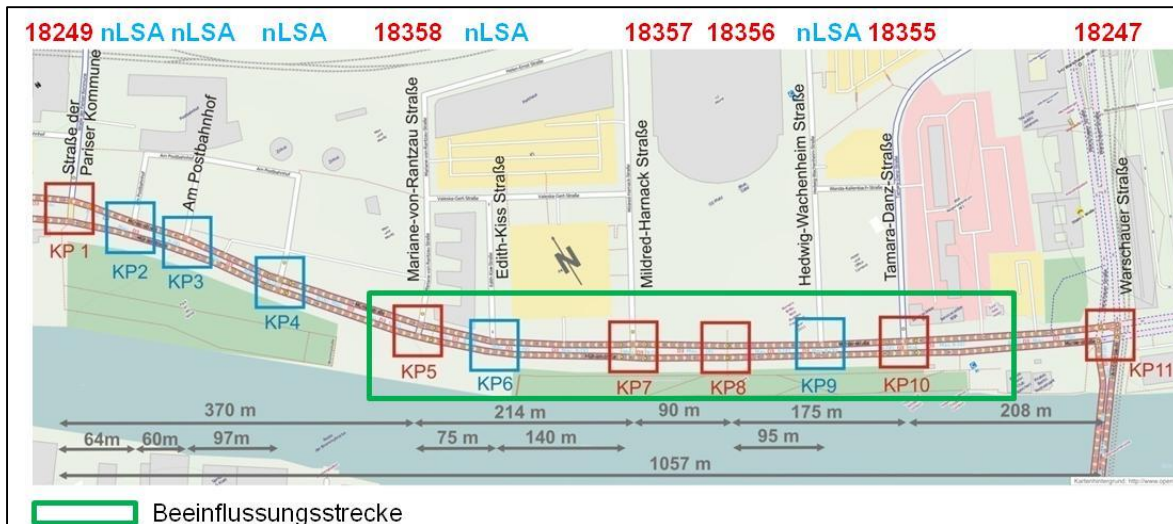


Abb. 90: Streckenabschnitt - Mühlenstraße (eigene Darstellung)

Bestandteil einer Radhaupttroute (Mauerweg)

Länge: Beeinflussungsbereich etwa 625 m (Gesamtstrecke etwa 1,1 km)

LSA-KP: 4 (6)

Radverkehrsführung: Berliner Schutzstreifen

ÖPNV: KP1: Bus 140, 147, 248, 347, 20 Min.-Takt, quer

KP11: Bus 347, quer

DTV: 20.000 – 30.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte, 2009)

Die Bestandsmessungen zeigen für die nachmittägliche Spitzenstunde:

MIV: Entlang der Mühlenstraße etwa 2.400 Kfz/h im QS

Aufteilung 1.300 Kfz/h in Ri. Osten und 1.100 Kfz/h in Ri. Westen

RV: 250 Radfahrende im QS in der Sp-h (150 Radfahrende in Ri. Osten)

5) Müllerstraße

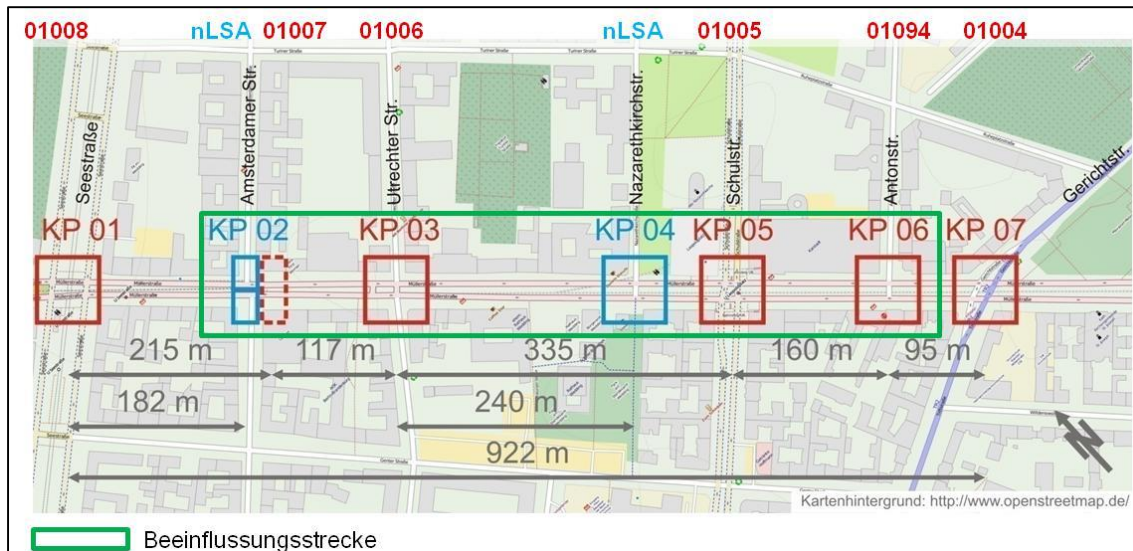


Abb. 91: Streckenabschnitt - Müllerstraße (eigene Darstellung)

Länge: Beeinflussungsbereich etwa 610 m (Gesamtstrecke etwa 0,9 km)

LSA-KP: 4 (6)

Radverkehrsführung: z.Zt. gemeinsam mit MIV auf Fahrbahn
geplante Rad-Verkehrsanlage: Schutzstreifen

ÖPNV: KP1 - KP7 Bus 120, 20 Min.-Takt, längs
KP1: Metrotram M13, Tram 50, Bus 106, 10 – 20 Min.-Takt, quer
KP5: Busse 142, 221, 247, 327, 10 – 20 Min.-Takt, quer

DTV: 20.000 – 30.000 Kfz/24h (Verkehrsmengen 2009 (Umweltatlas))

Die Bestandsmessungen zeigen für die nachmittägliche Spitzenstunde:

MIV: Entlang der Müllerstraße etwa 2.000 Kfz/h im QS
Aufteilung 1.100 Kfz/h in Ri. Norden und 900 Kfz/h in Ri. Süden

RV: 70 Radfahrende im QS in der Sp-h

6) Uhlandstraße

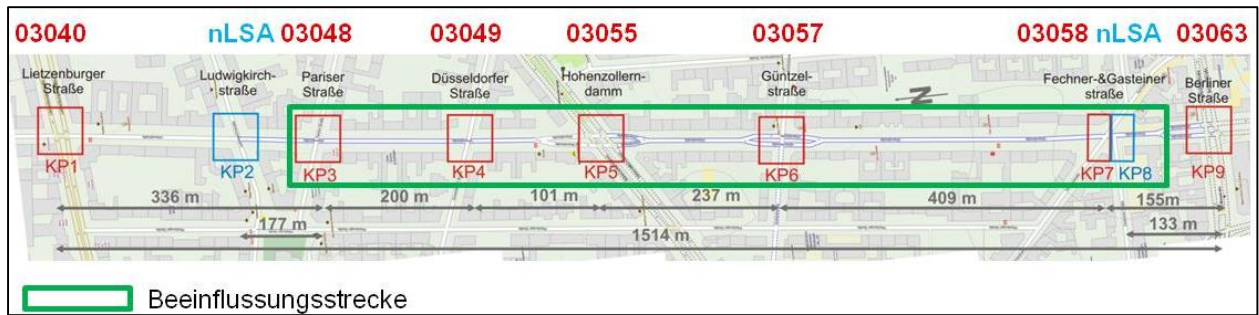


Abb. 92: Streckenabschnitt - Uhlandstraße (eigene Darstellung)

Länge:	Beeinflussungsbereich etwa 1.000 m (Gesamtstrecke etwa 1,5 km)
LSA-KP:	5 (7)
Radverkehrsführung:	Radfahrstreifen
ÖPNV:	KP1 – KP9: Bus 249, 10 Min.-Takt, längs KP9: Bus 104, 10 Min.-Takt, quer
DTV:	15.000 – 20.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte, 2009)

Die Bestandsmessungen zeigen am KP Hohenzollerndamm/Uhlandstraße für die nachmittägliche Spitzenstunde:

MIV:	Entlang der Uhlandstraße etwa 1.000 Kfz/h im QS Aufteilung 500 Kfz/h in Ri. Norden und 500 Kfz/h in Ri. Süden
RV:	160 Radfahrende im QS in der Sp-h (beide Ri. relativ ausgeglichen)

7) Wilhelmstraße

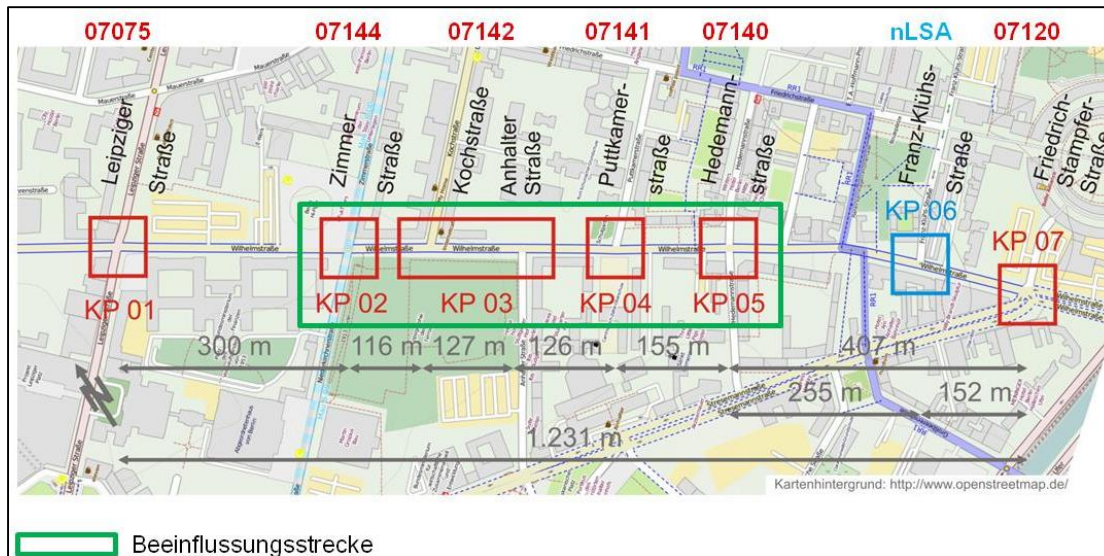


Abb. 93: Streckenabschnitt - Wilhelmstraße (eigene Darstellung)

Länge:	Beeinflussungsbereich etwa 520 m (Gesamtstrecke etwa 1,2 km)
LSA-KP:	4 (6)
Radverkehrsführung:	Radfahrstreifen
ÖPNV:	KP3: Bus M29, 5 Min.-Takt, Ri. quer, zw. Wittenbergplatz und Hermannplatz
DTV:	Bis zu 15.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte, 2009)

Die Bestandsmessungen zeigen für die nachmittägliche Spitzenstunde:

Kfz:	Entlang der Wilhelmstraße etwa 700 – 1.000 Kfz/h im QS Aufteilung 400 - 600 Kfz/h in Ri. Norden und 300 - 400 Kfz/h in Ri. Süden
RV:	200 - 300 Radfahrende im QS in der Sp-h Aufteilung 50 - 150 Radfahrende in Ri. Norden und 150 - 200 Radfahrende in Ri. Süden