

Bachelorarbeit

Evaluation einer neugestalteten
Radverkehrsführung am Beispiel des
Knotenpunktes Tangstedter Landstraße /
Gehlegraben

HafenCity Universität Hamburg

Evaluation einer neugestalteten
Radverkehrsführung am Beispiel des
Knotenpunktes Tangstedter Landstraße / Gehlengraben

Bachelorthesis

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science (B. Sc.)
im Studiengang Stadtplanung an der HafenCity Universität Hamburg

Betreuung

1. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Gertz
2. Betreuer: Felix Czarnetzki, M.A.
Technische Universität Hamburg, Institut für
Verkehrsplanung und Logistik W8

Vorgelegt von:

Maximilian Hennecke | Matrikelnummer: 6060238
maximilian.hennecke@hcu-hamburg.de

am 21.12.2021

Hinweis auf die Nutzung von geschlechtergerechter Sprache

In dieser Bachelorarbeit wird versucht eine möglichst geschlechtergerechte Sprache zu verwenden, welche alle Geschlechtsidentitäten berücksichtigt und anspricht. Deshalb wird auf das generische Maskulinum verzichtet. Stattdessen werden Formulierungen verwendet, welche Geschlechter explizit nicht benennen oder Formulierungen, welche die Vielfalt von Geschlechtern sichtbar machen. Vorrangig wird die erste Variante mithilfe von substantivierten Partizipien oder Adjektiven umgesetzt. So wird statt „Teilnehmer“ der Begriff „Teilnehmende“ genutzt. Die Umsetzung der zweiten Variante geschieht mit einem Doppelpunkt. Dabei steht der Doppelpunkt symbolisch für Personen, welche „sich nicht in der binären Einteilung in Mann und Frau wiederfinden“ (Universität Kassel Stabsstelle Gleichstellung, o. J.). Statt dem generischen Maskulin „Radfahrer“ wird der Begriff „Radfahrer:innen“ verwendet. Lediglich in Zitaten wird das generische Maskulin verwendet, um den Originalwortlaut nicht zu verändern.

Danksagung

Ich möchte mich bei allen sehr herzlich bedanken, welche diese Bachelorarbeit möglich gemacht und mich auf vielerlei Arten unterstützt haben. Ohne Sie/ Euch hätte diese Arbeit vermutlich nicht realisiert werden können.

Als erstes möchte ich mich bei meinen Betreuern Herr Prof. Dr.-Ing. Carsten Gertz und Herr Felix Czarnetzki für ihre konstruktive Kritik und sehr guten Ideen und Anregungen hinsichtlich der Bearbeitung der Arbeit bedanken. Sie haben entscheidend zur Konkretisierung und Umsetzung der Forschungsfrage beigetragen.

Mein weitere Dank gilt den Mitarbeitenden des Ingenieurbüros SBI Beratende Ingenieure für Bau-Verkehr-Vermessung GmbH. Hier habe ich eine großartige Hilfsbereitschaft erlebt. So haben sich Peter Hitsch und Jop Vlaar sehr viel Zeit genommen, um mich bei den verschiedensten Fragen zu unterstützen und mir wichtige Anregungen zugegeben. Ich konnte immer wieder von dem großen Wissensvorrat und der Erfahrung der beiden profitieren. Weiterhin möchte ich mich bei Irfan Irfan für seine wertvollen Tipps zur Dokumentation der Verkehrskonflikttechnik und seiner Hilfe zu AutoCAD bedanken. Auch Reza Milani gilt Dank für seine Unterstützung bei der Bearbeitung von XRefs bei AutoCAD. Olaf Drangusch hat mir wertvolle Tipps zu der Durchführung von Verkehrszählungen gegeben. Last but not least ist es mir ein großes Anliegen mich bei Torsten Schubert für verschiedene Anregungen zur Bachelorarbeit und der Betreuung als Werkstudent zu bedanken. Durch Ihn habe ich einen sehr umfangreichen Einblick in die verschiedensten Bereiche der Verkehrsplanung erhalten. Diese Erfahrungen haben mich bestärkt mich weiter in diese Richtung entwickeln zu wollen.

Sehr wichtig für mich war auch die tolle Unterstützung durch gute Freunde bei der Bachelorarbeit. So möchte ich Alex und Sibel dafür danken, dass sie mit mir ab 7:00 Uhr früh in Langenhorn Radfahrende gezählt haben. Ich denke beide hätten vermutlich einen längeren Schlaf bevorzugt. Weiterhin möchte ich Birte für Ihr präzises und konstruktives Feedback zu verschiedenen Fragen danken. Auch hier gilt last but not least der Dank an Lea und Susanne dafür, dass sie beide mich bei dem Korrekturlesen der Arbeit unterstützt haben und das, obwohl beide sonst auch genug zu tun haben. Ich hoffe mit diesen wenigen Worten meinem Dank und der erfahrenen Unterstützung Ausdruck verleihen zu können.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I	
Abbildungsverzeichnis.....	III	
Tabellenverzeichnis	IV	
Abkürzungsverzeichnis.....	V	
1	Anlass und Ausgangslage	1
1.1	Zielsetzung	2
1.2	Auswahl des Knotenpunktes und Bestandssituation	3
1.3	Aufbau der Arbeit	5
2	Methodik der Konfliktanalyse	6
2.1	Verkehrszählung	6
2.2	Befragung von Radfahrenden	8
2.3	Verkehrskonflikttechnik	14
3	Ergebnis der Konfliktanalyse	18
3.1	Verkehrszählung	18
3.2	Befragung von Radfahrenden	20
3.2.1	Merkmale der befragten Radfahrenden	20
3.2.2	Die Rahmenbedingungen der Verkehrsteilnahme und die Einstellungen in Bezug auf den Knotenpunkt	21
3.2.3	Diskussion der Repräsentativität der Stichprobe.....	29
3.3	Verkehrskonflikttechnik	30
3.3.1	Auswertung der Regelverstöße	30
3.3.2	Bewegungslinien	33
3.4	Fazit der Konfliktanalyse	37
4	Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen aus der Konfliktanalyse.....	38
4.1	Anpassung des süd-westlichen Radwegs	38
4.2	Direktes Abbiegen in Nord-Süd-Richtung	40
4.3	Nicht berücksichtigte Konflikte der Konfliktanalyse	41
5	Nichtberücksichtigung der genannten Konflikte bei der Neugestaltung der Radverkehrsführung.....	43

6	Fazit	44
7	Ausblick.....	46
8	Literaturverzeichnis.....	51
9	Eidesstattlichen Erklärung.....	53
10	Anhang.....	54
10.1	Dokumentationsbögen	54
10.1.1	Verkehrszählungsbogen	54
10.1.2	Fragebogen	55
10.1.3	Dokumentation der Verkehrskonflikttechnik.....	58
10.2	Verkehrszählungen	59
10.2.1	Eigene Zählung am 25.10.2021 (Zählung der QS 2.1 und QS 8.2)	59
10.2.2	Eigene Zählung am 25.10.2021 (Zählung der QS 2.2 und QS 4.1)	60
10.2.3	Eigene Zählung am 25.10.2021 (Zählung der QS 8.1 und QS 4.2)	61
10.2.4	Zählung am KP Krohnstieg/ Tangstedter Landstraße vom 07.09.2017 durch SBI Beratende Ingenieure GmbH.....	62
10.2.5	Zählung am KP Tangstedter Landstraße/ Gehlegraben vom 07.09.2017 durch SBI Beratende Ingenieure GmbH.....	63
10.3	Stellungnahmen der Behörden im Zuge der Erstverschickung	64
10.3.1	Stellungnahme der Verkehrsdirektion 51 vom 19.07.2018.....	64
10.3.2	Stellungnahme des Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club Hamburg von Juni 2018.....	65
10.3.3	Stellungnahme der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation vom 13.07.2018.....	66
10.4	Pläne	67
10.4.1	Bestandsplan (Blatt 1 von 2).....	67
10.4.2	Bestandsplan (Blatt 2 von 2).....	68
10.4.3	Verkehrstechnischer Lageplan (Erstverschickung) (Blatt 1 von 2)	69
10.4.4	Verkehrstechnischer Lageplan (Erstverschickung) (Blatt 2 von 2)	70
10.4.5	Verkehrstechnischer Lageplan (Schlussverschickung) (Blatt 1 von 2).....	71
10.4.6	Verkehrstechnischer Lageplan (Schlussverschickung) (Blatt 2 von 2).....	72
10.4.7	Plan der Optimierungsmaßnahme	73

Abbildungsverzeichnis

Alle Abbildungen sind, sofern nicht anders gekennzeichnet, eigene Darstellungen.

Abbildung 1: Lage des Knotenpunktes [Open-Street-Map-Mitwirkende]	3
Abbildung 2: Vorher: Konfliktsituation am süd-westlichen Radweg [SBI Beratende Ingenieure GmbH]	4
Abbildung 3: Vorher: Ungenügende Radwegsbreite [SBI Beratende Ingenieure GmbH]	4
Abbildung 4: Vorher: Nördliche Furt [SBI Beratende Ingenieure GmbH]	4
Abbildung 5: Vorher: Östliche Furt [SBI Beratende Ingenieure GmbH]	4
Abbildung 6: Neugestaltung der Radverkehrsführung [SBI Beratende Ingenieure GmbH]	5
Abbildung 7: Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für den Radverkehr [Steinmeyer et al., 2012, S. 27]	6
Abbildung 8: Tagesganglinien gemäß der Behördenzählung vom 13.06.2017 [Eigene Darstellung basierend auf den Daten der Behörde für Verkehr und Mobilitätswende]	7
Abbildung 9: Skizze der Querschnittsbezeichnungen	8
Abbildung 10: Einteilung des Knotenpunkts in zwei Beobachtungsbereiche [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]	15
Abbildung 11: Grafische Notierung der Bewegungslinien [Gstalter & Erke, 1985, S. 25]	16
Abbildung 12: Grafische Notierung der Bewegungslinien, Reaktionsformen, Art der Beteiligung und der Beteiligten [Gstalter & Erke, 1985, S. 26]	17
Abbildung 13: Verkehrsmenge der einzelnen Querschnitte von 7:15 bis 8:45 Uhr (Veränderung zur Verkehrszählung vom 13.06.2017)	18
Abbildung 14: Verkehrsmenge der einzelnen Querschnitte von 16:00 bis 17:30 Uhr (Veränderung zur Verkehrszählung vom 13.06.2017)	18
Abbildung 15: Vergleich der Tagesganglinien der Zählungen vom 13.06.2017 und 25.10.2021	19
Abbildung 16: Altersstruktur der befragten Radfahrenden	20
Abbildung 17: Angaben zu den Fahrtzwecken (Mehrfachnennungen möglich)	21
Abbildung 18: Box-Plot-Grafik zum subjektiven Sicherheitsgefühl und zur Bewertung der Neugestaltung der Radverkehrsführung	22
Abbildung 19: Bewertung des Verkehrsverhaltens	23
Abbildung 20: Grund für genutzte Verkehrsfläche (Mehrfachnennungen möglich)	24
Abbildung 21: Verteilung der Kategorien zu positiven Änderungen der Radverkehrsführung (Mehrfachnennungen möglich)	25
Abbildung 22: Verteilung der Kategorien zu negativen Änderungen der Radverkehrsführung	26
Abbildung 23: Genannte Veränderungen des Fahrverhaltens	27
Abbildung 24: Häufigkeit der Kategorien für Verbesserungsvorschläge	28

Abbildung 25: Genannte Konfliktpunkte durch befragte Teilnehmende [Eigene Darstellung basierend auf einer Plangrundlage des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) Hamburg].....	29
Abbildung 26: Darstellung der Regelverstöße im südlichen Bereich	30
Abbildung 27: Darstellung der Regelverstöße im südlichen Bereich	30
Abbildung 28: Gesperrter Radweg am Ohlmoorgraben	31
Abbildung 29: Darstellung der Regelverstöße im nördlichen Bereich	32
Abbildung 30: Bewegungslinien in Süd-Nord-Richtung des KP-Bereichs Süd [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]	34
Abbildung 31: Bewegungslinien in Nord-Süd-Richtung des KP-Bereichs Süd [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]	34
Abbildung 32: Bewegungslinien in West-Ost-Richtung des KP-Bereichs Nord [Eigene Darstellung basierend auf der.....	36
Abbildung 33: Bewegungslinien in Ost-West-Richtung des KP-Bereichs Nord [Eigene Darstellung basierend auf der.....	36
Abbildung 34: Schnittstelle zwischen dem süd-westlichen Radweg und dem U-Bahnzugang	38
Abbildung 35: Schaffung einer breiteren Fläche für den Gehweg und die Wartefläche	39
Abbildung 36: Darstellung der Zweirichtungsradwege [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]	40
Abbildung 37: Direkte Radverkehrsurt in Nord-Süd-Richtung.....	42
Abbildung 38: Verkehrstechnischer Lageplan mit einer Zweirichtungsdiagonalfurt [SBI Beratende Ingenieure GmbH].....	43
Abbildung 39: Radfahrstreifen in der Fahrbahnmitte in Lissabon [https://lisboaparapessoas.pt/2021/10/14/ciclovias-almirante-reis/]	46
Abbildung 40: Beispiel der Radverkehrsführung an Knotenpunkten [Alrutz, Willhaus & Sonderhüsken, 2007, S. 9]	48
Abbildung 41: Erhöhte Rad- und Fußverkehrsurt an einer Protected Intersection [Rabito et al., 2015, S. 60].....	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung der Frage Blatt 1 von 3	10
Tabelle 2: Kategorisierung der Frage Blatt 2 von 3	11
Tabelle 3: Kategorisierung der Fragen Blatt 3 von 3.....	12

Abkürzungsverzeichnis

adfc	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
ARAS	Aufgeweiteter Radaufstellstreifen
BWVI	Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Kfz	Kraftfahrzeug
KP	Knotenpunkt
LSBG	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer
PBL	Protected Bike Lanes
QS	Querschnitt
SBI	SBI Beratende Ingenieure für Bau-Verkehr-Vermessung GmbH
VD	Verkehrsdirektion
VKT	Verkehrskonflikttechnik
VZ	Verkehrszählung

1 Anlass und Ausgangslage

Die Motivation sich im Rahmen dieser Bachelorarbeit mit dem Radverkehr auseinanderzusetzen, besteht aus der Überzeugung, dass es langfristig in Deutschland zu einer Verkehrswende kommen muss. Um diese Wende erfolgreich umzusetzen, bedarf es einer besseren Infrastruktur, welche die Prioritäten und Rangfolge der einzelnen Verkehrsarten zugunsten des Umweltverbundes (öffentlicher Personennahverkehr, Rad- und Fußverkehr) verschiebt. Wie dies gelingen kann, wird in dieser Bachelorarbeit anhand des Knotenpunktes Tangstedter Landstraße/ Gehlengraben untersucht. Dabei steht die Verbesserung des Radverkehrs an dem Knotenpunkt im Fokus der Arbeit.

Die Gründe, die zeigen, dass eine Verkehrswende notwendig ist, sind vielfältig. Um den Klimawandel durch klimafreundliche Verkehrsmittel zu bremsen, bedarf es Alternativen zum motorisierten Individualverkehr. 40 bis 50 % der Autofahrten in Großstädten sind geringer als fünf Kilometer, dies ist eine Streckendistanz, welche nicht nur gut mit dem Fahrrad zurückgelegt, sondern laut Studien auch mit dem Fahrrad am schnellsten und effektivsten realisiert werden kann (Umweltbundesamt, 2021). Die Jahresemissionsmenge in Deutschland im Verkehrssektor soll von 150 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2020 auf 85 Tonnen bis 2030 reduziert werden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021). Da im Jahr 2018 Pkws für 58,7 % der Treibhausgas-Emissionen des Verkehrssektors verantwortlich (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2020, S. 36) waren, gilt es hier Potentiale zur Senkung von klimaschädlichen Emissionen zu realisieren. Eine Alternative ist der Rad- und Fußverkehr, da durch ihn laut dem Umweltbundesamt (2021) gegenüber dem PKW rund 140 Gramm Treibhausgas-Emissionen (angegeben in CO₂-Äquivalente) pro Personenkilometer eingespart werden können. Der Radverkehr wirkt sich zudem positiv auf die Umwelt aus, da die Emissionen von Luftschadstoffen wie Feinstaub oder Stickoxiden oder von Lärm durch einen höheren Radverkehrsanteil reduziert werden. Die benötigten Verkehrsflächen für den Radverkehr sind geringer als für den motorisierten Individualverkehr und so könnte ein steigender Radverkehrsanteil auch dafür sorgen, den Verkehrsflächenverbrauch zu reduzieren. Fahrradfahren verbessert des Weiteren das physische und psychische Wohlbefinden des Menschen (ebd.).

Die aktuelle (umwelt-)politische Diskussion zeigt, welche Relevanz dem Radverkehr aus den genannten Gründen eingeräumt wird. So wird das umweltfreundliche Verkehrsmittel auf mehreren politischen Ebenen finanziell gefördert. Das Bundesverkehrsministerium stellt in dem Zeitraum von 2020 bis 2023 ca. 1,46 Milliarden Euro für die Förderung des Radverkehrs bereit (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021). Zusätzlich gibt es in Deutschland diverse Förderungsprogramme der Bundesländer und Städte. So bezuschusst das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr den Radwegeaus- und -neubau an Bundes- und Staatstraßen mit insgesamt 200 Millionen Euro in den Jahren von 2020 bis 2024 (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, 2021). Die regierenden Koalitionen in Hamburg haben in ihrem Koalitionsvertrag beschlossen, den Radverkehr deutlich auszubauen. Das Ziel ist es den „Anteil des Radverkehrs am wegebezogenen Modal Split innerhalb dieses Jahrzehnts auf 25 bis 30 Prozent“ (Hamburgische Staatskanzlei, 2020) zu

steigern. Maßnahmen, um dieses Ziel zu erreichen sind der Ausbau des städtischen Radnetzes, Knotenpunktplanungen, mit Fokus auf die Radverkehrssicherheit und die weitere Planung und Umsetzung von Velorouten, Radschnellwegen und Fahrradstraßen. Mittelfristig sollen so 100 Kilometer Radinfrastruktur pro Jahr neugebaut oder saniert werden (ebd.).

Um den Modal Split nachhaltig in Richtung eines höheren Radverkehrsanteil zu verschieben und mehr Personen dazu zu motivieren, das Fahrrad zu nutzen, bedarf es hochwertiger Radverkehrsanlagen. Diese spielen besonders an Knotenpunkten eine Rolle, da es hier zu vielen Konfliktsituationen kommt. Im Straßenverkehr ist „[j]ede fünfte [...] verunglückte Person [...] ein Radfahrer. Die häufigste Unfallursache sind Fehler beim Ab- oder Einbiegen des Kfz-Fahrers“ (Kolrep-Rometsch et al., 2013, S. 17). Laut einer Unfallanalyse von Angenendt, Blase, Klöckner & Bonfranchi-Simovič (2005) bei der 50 Knotenpunkte in 22 Städten untersucht worden sind, sind 60 % der registrierten Radverkehrsunfälle Abbiegeunfälle und ca. 20 % der Unfälle ereignen sich beim Einbiegen oder Kreuzen (S. 36). Dies zeigt, wie wichtig eine sichere Radverkehrsführung an Knotenpunkten ist.

Am Beispiel des Knotenpunktes Tangstedter Landstraße/ Gehlengraben soll deshalb die bestehende Radverkehrsführung hinsichtlich der Sicherheit untersucht und anschließend Optimierungsmaßnahmen entwickelt werden.

1.1 Zielsetzung

Das Ziel der Bachelorarbeit ist es die neugestaltete Radverkehrsführung am Knotenpunkt Tangstedter Landstraße/ Gehlengraben zu evaluieren. Hierfür wird eine Konfliktdanalyse durchgeführt, um anschließend daraus Optimierungsmaßnahmen zu entwickeln. Die Konfliktdanalyse besteht aus einer Verkehrszählung (siehe 2.1), einer Befragung von Radfahrenden (siehe 2.2) und der Verkehrskonflikttechnik (siehe 2.3). Die Entwicklung der Verbesserungsmaßnahmen beschränkt sich auf gestalterische Eingriffe. Weitere Anpassungen des Knotenpunktes wie zum Beispiel die Veränderung der Signalisierung werden in dieser Bachelorarbeit nicht bearbeitet. Die Maßnahmen sollen eine Verbesserung des Radverkehrs bewirken und ihm eine höhere Priorität in der Verkehrsführung einräumen, das heißt er soll möglichst schnell und sicher über die Kreuzung geführt werden. Die Beschleunigung und Priorisierung des Radverkehrs führt unter Umständen zu einer schlechteren Verkehrsqualität des Kraftfahrzeug (Kfz)-Verkehrs. Diese Leistungsminderung wird in dieser Bachelorarbeit akzeptiert, da es das vorrangige Ziel ist, den Radverkehr, im Sinne der Verkehrswende zu stärken.

1.2 Auswahl des Knotenpunktes und Bestandssituation

Der signalisierte vierarmige Knotenpunkt befindet sich im Norden von Hamburg unmittelbar am U-Bahnhof Langenhorn Markt (siehe Abbildung 1). Er wurde zusammen mit Mitarbeitern des Ingenieurbüros SBI Beratende Ingenieure für Bau-Verkehr-Vermessung GmbH (SBI) für die Bachelorarbeit ausgewählt. Diese hatten die Neugestaltung der Kreuzung von 2017 bis 2021 begleitet und umgesetzt. Der Knotenpunkt vor der Umgestaltung bestand aus sehr

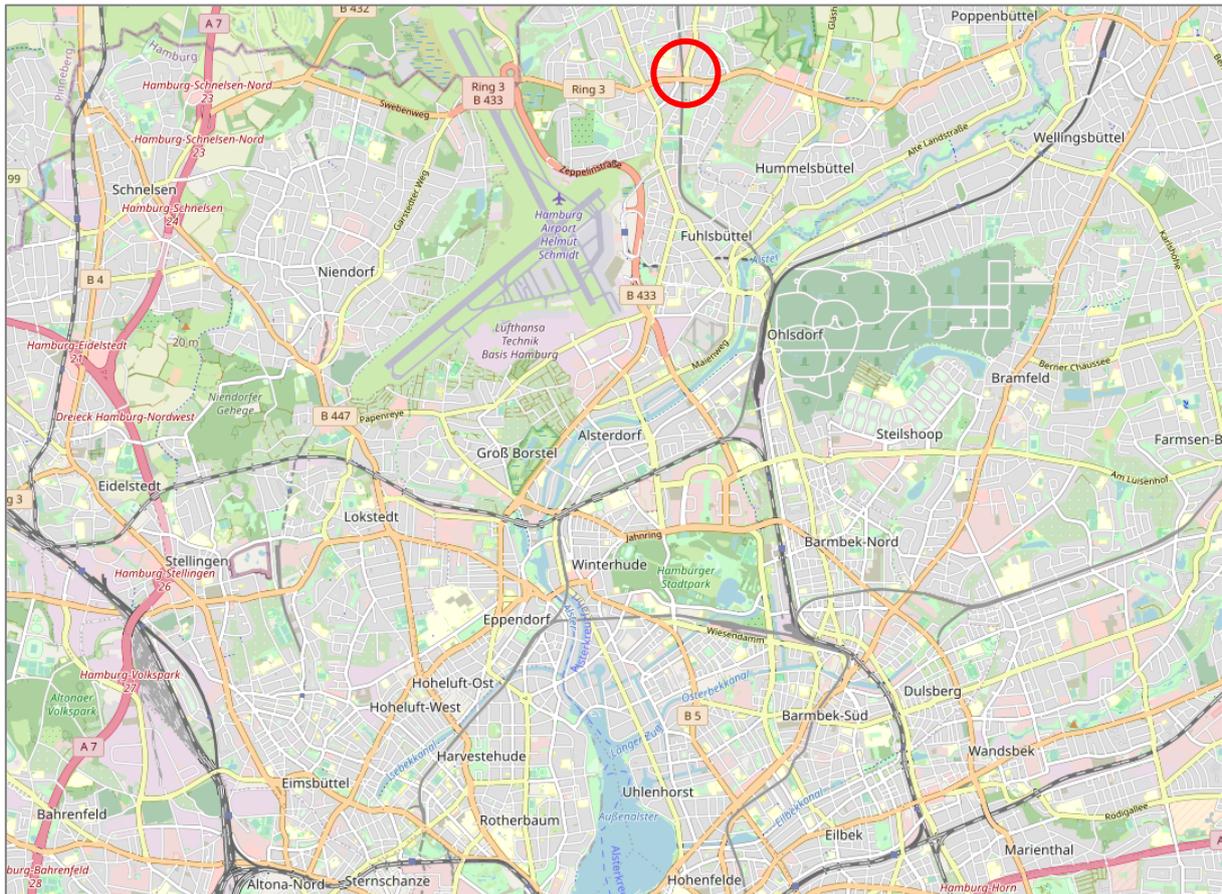


Abbildung 1: Lage des Knotenpunktes [Open-Street-Map-Mitwirkende]

schmalen Radwegen mit ungenügender Breite (siehe Abbildung 3). Zudem gab es das Problem, dass im südlichen Bereich Personen beim Warten auf dem Radweg standen (siehe Abbildung 2). Diese Konflikte sollten durch eine Neuplanung gelöst werden. Dafür wurden breitere Radwege mit roter Markierung umgesetzt, die Radverkehrsfurten verbreitert und rot eingefärbt (siehe Abbildung 6), zudem wurde die Signalisierung angepasst und der nord-westliche Radweg wurde durch einen Radfahrstreifen ersetzt. Die Radwege wurden fahrdynamischer gestaltet und die Verkehrsinsel an der nördlichen Furt entfernt. Außerdem wurden eigene Lichtsignalgeber für den Radverkehr installiert. Im Anhang sind die Pläne der Bestandssituation und die Pläne der Erst- und Schlussverschickung (siehe Anhang 10.3: Pläne). Die folgenden Bilder geben einen Überblick über die Situation vor und nach der Umgestaltung (siehe Abbildung 2 bis Abbildung 6):



Abbildung 2: Vorher: Konfliktsituation am süd-westlichen Radweg [SBI Beratende Ingenieure GmbH]



Abbildung 3: Vorher: Ungenügende Radwegsbreite [SBI Beratende Ingenieure GmbH]



Abbildung 4: Vorher: Nördliche Furt [SBI Beratende Ingenieure GmbH]



Abbildung 5: Vorher: Östliche Furt [SBI Beratende Ingenieure GmbH]

Zusammen mit den Mitarbeitenden von SBI wurden Potentiale zur Verbesserung der Radverkehrsführung auch nach der Umgestaltung erkannt. So ist das indirekte Abbiegen des Radverkehrs in Nord-Süd-Richtung nicht ideal und die Zweirichtungsradverkehrsfurten bieten Anlass für mögliche Konflikte zwischen den Radfahrenden. Aus diesen Gründen wird die Neugestaltung hinsichtlich möglicher Optimierungsmaßnahmen evaluiert.



Abbildung 6: Neugestaltung der Radverkehrsführung [SBI Beratende Ingenieure GmbH]

1.3 Aufbau der Arbeit

Zuerst wird das methodische Vorgehen in Kapitel 2 erläutert. Dafür wird für jede Erhebungsform (Zählung, Befragung, Konfliktbeobachtung) das Erkenntnisinteresse, das Vorgehen, das Untersuchungsdesign und die Form der Dokumentation der Erhebung dargestellt. Danach werden die Ergebnisse jeder Erhebung in Kapitel 3 präsentiert. Bei der Verkehrszählung werden die Daten pro Knotenpunktarm und Richtung dargestellt und mit den Zahlen der Verkehrsbehörde verglichen. Für die Befragung werden die Merkmale der Teilnehmenden, die Rahmenbedingungen der Verkehrsteilnahme der Befragten und ihre Einstellung in Bezug auf den Knotenpunkt, was die Veränderung der Radverkehrsführung und mögliche Verbesserungspotentiale betrifft, beschrieben. Bei der Verkehrskonflikttechnik werden die dokumentierten Regelverstöße dargestellt und erläutert und dann die Sequenzen der Bewegungslinien abgebildet. In Kapitel 4 wird die Entwicklung der beiden Optimierungsmaßnahmen vorgestellt und begründet. Diese sind die Anpassung des süd-westlichen Radwegs und die direkte Radverkehrsfurt in Nord-Süd-Richtung. Im anschließenden Kapitel 5 wird erläutert, warum die identifizierten Konflikte nicht schon Im Zuge der Umgestaltung durch SBI gelöst wurden. Daran schließt sich in Kapitel 6 eine Bewertung der Optimierungsmaßnahmen an. Im Ausblick wird auf zukünftige Entwicklungen der Radverkehrsführung geblickt.

2 Methodik der Konfliktanalyse

Zur Evaluation von Radverkehrsanlagen gibt es verschiedene methodische Vorgehen. In der Literatur werden unter anderem makroskopische und mikroskopische Unfallanalysen, Verhaltensanalysen des Radverkehrs durch Auswertung von Videomaterial oder Befragungen von Radfahrenden verwendet (Fuchs & Pfeiffer, 2009; Kolrep-Rometsch et al., 2013; Richter, Beyer, Ortlepp & Schreiber, 2019). Einige dieser Methoden wie Verhaltensanalysen mithilfe von Videos übersteigen den Rahmen dieser Bachelorarbeit und werden daher nicht verwendet. Andere Methoden wie Unfallanalysen haben im Kontext dieser Bachelorarbeit wenig Aussagekraft, da der Knotenpunkt und die Radverkehrsführung erst Ende Juli fertig gestellt wurden und es aufgrund dessen keine belastbaren Unfalldaten für eine Unfallanalyse des Knotenpunktes gibt.

Aus diesen Gründen sind die, in dieser Bachelorarbeit verwendeten, Methoden eine Radverkehrszählung, die Verkehrskonflikttechnik (VKT) und die Befragung von Radfahrenden. Die Verkehrskonflikttechnik wird als „standardisiertes Beobachtungsverfahren zur Erfassung von Konflikten in Verkehrsanlagen“ (Gstalter & Erke, 1985, S. 7) im Hinblick auf den Radverkehr verwendet. Zusätzlich werden vor Ort Radfahrende befragt, um die aktuelle Verkehrsführung aus der Perspektive der Nutzenden zu bewerten und einzuordnen.

2.1 Verkehrszählung

Verkehrszählungen des Radverkehrs geben Aufschluss über die Verkehrsstärke an den zu untersuchenden Querschnitten. Sie dienen weiterhin zur Dimensionierung von Verkehrsanlagen für den Fuß- und Radverkehr, für Bedarfsanalysen und der Beurteilung von Maßnahmen zur Förderung des Fuß- und Radverkehrs (Steinmeyer et al., 2012).

Die Radverkehrsmenge wird mit Hilfe von Verkehrszählungsbögen (siehe Anhang 10.1.1: Verkehrszählungsbogen) für den gesamten Knotenpunkt erfasst. Dabei wird der Radverkehr pro Querschnitt, dessen Richtung und die benutzte Verkehrsanlage festgehalten. Eine zusätzliche Erfassung der Abbiegerelationen ist organisatorisch zu aufwendig und wird deshalb nicht durchgeführt. Die Durchführung der Verkehrszählung orientiert sich an den Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Steinmeyer et al., 2012) (siehe Abbildung 7):

Radverkehr		
Zählmonate (Erhebungszeitraum)	Sommerhalbjahr (März bis Oktober) außerhalb der Ferien	
Zähltag	Montag bis Donnerstag (in Normalwochen ^{*)})	
Zählstunden (Erhebungsdauer)	allgemein	06.00 – 19.00 Uhr
	bei kürzeren Zählzeiten (z. B. Beschränkung auf die Morgen- und Abendspitzen	Morgen- und Abendspitzen zusätzlich 12.00 – 14.00 Uhr (vor allem in der Nähe von Ausbildungsstätten und Einkaufs- einrichtungen des täglichen Bedarfes)
Zählintervalle	5, 15, 30 oder 60 Minuten	

Abbildung 7: Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für den Radverkehr [Steinmeyer et al., 2012, S. 27]

Die Zählung wurde am Montag, den 25.10.2021 in einem Zeitraum von 1 1/2 Stunden jeweils während der Spitzenstunde früh und der Spitzenstunde spät durchgeführt. Die Zählintervalle liegen bei 15 Minuten, um eine Vergleichbarkeit mit der Zählung der Behörde für Verkehr und Mobilitätswende herzustellen. Um mögliche Verschiebungen der Spitzenstunde zu erfassen, wurde der Beobachtungszeitraum auf 1 1/2 Stunden erweitert. Da diese Zeiträume die Hauptbelastung des Knotenpunkts hinsichtlich des Radverkehrs darstellen, sind sie am besten geeignet, um die „Relativierungsgröße für die beobachteten Begegnungen und Konflikte“ (Gstalter & Erke, 1985, S. 15) zu ermitteln und um die benutzten Verkehrsanlagen hinsichtlich ihrer Belastung zu vergleichen.

Zur Ermittlung der erhebungsrelevanten Spitzenstunden des Radverkehrs werden die Daten der letzten Verkehrszählung der Behörde für Verkehr und Mobilitätswende vom 13.06.2017 verwendet. Diese ergeben für die Zeiträume von 7:30 bis 8:30 Uhr und 16:30 bis 17:30 Uhr die höchsten Belastungszeiten. Für den Zählzeitraum von jeweils 1 1/2 Stunden ergeben sich für die Zeiten von 7:15 bis 8:45 Uhr und 16:00 bis 17:30 Uhr die höchsten Belastungen der Querschnitte (siehe Abbildung 8).

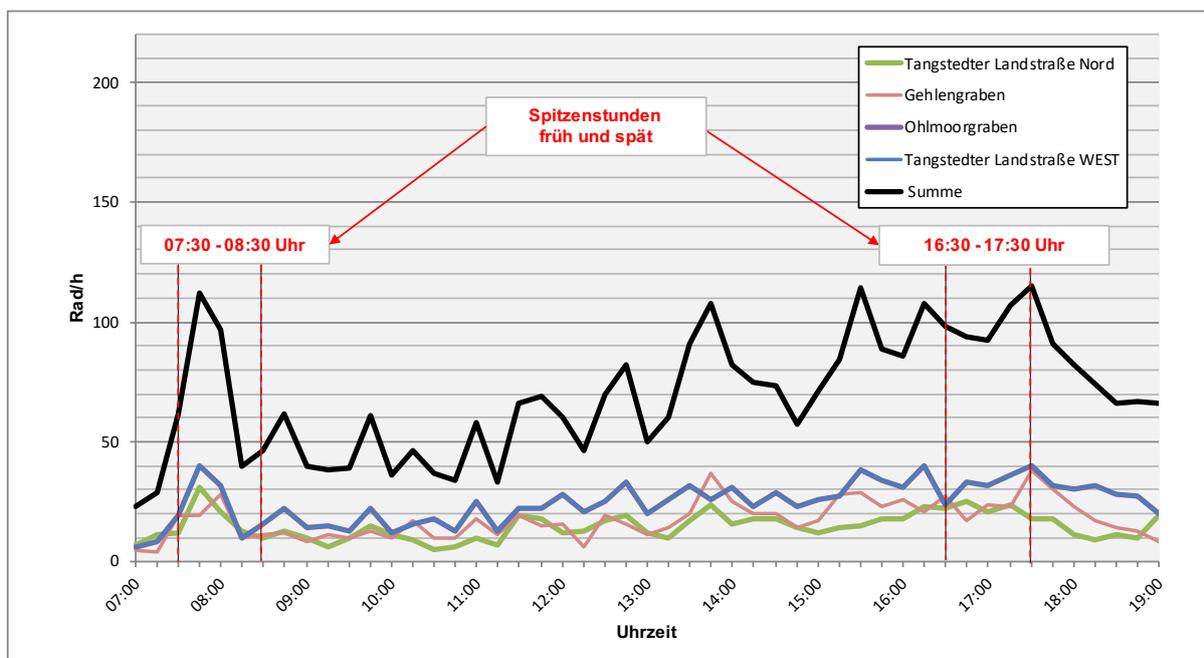


Abbildung 8: Tagesganglinien gemäß der Behördenzählung vom 13.06.2017 [Eigene Darstellung basierend auf den Daten der Behörde für Verkehr und Mobilitätswende]

Die Verkehrszählung wurde von drei Personen durchgeführt. Jeweils zwei nebeneinanderliegende Querschnitte (QS) wurden durch eine Person erfasst (Person 1: QS 2.1 und QS 8.2 und Person 2: QS 2.2 und QS 4.1) und eine Person zählte an dem Querschnitt 8.1 und 4.2 (siehe Abbildung 9). Der Querschnitt 6 wurde nicht gezählt, da zum Zeitpunkt der Zählung die Durchfahrt auf diesem Radweg aufgrund einer Baustelle gesperrt war. Die Zählenden haben sich so im Knotenpunktraum positioniert, dass sie von ihrem Standort die Querschnitte gut überblicken konnten, ohne eine Behinderung für den Verkehr darzustellen.

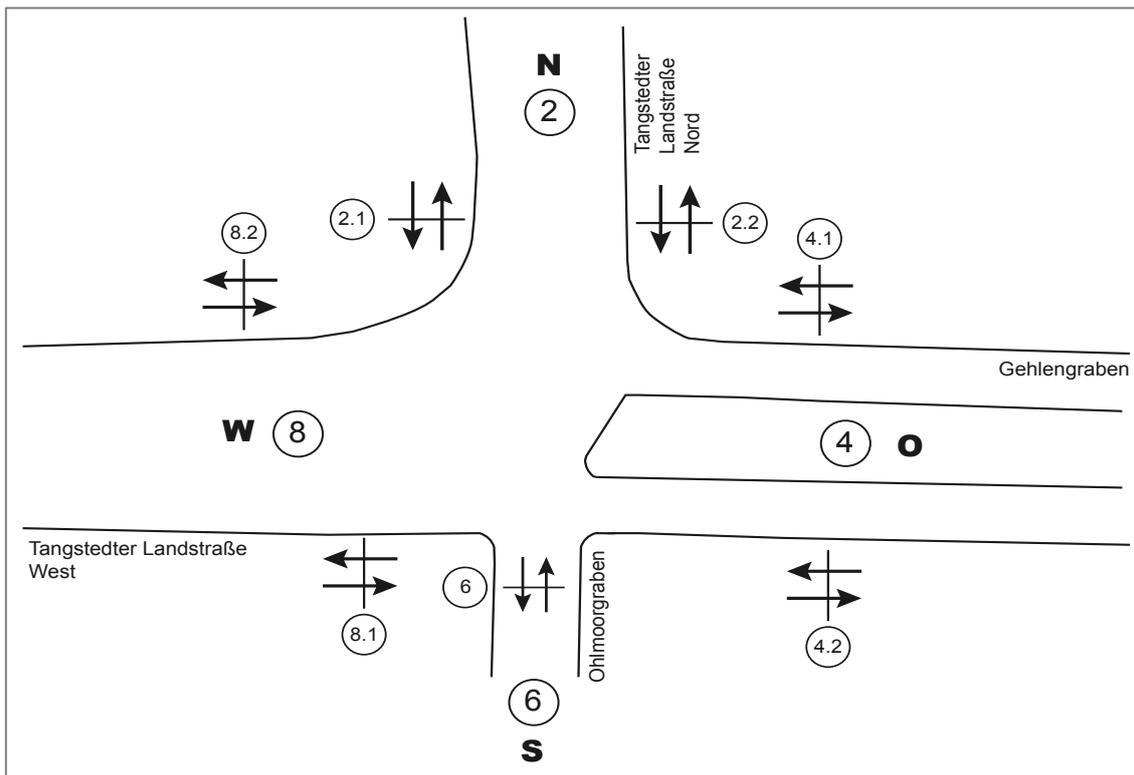


Abbildung 9: Skizze der Querschnittsbezeichnungen

2.2 Befragung von Radfahrenden

Mit „Befragungen [können] [...] explizit die Rahmenbedingungen der Verkehrsteilnahme und bei Bedarf die Entscheidungshintergründe mit erfasst werden“ (Steinmeyer et al., 2012, S. 63). Das Ziel ist herauszufinden, wo die Radfahrenden Konflikte und Gefährdungen am Knotenpunkt identifizieren und wie sie ihr Sicherheitsempfinden bewerten. Zudem soll die neurealisierte Radverkehrsführung durch die Befragten bewertet werden. Zusammen mit den Ergebnissen der VKT können so Ansätze für Optimierungsmaßnahmen entwickelt werden.

Untersuchungsdesign der Befragung

Die Untersuchung findet durch persönliche Einzelbefragungen an dem Knotenpunkt Tangstedter Landstraße/ Gehlengraben statt. Das Ziel ist eine Längsschnittuntersuchung über mehrere Tage durchzuführen, um eine möglichst große Anzahl an Radfahrenden zu erreichen. Die persönliche Befragung bietet zwei Vorteile. Erstens ist es ohne großen Aufwand möglich Meinungen und Einstellungen der Radfahrenden zu dem Knotenpunkt zu erfassen. Zweitens können auftretende Unklarheiten während der Fragestellung direkt gelöst werden. Ein Nachteil ist, dass ich als befragende Person unter Umständen Einfluss auf den Radfahrenden ausüben und es zu Antwortverzerrungen kommt, wie zum Beispiel die Angabe von sozial erwünschten Antworten (Verena Meier Kruker, 2005).

Der Fragebogen (siehe Anhang 10.1.2: Fragebogen) soll folgende Informationen abfragen:

- Art des genutzten Fahrrades
- Häufigkeit und Zweck der Nutzung des Fahrrades
- Häufigkeit der Nutzung des Knotenpunktes
- Bewertung des subjektiven Sicherheitsempfindens
- Bewertung des Kfz-Verkehrsverhaltens
- Bewertung des Verkehrsverhaltens der Zufußgehenden und der Radfahrenden
- Nennung und Beschreibung von Konfliktstellen
- Art der genutzten Verkehrsfläche (Radweg/ Radfahrstreifen, Gehweg, Fahrbahn)
- Begründung für Nutzung dieser Verkehrsfläche
- Bewertung der Neugestaltung der Radverkehrsführung
- Nennung von positiven und negativen Änderungen
- Einschätzung der Änderung des Fahrverhaltens seit der Neugestaltung
- Nennung von Verbesserungsvorschlägen
- Geschlecht und Altersklasse

Zur Erfassung dieser Informationen wird ein standardisiertes Interview durchgeführt. Dabei werden Fakt-, Verhaltens-, Einstellungs- und planungsbezogene Fragen gestellt (Verena Meier Kruker, 2005) (siehe Tabelle 1 bis Tabelle 3). Der Fragebogen besteht aus drei offenen und 17 geschlossenen Fragen. Bei den geschlossenen Fragen werden überwiegend mehrkategoriale Antworten angeboten. Bei den Fragen 11 und 16 handelt es sich um Hybridfragen, da die geschlossenen Fragen um eine Restkategorie: „Sonstiges“ erweitert werden (Verena Meier Kruker, 2005). Bei den Fragen 1, 3, 10, 11, 15, 16 und 18 wird eine Nominalskala angewandt. Den Fragen 2, 4 und 10 liegt eine Ordinalskala zu Grunde (Steiner & Benesch, 2018). Die Fragen 5, 6, 7, 8 und 12 bieten Antworten anhand einer „bipolaren Ratingskala“ (Steiner & Benesch, 2018, S. 59) an. Die Antwortmöglichkeiten reichen von einem negativen Pol (z.B. „sehr unsicher“) zu einem positiven Pol (z.B. „sehr sicher“). Die Benennung der einzelnen Skalenstufen bei den fünf Fragen erfolgt mithilfe von Zahlen, es handelt sich folglich um eine „numerische Skalenbezeichnung“ (Steiner & Benesch, 2018, S. 60), welche den Vorteil hat, dass durch das „Weglassen einer Verbalisierung der Skalenstufen Missverständnisse für verschiedene Testpersonen vermieden werden können“ (Steiner & Benesch, 2018, S. 61). Bei den Fragen 5 und 12 werden auf der numerischen Skala zehn Abstufungen (1-10) angeboten, um ein möglichst differenziertes Bild erfassen zu können. Die gerade Anzahl an Optionen („Forced Choice“ (Steiner & Benesch, 2018, S. 60)) erzwingt eine konkrete Tendenz bei der Bewertung. Der Grund hierfür ist, dass die beiden Fragen wichtig für die Bewertung des Knotenpunkts sind und daran anschließend für die Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen. Bei den Fragen 6, 7 und 8 liegt die Anzahl der Abstufungen bei fünf (1-5). Die geringe Anzahl der Abstufungen ist darin begründet, dass das Verkehrsverhalten einer großen Gruppe schwer zu bewerten ist. Den Befragten sollte zudem die Möglichkeit der neutralen Mittelkategorie gelassen werden.

Nr.	Frage	Antwortmöglichkeiten	Fragenkategorie	Offen/ Geschlossen	Antwortformat	Skala (Anzahl Abstufungen)
1	Welches Fahrrad nutzen Sie?	Fahrrad/ E-Bike/ Lastenrad	Faktfrage	Geschlossen	Polytom	Nominalskala Drei Abstufungen
2	Wie häufig fahren Sie Fahrrad?	Täglich, bzw. fast täglich/ an 1 bis 3 Tagen in der Woche/ an 1 bis 3 Tagen im Monat/ seltener als monatlich	Verhaltensfrage	Geschlossen	Polytom	Ordinalskala Vier Abstufungen
3	Für welche Wege nutzen Sie das Fahrrad?	Zur Arbeit/ zur Schule, Ausbildungsstätte/ für private Erledigungen/ Freizeit/ für geschäftliche Fahrten/ zum Einkaufen/ zum Holen und Bringen von Personen	Verhaltensfrage	Geschlossen	Polytom	Nominalskala Sieben Abstufungen
4	Wie häufig befahren Sie diese Kreuzung?	Täglich, bzw. fast täglich/ an 1 bis 3 Tagen in der Woche/ an 1 bis 3 Tagen im Monat/ seltener als monatlich	Verhaltensfrage	Geschlossen	Polytom	Ordinalskala Vier Abstufungen
5	Wie sicher fühlen Sie sich auf einer Skala von 1 bis 10 auf dieser Kreuzung?	1 - 10	Einstellungsfrage	Geschlossen	Bipolare Ratingskala	Numerische Skalenbezeichnung Zehn Abstufungen („Forced Choice“)
6	Wie bewerten Sie das Fahrverhalten des Kfz-Verkehrs? (1 = sehr rücksichtslos, 5 = sehr rücksichtsvoll)	1-5	Einstellungsfrage	Geschlossen	Bipolare Ratingskala	Numerische Skalenbezeichnung Fünf Abstufungen („Mittelkategorie als neutrale Kategorie“)
7	Wie bewerten Sie das Fahrverhalten der Fußgänger:innen? (1 = sehr rücksichtslos, 5 = sehr rücksichtsvoll)	1-5	Einstellungsfrage	Geschlossen	Bipolare Ratingskala	Numerische Skalenbezeichnung Fünf Abstufungen („Mittelkategorie als neutrale Kategorie“)

Tabelle 1: Kategorisierung der Frage Blatt 1 von 3

Nr.	Frage	Antwortmöglichkeiten	Fragenkategorie	Offen/ Geschlossen	Antwortformat	Skala (Anzahl Abstufungen)
8	Wie bewerten Sie das Fahrverhalten der anderen Radfahrenden? (1 = sehr rücksichtslos, 5 = sehr rücksichtsvoll)	1-5	Einstellungsfrage	Geschlossen	Bipolare Ratingskala	Numerische Skalenbezeichnung Fünf Abstufungen („Mittelkategorie als neutrale Kategorie“)
9	An welchen Stellen an dieser Kreuzung kommt es zu Konflikten und mit wem?	<i>Markierung mit Kreuz und entsprechendem Kürzel auf der Knotenpunktskizze (x = Konflikt, F = Fußgänger:in, R = Radfahrer:in, P = Pkw, E = E-Scooter, L = Lkw)</i>	Einstellungsfrage	Offen		
10	Welche Flächen der Kreuzung befahren Sie?	Radweg, Radfahrstreifen/ Gehweg/ Fahrbahn	Verhaltensfrage	Geschlossen	Polytom	Nominalskale Drei Abstufungen
11	Warum fahren Sie auf diesen Flächen?	Sicherheit/ Schnelligkeit/ Fahrtkomfort/ Regelkenntnis/ Gewohnheit/ Quelle, Ziel/ Sonstiges:	Verhaltensfrage	Hybrid mit Restkategorie: „Sonstiges“	Polytom	Nominalskale Sechs Abstufungen
12	Wie bewerten Sie die Neugestaltung der Radverkehrsführung?	1-10 Indirekte Filterfrage für die Fragen 13-16	Einstellungsfrage	Geschlossen	Bipolare Ratingskala	Numerische Skalenbezeichnung Zehn Abstufungen („Forced Choice“)
13	Welche Änderungen sind Ihnen positiv aufgefallen?	<i>Freitextfeld</i>	Einstellungsfrage	Offen		
14	Welche Änderungen sind Ihnen negativ aufgefallen?	<i>Freitextfeld</i>	Einstellungsfrage	Offen		

Tabelle 2: Kategorisierung der Frage Blatt 2 von 3

Nr.	Frage	Antwortmöglichkeiten	Fragenkategorie	Offen/ Geschlossen	Antwortformat	Skala (Anzahl Abstufungen)
15	Hat sich Ihr Fahrverhalten seit der Neugestaltung verändert?	Ja/ Nein Filterfrage für Frage 16	Verhaltensfrage	Geschlossen	Dichotom	Nominalskala Zwei Abstufungen
16	Wenn ja, inwiefern:	Selbstbewusster/ zurückhaltender/ sicherer/ verunsicherter/ achtsamer/ unachtsamer/ Sonstiges:	Verhaltensfrage	Hybrid mit Restkategorie: „Sonstiges“	Polytom	Nominalskala Sechs Abstufungen
17	Welche Verbesserungsvorschläge/ Wünsche hätten Sie für die aktuelle Situation hier?	<i>Freitextfeld</i>	Planungbezogene Frage	Offen		
18	Geschlecht	weiblich/ männlich/ divers	Faktfrage	Geschlossen	Polytom	Nominalskala Drei Abstufungen
19	Altersgruppierung	10-14/ 15-20/ 21-39/ 40-65/ 65+	Faktfrage	Geschlossen	Polytom	Ordinalskala Fünf Abstufungen

Tabelle 3: Kategorisierung der Fragen Blatt 3 von 3

Eine Besonderheit des Fragebogens ist die Frage 9 mit der Nennung und Beschreibung von Konfliktpunkten. Hier wurden die Befragten gebeten, mögliche Konfliktpunkte an dem Knotenpunkt zu identifizieren. Diese wurden dann auf einer Skizze des Knotenpunktes mit einem Kreuz, möglicherweise Bewegungslinien und einem Kürzel für die entsprechenden Konfliktparteilnehmer (F = Fußgänger:innen, R = Radfahrende, etc.) markiert.

Die Frage 12 ist eine indirekte Filterfrage, da durch eine Nichtbeantwortung der Frage, die folgenden Fragen 13-16 obsolet werden. Die einzige Frage mit dichotomen Antwortmöglichkeiten ist die Frage 15, die zugleich als Filterfrage dient. Wenn die Frage mit „nein“ beantwortet wurde, konnte die nächste Frage 16 nicht beantwortet werden. In dem Fragebogen gibt es drei offene Fragen: 13, 14 und 17.

Auswahl der Stichprobe

Die Auswahl der Teilnehmenden wird durch eine einstufige Stichprobenauswahl festgelegt. Dies ist möglich, da alle Zu- und Abgänge am Querschnitt der Radverkehrsanlage während des gesamten Befragungszeitraumes überwacht werden (Steinmeyer et al., 2012) können. Um von der Stichprobenauswahl auf die Grundgesamtheit schließen zu können, bedarf es einer zufälligen Auswahl. Das Vorgehen hierfür orientiert sich an den Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen:

Zu „Beginn der Erhebung [wird] die Schrittweite k festgelegt. Aus den ersten k -[Radfahrenden] wird dann die erste zu befragende Person (Startzahl s) zufällig ausgewählt und befragt. Anschließend wird dann jeder weitere k -te [Radfahrende] interviewt. [...] Der Stichprobenanteil entspricht dem Kehrwert der Schrittweite ($1/k$). Der Umfang der Grundgesamtheit ergibt sich am Ende der Untersuchung aus dem Produkt der Anzahl der Befragten und der Schrittweite k .“ (Steinmeyer et al., 2012, S. 77)

Zu beachten ist, dass aufgrund dieses Vorgehens vor der Befragung „nur der Stichprobenanteil und nicht der Stichprobenumfang festgelegt werden“ (Steinmeyer et al., 2012, S. 77) kann. Die Ergebnisse der Befragung werden anschließend mithilfe des Tabellenprogramms Excel statistisch ausgewertet.

Vorgehen bei der Befragung

Durch eine vorherige Ortsbesichtigung wurden Standorte identifiziert, an denen es zu Wartezeiten des Radverkehrs kommt. Diese bieten sich zur Befragung an, da sie kein Eingriff in den fließenden Verkehr darstellen. Dabei wurde der Querschnitt 4.2 ausgewählt, da hier die in Ost-West-Richtung fahrenden Radfahrer:innen an der Lichtsignalanlage auf die Freigabe warten. Die oben beschriebene Stichprobenauswahl konnte nicht angewandt werden, da nicht genügend Radfahrende ihre Bereitschaft zur Befragung signalisierten. Aus diesem Grund wurden alle vorbeifahrenden Radfahrer:innen angesprochen, um möglichst viele zu erreichen und um auf eine ausreichende Anzahl von Befragten zu kommen. Den Radfahrenden wurden die bereits erläuterten Fragen gestellt und die Antworten wurden von mir, als den Befragenden,

auf dem Fragebogen notiert. Diese Vorgehensweise macht es für die Radfahrenden möglich die Fragen schnell zu beantworten. Die Längsschnittuntersuchung mit Mehr-Tages-Befragungen fand an drei Tagen statt (Steinmeyer et al., 2012). Insgesamt wurden 51 Radfahrende befragt. Am Freitag, den 15.10.2021 wurden 10 Radfahrende in der Zeit von 10:45 bis 13:45 Uhr befragt, am Montag, den 18.10.2021 wurden 19 Radfahrende von 12:00 bis 15:40 Uhr befragt und am Dienstag, den 19.10.2021 wurden 22 Radfahrende von 13:30 bis 16:50 Uhr befragt. Das Wetter war am Freitag überwiegend sonnig mit wenigen Wolken und die Temperatur lag bei ca. 12 °C, am Montag war es leicht bewölkt und ungefähr 14°C warm und am Dienstag war es stark bewölkt bei Temperaturen um die 15°C. Der Fragebogen wurde nach dem ersten Befragungstag leicht angepasst, damit die Fragen eindeutiger sind. So wurde die Frage 5 umgewandelt von „Wie bewerten Sie Ihr Sicherheitsgefühl auf einer Skala von 1 bis 10 auf dieser Kreuzung?“ zu „Wie sicher fühlen Sie sich auf einer Skala von 1 bis 10 auf dieser Kreuzung?“. Bei den Fragen zum Verkehrsverhalten wurde der Begriff „Verkehrsverhalten“ durch den Begriff „Fahrverhalten“ getauscht.

2.3 Verkehrskonflikttechnik

Die Vorteile der VKT liegen laut Gstalter & Erke (1985) darin, dass „Konflikte sich eher vollständig und mit kontrollierbarer Zuverlässigkeit beobachten“ (S. 7) lassen. Konflikte treten häufiger auf als Unfälle und können durch die VKT als Prozess beobachtet werden mit den Bedingungen ihrer Entstehung und Lösung. Zudem kann mit der VKT die „allgemeine Qualität des Verkehrsablaufes an einer Verkehrsanlage [...] eingeschätzt werden“ (ebd., S. 7). Ein weiteres Ziel der VKT ist die Identifizierung von Gefährdungspotenzialen im Verkehrsablauf. Besonders wichtig für die Methodik der Bachelorarbeit ist, dass durch die VKT die Verkehrsbeobachtungen standardisiert werden. Um zu vermeiden, dass die Beobachtung von Konflikten durch subjektive Einschätzungen und Präferenzen verfälscht wird, wird sie anhand objektiv definierter Kategorien durchgeführt. Diese Kategorien werden bei der Erfassung der Bewegungslinien (siehe Seite 15) erläutert.

Vorgehen bei der Verkehrskonflikttechnik

Zunächst wird die Anzahl der Bewegungen der Radfahrenden im Verkehrsraum mithilfe der Verkehrszählung (siehe 2.1) erfasst. Die erfasste Verkehrsmenge dient „als Relativierungsgröße für die beobachteten Begegnungen und Konflikte“ (Gstalter & Erke, 1985, S. 15). In einem zweiten Schritt werden Begegnungsfälle und Konflikte des Radverkehrs mit anderen Verkehrsteilnehmenden erfasst. Begegnungen werden von Gstalter & Erke (1985) „als räumliches und zeitliches Zusammentreffen zweier oder mehrerer Verkehrsteilnehmer, die ihr Verhalten rechtzeitig und kontrolliert so aufeinander abstimmen, daß es nicht zu einem Konflikt kommt“ (S. 15) definiert. Diese Erfassung dient der Identifikation von möglichen Herausforderungen und potenziellen Problemlagen des Knotenpunkts. In Abgrenzung dazu, stellen Konflikte reale Probleme der Verkehrsführung dar. Für diese werden im Rahmen dieser Bachelorarbeit Optimierungsmaßnahmen entwickelt.

Begegnungen und Konflikte werden mithilfe von Bewegungslinien dokumentiert. Diese Linien werden pro Knotenpunktbereich erfasst. Dabei wird der Knotenpunkt in einen nördlichen und einen südlichen Teil aufgeteilt (siehe Abbildung 10). Das Verkehrsverhalten der Radfahrenden wird differenziert nach Fahrtrichtung, benutztem Teil der (Rad-)Verkehrsanlage (Radweg, Radfahrstreifen, Furt, Fahrbahn etc.) und Interaktion mit andern Verkehrsteilnehmenden grafisch notiert. Die Erfassung beginnt nach Gstalter & Erke (1985) ab dem Überfahren einer gedachten Linie durch die Radfahrenden (S. 15). Diese gedachte Linie liegt am Beginn und Ende

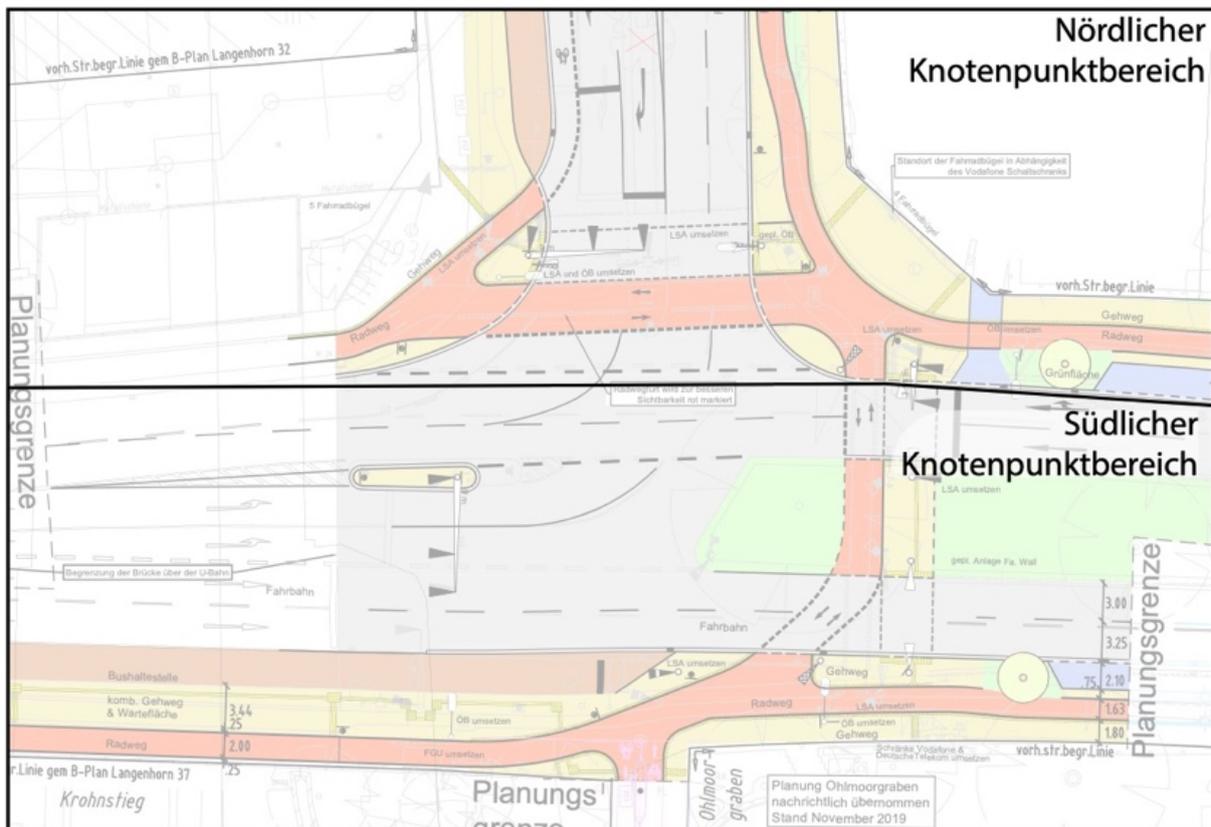


Abbildung 10: Einteilung des Knotenpunkts in zwei Beobachtungsbereiche [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]

des nördlichen beziehungsweise südlichen Knotenpunktbereichs. Die Bewegungslinien werden zusammen mit den auftretenden Konflikten oder Begegnungen dokumentiert. Die Erhebung von Bewegungslinien dient der Überprüfung inwieweit Radfahrende welche Verkehrsflächen nutzen. So können von der Radverkehrsführung abweichende Verhaltensweisen beschrieben werden. Die verschiedenen Wegebeziehungen und die Flächennutzungen der Verkehrsanlage werden durch die Bewegungslinien deutlich. Zudem können präferierte und gemiedene Bereiche der Verkehrsanlage und die Auswirkung der Gestaltung auf das Verkehrsverhalten durch dieses Vorgehen identifiziert werden. Begegnungen und Konflikte werden strukturiert durch einen Erhebungsbogen (siehe Anhang 10.1.3: Dokumentation der Verkehrskonflikttechnik) und eine Stichprobenauswahl erfasst. Dies soll eine möglichst objektive Dokumentation der Konfliktsituationen ermöglichen.

Jeder Beobachtungsbogen fokussiert sich auf einen Knotenpunktbereich. Die Aufteilung des Knotenpunktes in zwei Knotenpunktbereiche erfolgt unter der Maßgabe, dass sie konkret bestimmbar und abgrenzbar sind, dass sie vom Umfang und Raum der Beobachtung den

Beobachtenden nicht überfordern und dass die Beobachtungsräume „nach Verkehrsablauf und Aufgabe für die Verkehrsteilnehmer sinnvolle[] Ausschnitt[e]“ (Gstalter & Erke, 1985, S. 21) bilden.

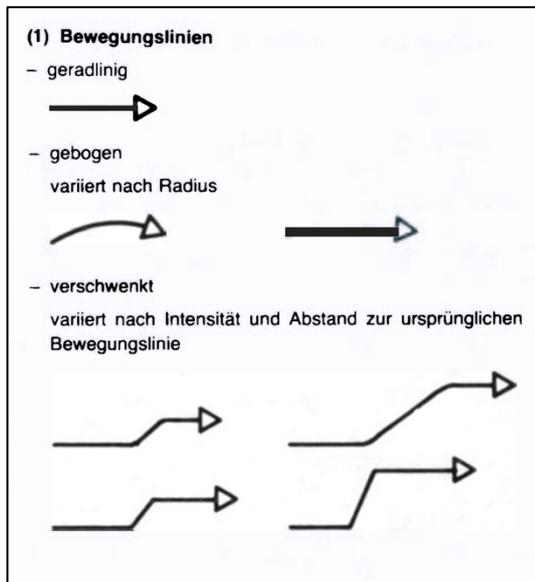


Abbildung 11: Grafische Notierung der Bewegungslinien [Gstalter & Erke, 1985, S. 25]

Die, in diesen Bereichen beobachteten, Bewegungslinien werden durch grafische Notierungen erfasst. Diese Notierungen dokumentieren den Anfang und das Ende der Bewegung, Bewegungsformen, Reaktionsformen, die Art der Beteiligung bei Konflikten und die anderen beteiligten Verkehrsteilnehmer:innen. Die Form der grafischen Notierung (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12) orientiert sich an den Vorschlägen von Gstalter & Erke (1985). Konflikte werden in einer Tabelle dokumentiert, welche die Zeit, die Schwere und die Beteiligten des Konflikts nennt. Mögliche Regelverstöße werden auch in einer Tabelle dokumentiert. Der Kopf des Bogen enthält Informationen über den Ort, die Zeit, den Knotenpunktbereich

und das Wetter. Darunter ist eine Skizze des untersuchten Knotenpunktbereichs abgebildet mit dem „Grundriß der Verkehrsanlage, [den] Markierungen der Fahrstreifen und Furten [und die] Himmelsrichtung bzw. Straßennamen“ (ebd., S. 70).

Die Auswahl der zu erfassenden Radfahrenden orientiert sich an dem auf Seite 13 beschriebenen Stichprobenauswahlverfahren. Laut Gstalter & Erke (1985) ist die Beobachtung an jedem Tag von Montag bis Freitag möglich und zur Bestimmung des Zeitraumes der Beobachtung sollte sich an den Verkehrsmengen orientiert werden. Die Durchführung der Dokumentation der Bewegungslinien fand deshalb an zwei Tagen in jeweils drei Schichten während der Morgens-, Mittags-, und Abendspitze statt. Zur Ermittlung dieser Spitzenstunden wurde die Zählung der Behörde für Verkehr und Mobilitätswende vom 13.06.2017 analysiert (siehe Kapitel 2.1). So wurde der südliche Knotenpunktbereich am Dienstag, den 26.10.2021 und der nördliche Knotenpunktbereich am Donnerstag, den 28.10.2021 jeweils von 07:15 – 08:45, 13:15 – 14:45 und von 16:00 – 17:30 Uhr beobachtet. Bei der Wahl des Beobachtungsstandortes wurde darauf geachtet den Verkehrsfluss und das Verhalten der einzelnen Radfahrenden nicht zu behindern, während gleichzeitig eine gute Sicht auf die Konfliktstellen gewährleistet werden sollte.

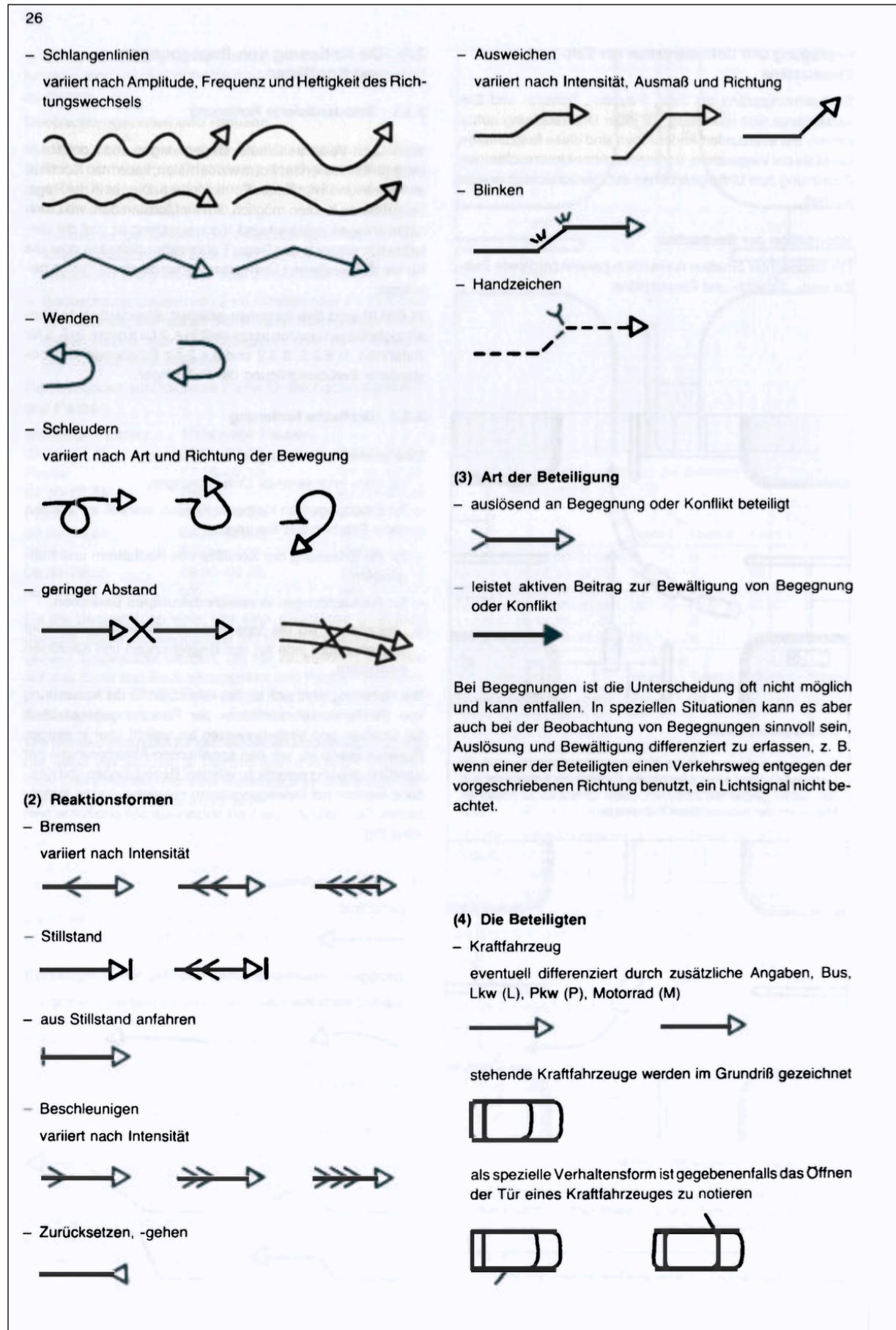
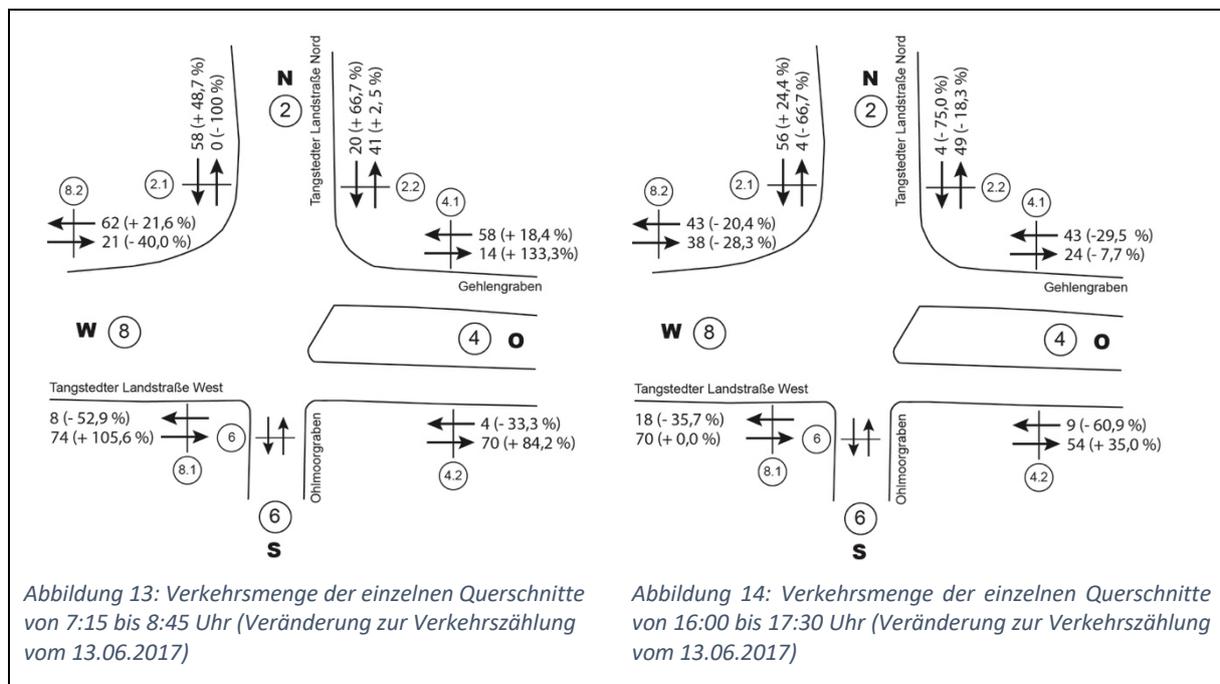


Abbildung 12: Grafische Notierung der Bewegungslinien, Reaktionsformen, Art der Beteiligung und der Beteiligten [Gstalter & Erke, 1985, S. 26]

3 Ergebnis der Konfliktanalyse

3.1 Verkehrszählung

Bei der Verkehrsmengenerhebung (siehe Anhang 10.2.1, 10.2.2 und 10.2.3: Eigene Verkehrszählung am 25.10.2021) wurden während des frühen Erhebungszeitraumes von 7:15 bis 8:45 Uhr insgesamt 430 Bewegungen an den drei Knotenpunktarman gezählt. Dies ist eine Steigerung von 27,2 % gegenüber der Zählung der Verkehrsbehörde vom 13.06.2017. Während des späten Erhebungszeitraumes von 16:00 bis 17:30 Uhr wurden 412 Bewegungen gezählt, was eine Verringerung des Radverkehrsaufkommens von 15,6 % gegenüber der Zählung der Verkehrsbehörde bedeutet. Bezogen auf die einzelnen Querschnitte entsteht kein einheitliches Bild hinsichtlich der Veränderung der Belastungen (siehe Abbildung 13 und Abbildung 14). So sind die Abweichungen zwischen der eigenen Zählung und der Zählung der Verkehrsbehörde teilweise gravierend (Steigerung der Verkehrsmenge der Richtung West nach Ost am Querschnitt 4.1 um 133,3 % in der Spitzenstunde früh) und teilweise nicht vorhanden (keine Veränderung der Verkehrsmenge der gleichen Richtung am Querschnitt 8.1 in der Spitzenstunde spät). Auch bezogen auf einen konkreten Querschnitt und eine Richtung ergeben sich bei der Veränderung der Verkehrsmenge teilweise erhebliche Unterschiede zwischen dem frühen und dem später Erhebungszeitraum. So stellt sich für die Richtung West nach Ost am Querschnitt 8.1 für die Spitzenstunde früh eine Steigerung von 105,6 % dar, während es zur Spitzenstunde spät keine Veränderung gibt. Die folgenden Darstellungen zeigen die absolute Verkehrsmenge der eigenen Zählung und die Veränderung zur Behördenverkehrszählung pro Querschnitt und Richtung.



Dieses Bild der ungleichen Veränderungen wird vervollständigt durch den Vergleich der Tagesganglinie der Behördenverkehrszählung mit der eigenen Zählung (siehe Abbildung 15). So ist während der frühen Erhebungszeit von 7:15 bis 8:45 Uhr ein deutlicher Anstieg erkennbar. Im Gegensatz dazu liegen die Ergebnisse der eigenen Zählung im späten Erhebungszeitraum von 16:00 bis 17:30 Uhr unter den Zahlen der Verkehrsbehörde. Die Ausschläge der höchsten Verkehrsmengen der beiden Erhebungszeiträume verteilen sich auf ungefähr dieselben Zeiträume wie bei der Behördenzählung. Besonders deutlich wird dies in der Spitzenstunde früh. Hier ist die Verkehrsmenge mit einem hohen Schulverkehrsanteil zu erklären.

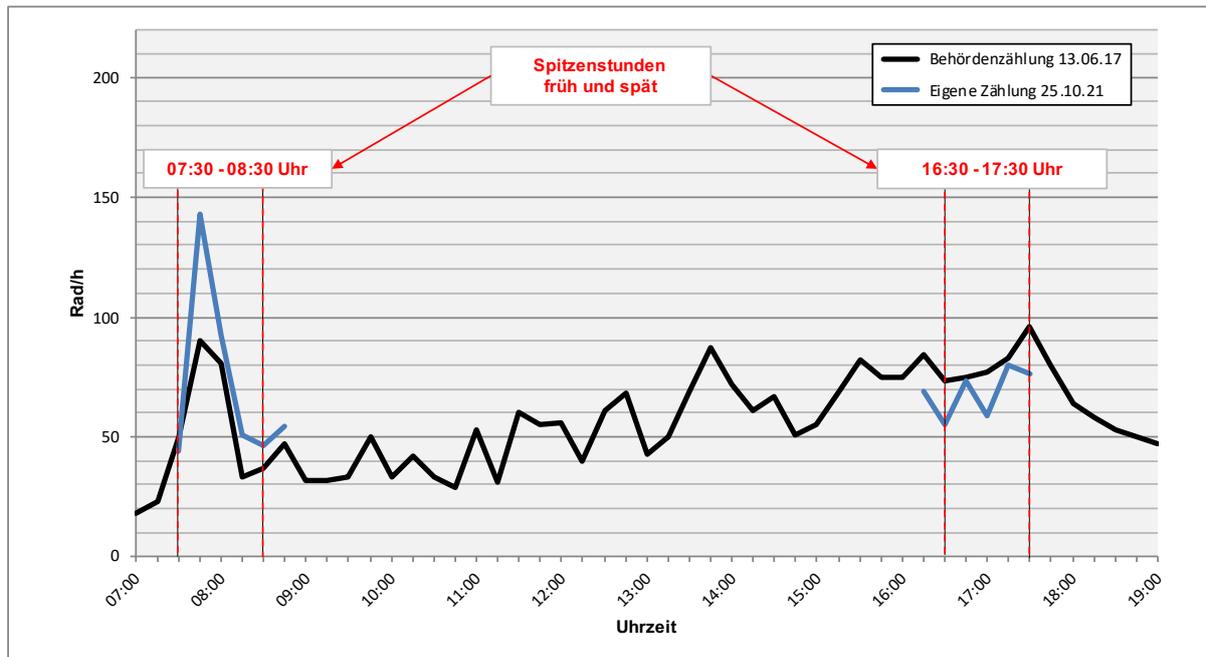


Abbildung 15: Vergleich der Tagesganglinien der Zählungen vom 13.06.2017 und 25.10.2021

3.2 Befragung von Radfahrenden

3.2.1 Merkmale der befragten Radfahrenden

Insgesamt wurden 51 Radfahrende befragt, davon waren 51,0 % männlich und 49,0 % weiblich. Keine befragte Person gab divers als Geschlecht an. Die Verteilung der Befragten auf die Altersgruppen kann der nachfolgenden Abbildung 16 entnommen werden.

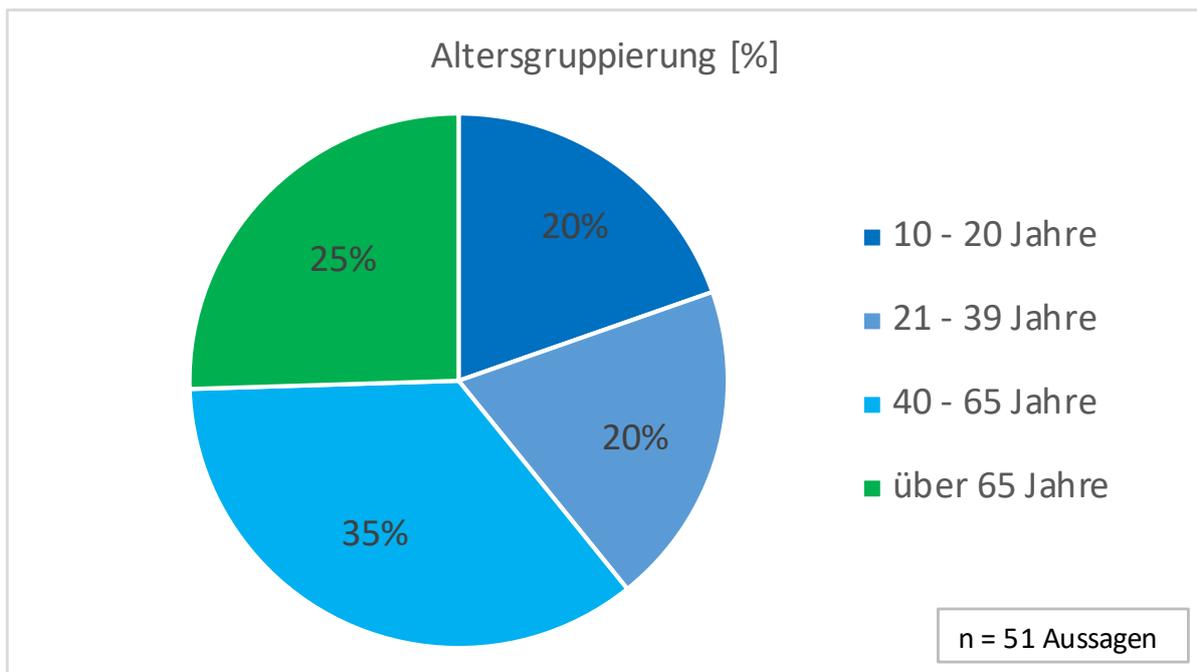


Abbildung 16: Altersstruktur der befragten Radfahrenden

Der Großteil der Befragten (78 %) benutzt das Rad täglich bzw. fast täglich. Der restliche Anteil der Befragten (22 %) gab an, das Fahrrad an ein bis drei Tagen in der Woche zu nutzen. Keiner der Befragten antwortete, dass Fahrrad an ein bis drei Tagen im Monat oder seltener als monatlich zu nutzen. Der hohe Anteil der Radfahrenden, welcher das Fahrrad täglich bzw. fast täglich nutzt, lässt sich unter Umständen dadurch erklären, dass „Vielnutzer bei dieser Art der Erhebung [Vor-Ort-Befragung] eine höhere Chance haben, in die Stichprobe zu gelangen“ (Fuchs & Pfeiffer, 2009, S. 15).

Die meisten Befragten (32,8 %) gaben an, das Fahrrad für Freizeitwege zu nutzen, weitere Fahrtzwecke waren Einkaufen (24,1 %), gefolgt von privaten Erledigungen und Arbeit (beide 16,8 %). Weniger oft wurde Schule bzw. Ausbildungsstätte (5,8 %), das Holen und Bringen von Personen (2,2 %) und geschäftliche Fahrten genannt (1,5 %). Aufgrund der Möglichkeiten Mehrfachnennungen anzugeben, wurden insgesamt 137 Angaben gemacht (siehe Abbildung 17).

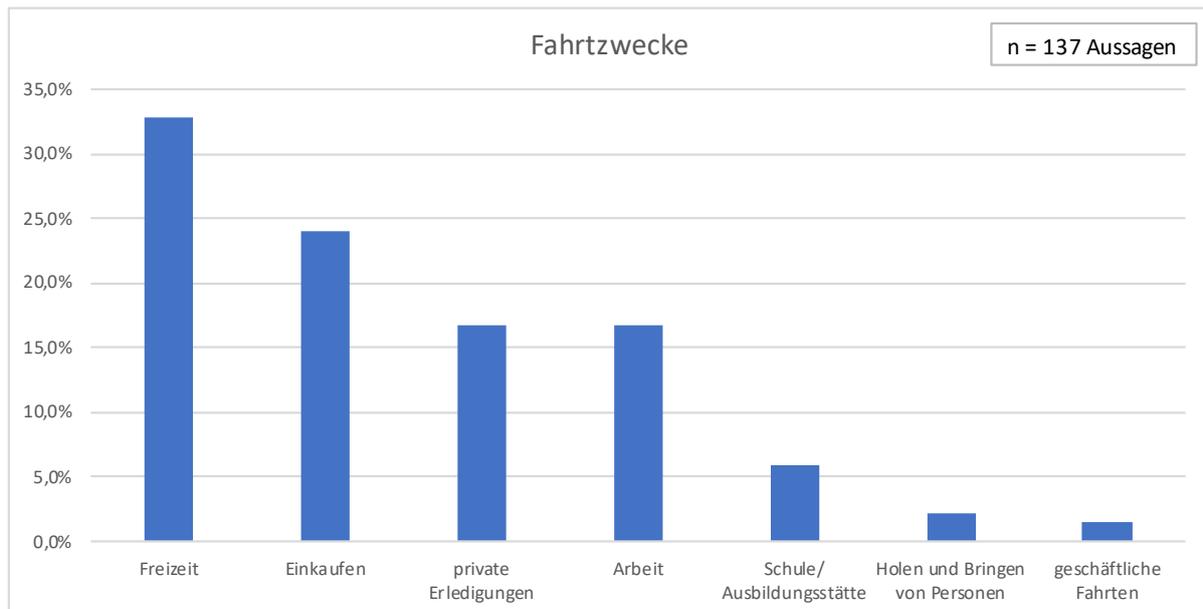


Abbildung 17: Angaben zu den Fahrtzwecken (Mehrfachnennungen möglich)

Von den 51 Radfahrenden haben 86,3 % ein Fahrrad ohne Elektroantrieb, 13,7 % haben ein E-Bike genutzt. Keiner der Befragten fuhr mit einem Lastenrad.

3.2.2 Die Rahmenbedingungen der Verkehrsteilnahme und die Einstellungen in Bezug auf den Knotenpunkt

Der Großteil der Befragten befährt den Knotenpunkt häufiger in der Woche. So antworteten 55 % der Befragten, ihn täglich, bzw. fast täglich zu nutzen und 39 % gaben an ihn an ein bis drei Tagen die Wochen zu befahren. Die restlichen drei Personen befahren den Knotenpunkt an ein bis drei Tagen im Monat oder seltener. Für die nächste Frage sollte das eigene Sicherheitsempfinden beim Befahren des Knotenpunktes auf einer Skala von 1 = „sehr unsicher“ bis 10 = „sehr sicher“ eingeschätzt werden. Die meisten Befragten fühlen sich sicher bis sehr sicher. So liegt der arithmetische Mittelwert für das subjektive Sicherheitsempfinden bei 7,78. Die Box-Plot-Darstellung (siehe Abbildung 18) zeigt, dass der Quartilsabstand zwischen 7 und 9 liegt. Dabei ist einzuwenden, dass die Box tatsächlich einen größeren Wertebereich abbildet, so liegen 58,8 % der Werte zwischen 7 und 9. Dies hängt damit zusammen, dass die bipolare Ratingskala nur ganze Zahlen als Antwort zulässt und damit eine genaue Angabe des Quartilsabstand nicht möglich ist. Das bedeutet, dass mehr als jeder zweite Teilnehmende bei der Frage nach dem Sicherheitsgefühl einen Wert zwischen 7 und 9 angegeben hat. Weiterhin ist auffällig, dass 21,6 % der Daten über 9 liegen. Folglich hat mehr als jede fünfte Person den besten Wert für das subjektive Sicherheitsempfinden angegeben. In Richtung der geringen Bewertung des Sicherheitsgefühls gibt es zwei Ausreißer.

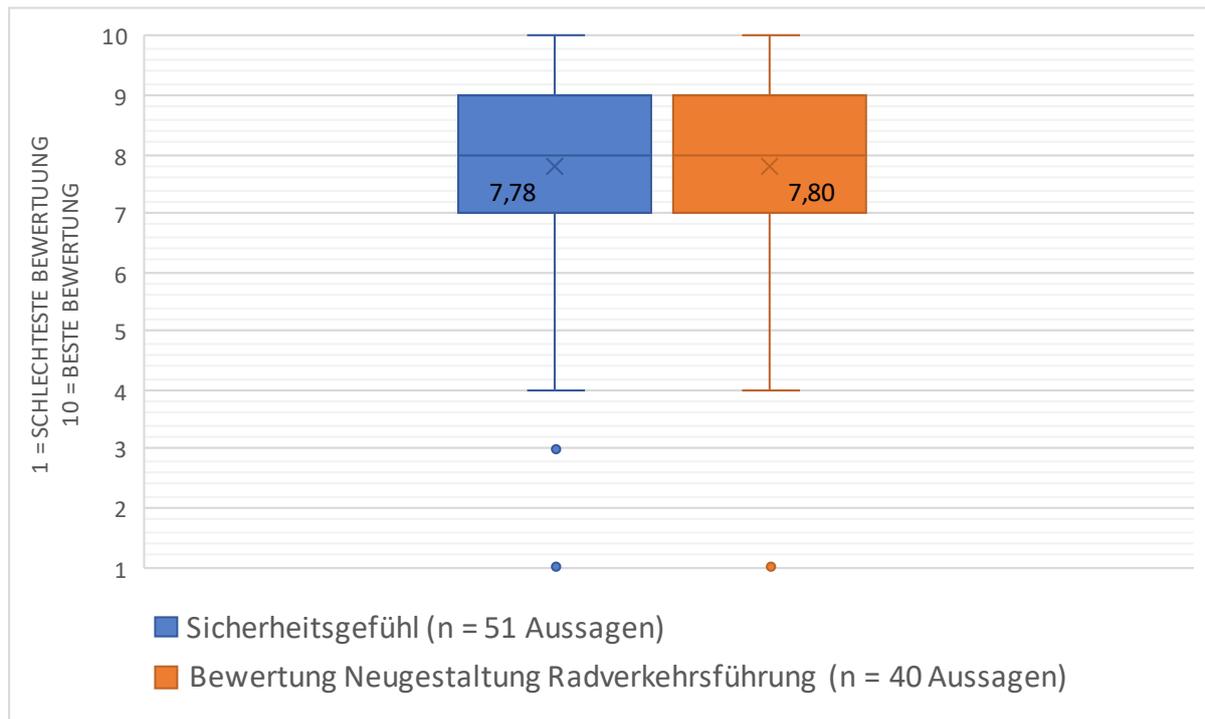


Abbildung 18: Box-Plot-Grafik zum subjektiven Sicherheitsgefühl und zur Bewertung der Neugestaltung der Radverkehrsführung

Die Radfahrenden sollten die Neugestaltung der Radverkehrsführung an dem Knotenpunkt von 1 = „gar nicht gut“ bis 10 = „sehr gut“ bewerten. Dabei ist ein ähnliches Bild wie bei der Bewertung des Sicherheitsgefühls entstanden. Ein Großteil bewertet die Neugestaltung der Radverkehrsführung mit einer guten bis sehr guten Einschätzung. Der arithmetische Mittelwert liegt nahezu identisch bei 7,80 der Quartilsabstand liegt zwischen 7 und 9 und die beiden Whisker reichen ebenfalls von 4 bis 10. Der Bereich von 7 bis 9 bildet 57,5 % der Daten ab. Im Gegensatz zum Sicherheitsgefühl liegen 15,7 % der Daten über 9, es haben also weniger als jeder sechste die Neugestaltung mit sehr gut bewertet. Es gibt nur einen Ausreißer (1), welcher den dreifachen Quartilsabstand (2) vom unteren Quartil entfernt ist.

Im nächsten Schritt sollte das Verkehrsverhalten des Kfz-, Rad- und Fußverkehrs bewertet werden. Die Ratingskala geht von 1 = „sehr rücksichtslos“ bis 5 = „sehr rücksichtsvoll“. Dabei wurde das Verkehrsverhalten der drei Gruppen als eher rücksichtsvoll beschrieben (siehe Abbildung 19). Das Kfz-Verkehrsverhalten wurde am besten bewertet, hier liegt der Mittelwert bei 3,50. 66,6 % der Befragten haben eine Bewertung zwischen 3 und 4 angegeben und jeder fünfte hat die beste Bewertung angegeben. Bei dem Radverkehrsverhalten liegt der Mittelwert bei 3,20. Hier haben 65,3 % der Befragten einen Wert zwischen 3 und 4 angegeben und jeder Zehnte hat angegeben, dass sich der Radverkehr sehr rücksichtsvoll verhält. Beim Fußverkehr liegt der Mittelwert bei 3,16. Hier haben 64,0 % eine mittlere bis gute Bewertung angegeben. Wie bei dem Radverkehr hält jede zehnte Person die Zufußgehenden in ihrem Verkehrsverhalten für sehr rücksichtsvoll. Beim Antwortverhalten fiel es den Befragten teilweise schwer eine eindeutige Antwort zu geben, so wurde öfter die Aussage getätigt, dass es „solche und solche“ gibt.

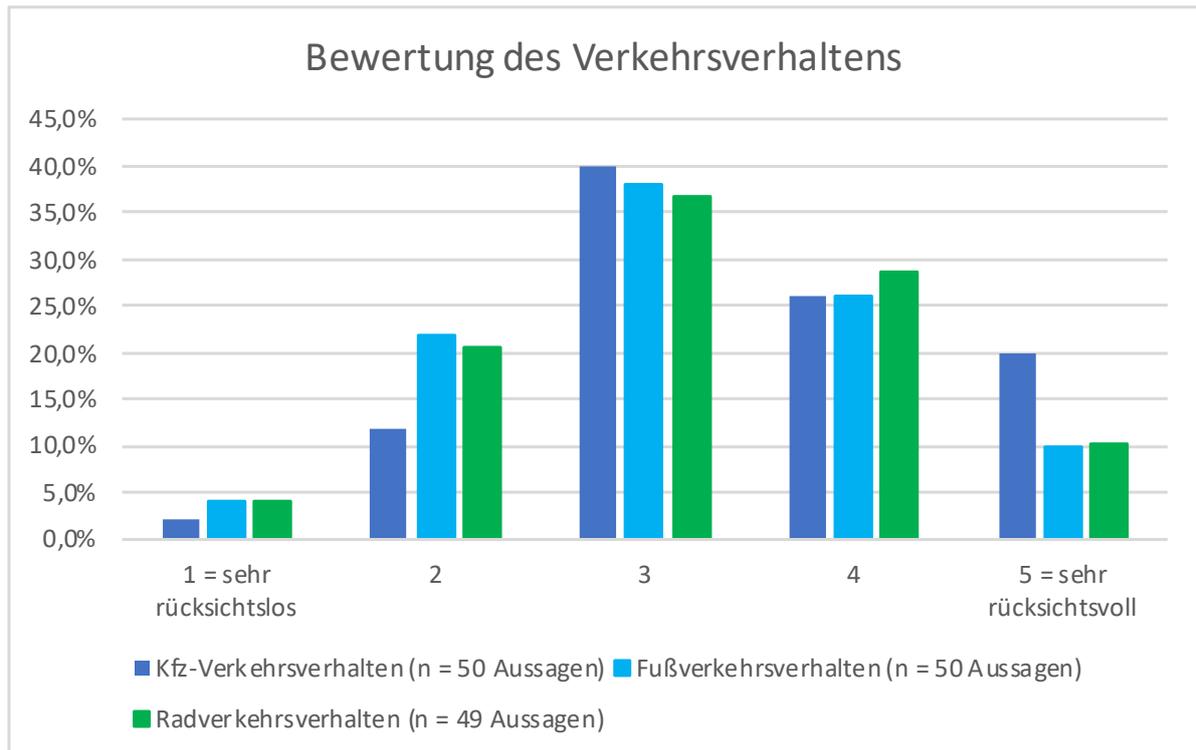


Abbildung 19: Bewertung des Verkehrsverhaltens

Einstellungen in Bezug auf den Knotenpunkt

Auf die Frage, welche Verkehrsfläche die Radfahrenden an dem Knotenpunkt verwenden, haben 49 (96,1 %) mit Radverkehrsanlage geantwortet, 4 gaben an den Gehweg zu nutzen und 3 fahren teilweise auch auf der Straße. Es konnten Mehrfachantworten gegeben werden, weshalb es zu 56 Aussagen kam. Auf die Fragen nach dem Grund für diese Flächennutzung („Warum fahren Sie auf diesen Flächen?“) haben die meisten (44,8 %) mit Regelkenntnis geantwortet. Danach folgen die Antworten Sicherheit (29,3 %) und Fahrkomfort (15,5 %), nur sehr wenige haben Schnelligkeit (6,9 %) oder Gewohnheit (2,4 %) angegeben. Niemand hat die Flächenwahl mit Quelle/ Ziel beantwortet. Für diese Fragen waren Mehrfachantworten möglich (siehe Abbildung 20). Zusätzlich zu diesen vorgegeben Antwortmöglichkeiten gab es noch die Möglichkeit andere Gründe zu nennen. Sieben Personen haben dies getan und folgenden Antworten gegeben:

- „eindeutige Kennzeichnung des Radwegs“
- „um das Rad nicht mit Kastanienschalen zu beschädigen“
- „Strafe von der Polizei für das regelwidrige Befahren der falschen Radwegseite“
- „der gute Zustand“
- „ein Unfall mit einem Zufußgehenden“
- „die doppelte Richtung des Radwegs“
- „um ein Vorbild für Kinder zu sein“

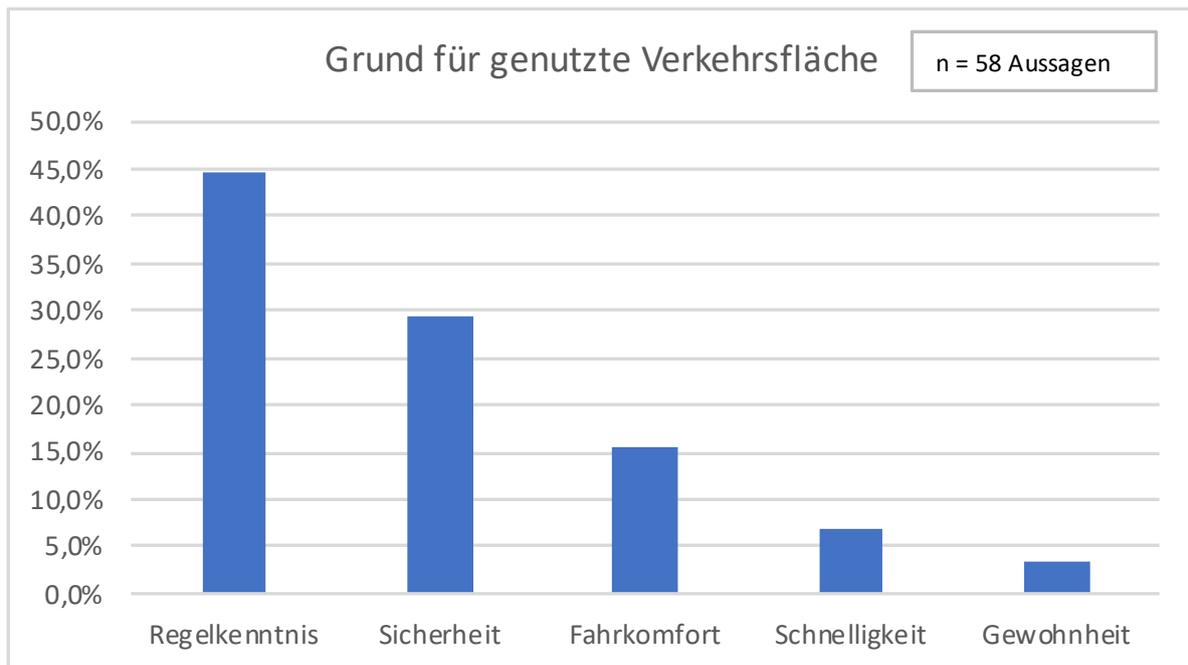


Abbildung 20: Grund für genutzte Verkehrsfläche (Mehrfachnennungen möglich)

Die schon beschriebene Frage nach der Bewertung der Neugestaltung der Radverkehrsführung ist eine indirekte Filterfrage für die Fragen 13 bis 16. Bei den Fragen 13, 14 und 16 handelt es sich um offene Fragen. Es wurde erst gefragt, welche positiven Änderungen der Neugestaltung den Radfahrenden aufgefallen sind, dann wurde nach negativen Aspekten gefragt und als letzte Frage sollten Verbesserungsvorschläge genannt werden. Auffallend ist, dass den Befragten mehr positive Aspekte aufgefallen sind als negative. So wurden 62-mal Verbesserungen und 29-mal Verschlechterungen genannt.

Um die Antworten auf die offenen Fragen möglichst strukturiert darzustellen und gleichzeitig das vorhandene Datenmaterial zu reduzieren, wird die *qualitative Inhaltsanalyse* nach Mayring (2002) angewandt. Das „Ziel der Analyse ist es, das Material so zu reduzieren, dass die wesentlichen Inhalte erhalten bleiben“ (Mayring, 2002, S. 115), welche abstrahiert das Gesamtmaterial abbilden. Es wird ein „am Material entwickeltes Kategoriensystem“ (Mayring, 2002, S. 114) angewandt, welches das Gesamtmaterial anhand dieser Kategorien reduziert und es so ermöglicht das Gesamtmaterial quantitativ auszuwerten. So werden im Folgenden die am häufigsten codierten Kategorien dargestellt. Zur Festlegung der Kategorien wurde das Material schrittweise durchgesehen und hinsichtlich der Fragestellung analysiert. Da es bei der Fragestellung um die Evaluation der Radverkehrsführung geht, wurden diese Kategorien aus dem Material entwickelt:

- Art der Radverkehrsanlage,
- bauliche Qualität der Radverkehrsanlage,
- Fahrkomfort,
- Markierung der Radverkehrsanlage,
- optische Qualität,
- Pflege der Radverkehrsanlage,

- Qualität der Radverkehrsanlage hinsichtlich der Nutzung,
- Sicherheit,
- Signalisierung des Radverkehrs,
- Verbesserung hinsichtlich der Radwegsführung und
- Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer:innen.

Am häufigsten wurden verbesserte Aspekte der baulichen Qualität der Radverkehrsanlage (RVA) (33,9 %) genannt, danach folgt die positive Wahrnehmung der Markierung der RVA (25,8 %), geringer sind Angaben zur verbesserten Signalisierung (12,9 %). Zudem wurde sechsmal die verbesserte Nutzungsqualität der Radverkehrsanlagen (9,7 %) und fünfmal die optimierte Radwegsführung (8,1 %) genannt. Die restlichen Kategorien wurden jeweils nur einmal genannt (siehe Abbildung 21).

Bei der Kategorie „bauliche Qualität der RVA“ wurde bei den 21 Angaben, 12-mal die breiteren Radwege als Verbesserung erwähnt. Für die Kategorie „Markierung der RVA“ wurde achtmal die rote Markierung als positive Änderung erwähnt.

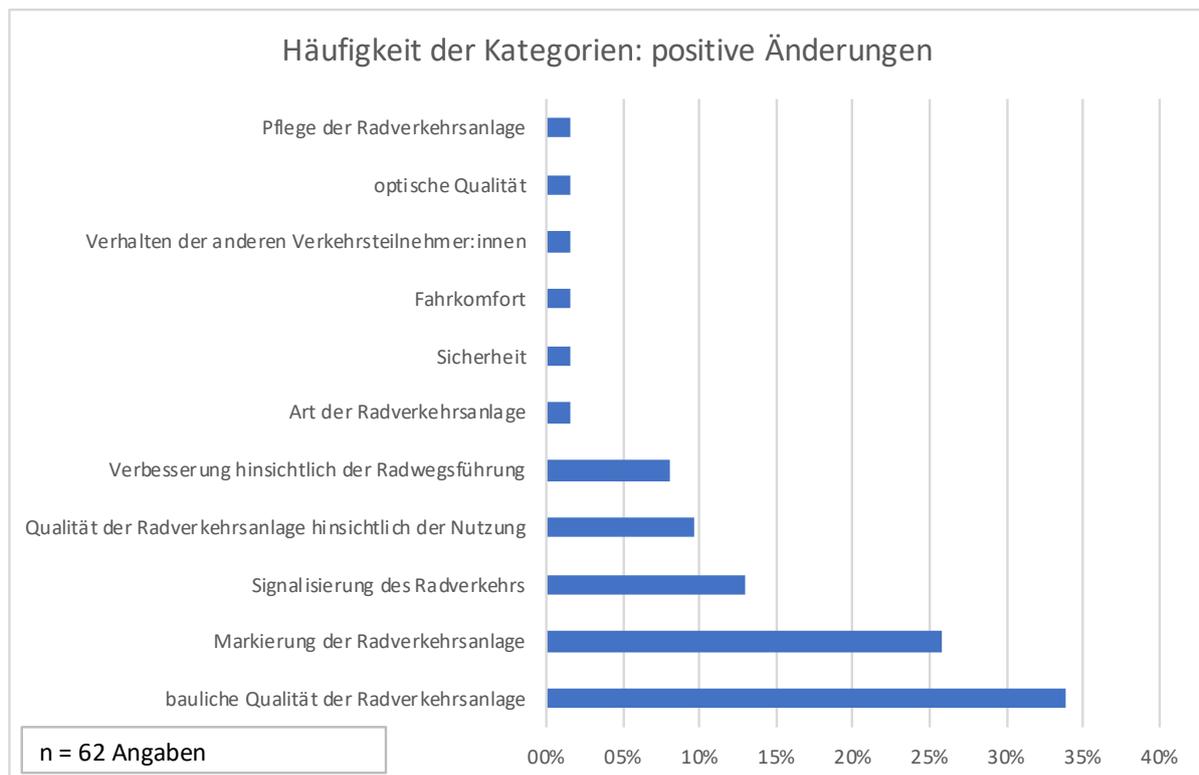


Abbildung 21: Verteilung der Kategorien zu positiven Änderungen der Radverkehrsführung (Mehrfachnennungen möglich)

Bei den negative Änderungen wurden die folgenden Kategorien entwickelt:

- Radwegsführung,
- Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer:innen,
- bauliche Qualität der Radverkehrsanlage,
- Signalisierung des Radverkehrs,
- Qualität der Radverkehrsanlage hinsichtlich der Nutzung,
- Verschlechterung für den Kfz-Verkehr,

- Allgemeine Qualität der Radverkehrsanlage,
- Nutzung der haptischen Orientierungssteine und Pflege der Radverkehrsanlage.

Dabei wurden am häufigsten Angaben zur negativen Änderung der Radwegsführung gemacht (34,5 %). Vor allem die inkonsistente Radwegsführung, was die Richtung der Radwege betrifft, wurde kritisiert. Danach wurde das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer:innen als negative Folge der Umgestaltung angegeben (27,6 %). Hierbei geht um den süd-westlichen Radweg, welcher südlich der Wartefläche des Buses verläuft und sehr oft von Zufußgehenden genutzt wird. Dieses Verhalten wurde ebenso während der Beobachtung im Zuge der Verkehrskonflikttechnik festgestellt. Die weiteren Kategorien wurden nur vereinzelt genannt (siehe Abbildung 22).

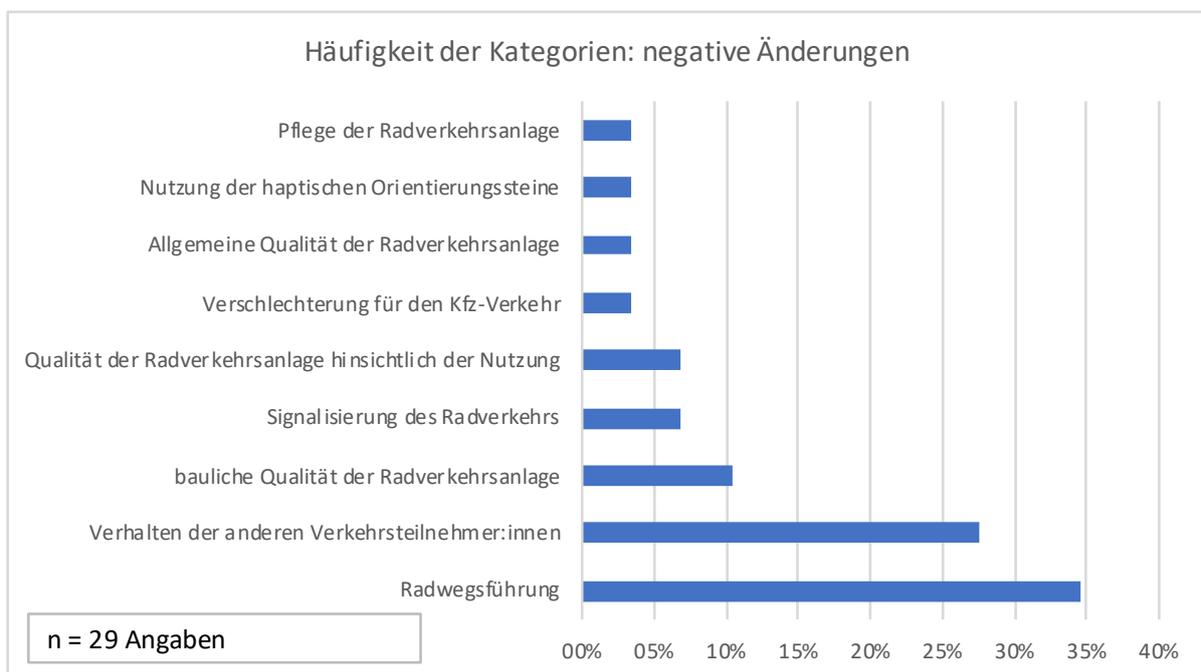


Abbildung 22: Verteilung der Kategorien zu negativen Änderungen der Radverkehrsführung

Insgesamt haben 44 der Befragten die Frage 13 zur Veränderung des eigenen Fahrverhaltens beantwortet. Bei 40,9 % der Befragten hat sich das Fahrverhalten seit der Neugestaltung verändert. Diese haben 23 Angaben dazu gemacht, inwiefern sich ihr Fahrverhalten seit der Neugestaltung verändert hat. Davon sind 70,8 % positive Veränderung und 29,2 % negative Veränderungen des Fahrverhaltens. Vier Angaben beziehen sich auf eine veränderte Nutzung der Radverkehrsanlagen. Dabei wurden folgenden Punkte genannt:

- Radweg wird häufiger genutzt
- Fährt häufiger auf nord-westlicher Furt (zweimal)
- Fährt schneller und aggressiver, um noch während der Grünphase über die nördliche Furt zu kommen

Von den 19 Angaben sagen 47,4 %, dass sie seit der Neugestaltung sicherer fahren. Die weiteren Angaben sind in dem folgenden Diagramm ersichtlich (siehe Abbildung 23):

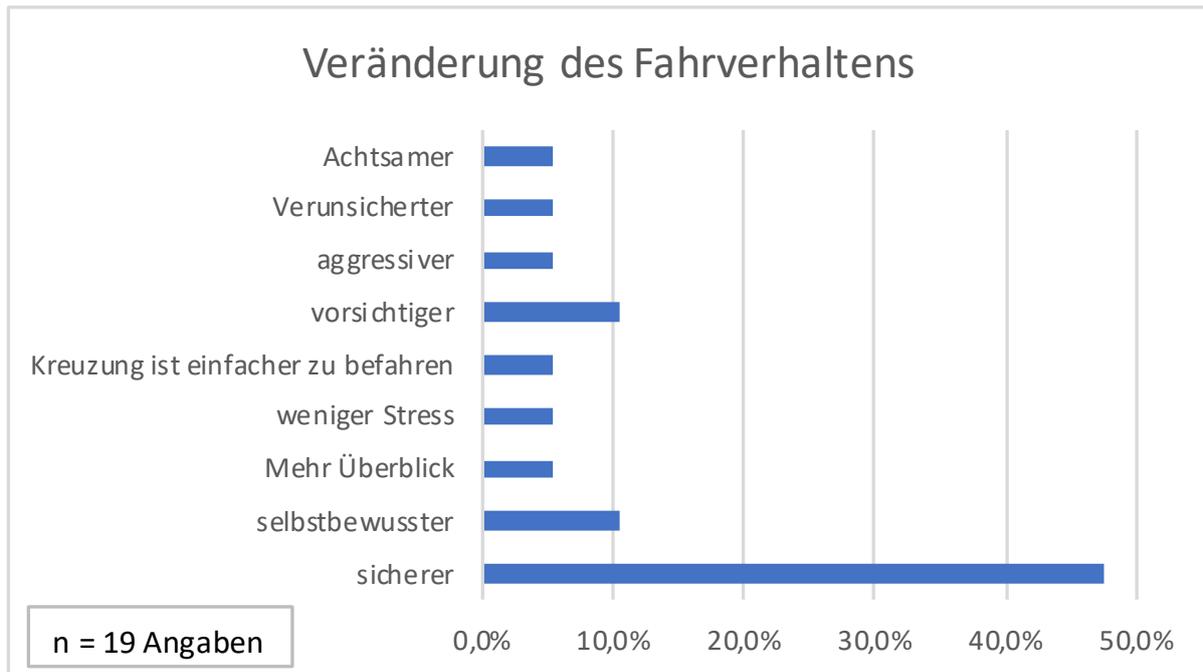


Abbildung 23: Genannte Veränderungen des Fahrverhaltens

Am Ende des Fragebogens wurde nach Verbesserungsvorschlägen für die Radverkehrsführung an dem Knotenpunkt gefragt. Es wurden 18 Antworten gegeben. Die Antworten wurden in die folgenden Kategorien unterteilt:

- Süd-westlichen Radweg anpassen,
- Verkehrsverhalten der anderen Verkehrsteilnehmer:innen verbessern,
- Signalisierung verbessern,
- Rad- und Fußverkehrsführung an östlicher Furt verbessern,
- Radverkehrsführung in Nord-Süd-Richtung verbessern,
- Richtung der Radwege eindeutig festlegen und
- Ausstattung des Knotenpunkts.

Dabei wurden am häufigsten die Vorschläge genannt, dass sich das Verkehrsverhalten der anderen Verkehrsteilnehmer:innen (22,2 %) verbessern und dass der süd-westliche Radweg (22,2 %) angepasst werden soll. Die Häufigkeit der weiteren Kategorien lassen sich dem folgenden Diagramm entnehmen (siehe Abbildung 24):

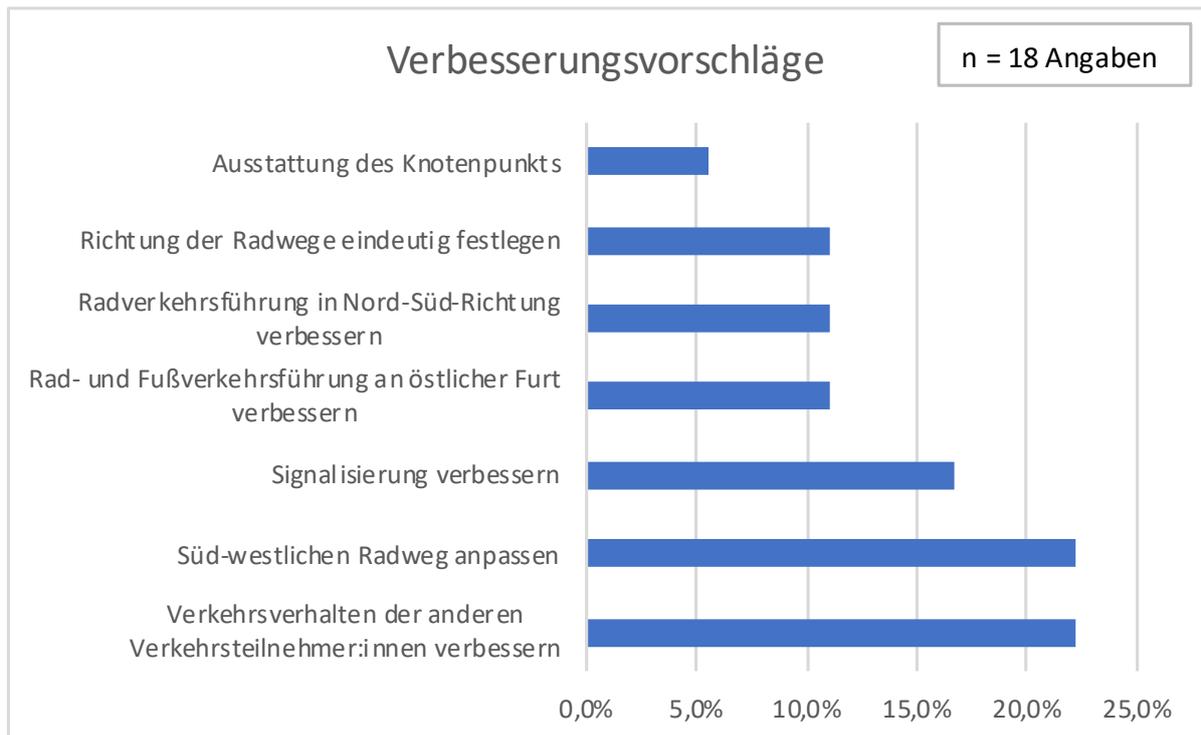


Abbildung 24: Häufigkeit der Kategorien für Verbesserungsvorschläge

In der folgenden Abbildung 25 sind die angegebenen Konfliktpunkte der befragten Radfahrenden an dem Knotenpunkt zu sehen. Die Darstellung zeigt die Konflikte differenziert nach den Konfliktgegner:innen (rot = Konflikte mit Fußgänger:innen, orange = Kfz, blau = andere Radfahrende, Grün = Busse). Es werden nur Konflikte dargestellt, welche öfter als einmal genannt wurden, um Einzelfälle auszuschließen. Teilweise wird die Fahrtrichtung der Konfliktgegner:innen zur besseren Einordnung des Konflikts mitangegeben. Insgesamt wurden 56 Angaben zu Konflikten an dem Knotenpunkt gemacht. Deutlich erkennbar ist, dass die Konflikte mit Zufußgehenden am süd-westlichen Radweg überwiegen. Dieser Konflikt wurde 22-mal genannt. Weitere Konflikte traten an verschiedenen Stellen mit Fußgänger:innen auf, welche regelwidrig den Radweg nutzen oder ihn kreuzen. Am nord-westlichen Radweg wurden viermal Konflikte mit dem linksseitigen Radverkehr genannt. Am Radfahrstreifen am nördlichen Knotenpunktarm wurden dreimal Konflikte mit ausscherenden Linienbussen beschrieben. Zu den Konflikten mit dem Kfz-Verkehr, welche ausschließlich die nördliche Furt betreffen, ist zu sagen, dass der Konflikt zwischen dem geradeausfahrenden Radverkehr und dem rechtsabbiegenden Kfz-Verkehr in der aktuellen Bestandssituation nicht mehr auftreten sollte. Diese beiden bedingt verträglichen Verkehrsrichtungen werden nicht gleichzeitig freigegeben. Hier treten die Konflikte nur auf, wenn einer der beiden Konfliktgegner:innen über Rot fährt oder es aufgrund anderer Umstände (z.B. Rückstau) zu einem verspäteten Rechtsabbiegen des Kfz-Verkehrs während der Grünphase des Rad- und Fußverkehrs kommt. Die Konfliktsituation des linksabbiegenden Kfz-Verkehrs und dem geradeausfahrenden Radverkehr tritt vor allem bei linksabbiegenden Bussen auf.

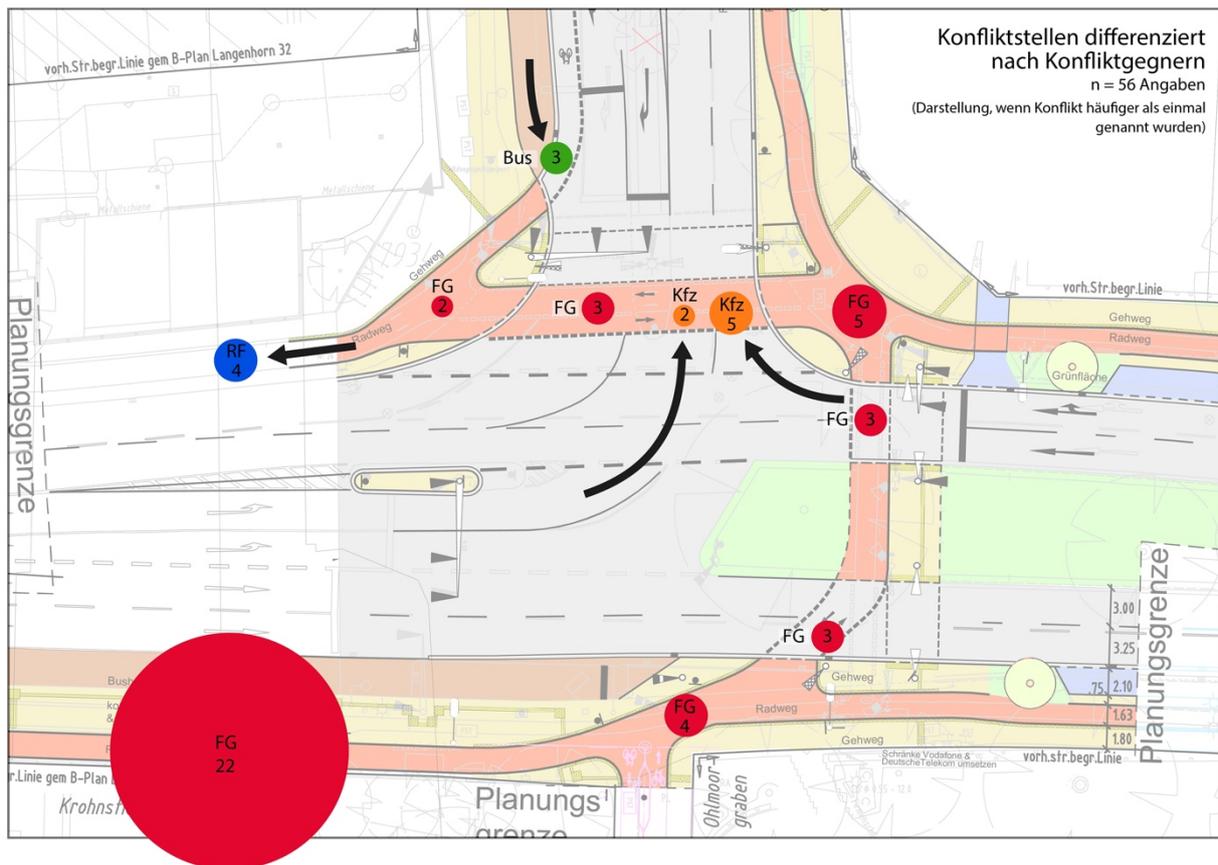


Abbildung 25: Genannte Konfliktpunkte durch befragte Teilnehmende [Eigene Darstellung basierend auf einer Plangrundlage des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) Hamburg]

3.2.3 Diskussion der Repräsentativität der Stichprobe

In dieser Auswertung werden nur bestimmte Eigenschaften der Teilnehmenden der Befragung beschrieben, ohne den Anspruch erheben zu wollen, etwas über eine mögliche Grundgesamtheit auszusagen (Steiner & Benesch, 2018). Dieser Anspruch ist schwer erfüllbar, da die durchgeführte Form der Befragung keine repräsentative Stichprobe, also eine Stichprobe welche „die wesentlichen Charakteristika der Grundgesamtheit widerspiegelt“ (Steiner & Benesch, 2018, S. 19) zulässt. Dies hängt erstens damit zusammen, dass alle Radfahrenden angesprochen wurden, um eine ausreichend große Personenanzahl für die Befragung zu erreichen. Es wurde dementsprechend kein Stichprobenverfahren angewandt. Zweitens bevorzugt diese Art der Befragung Personen, die häufiger mit dem Fahrrad fahren und deshalb wahrscheinlicher befragt werden. Es hat also nicht „jedes Merkmal die gleiche Wahrscheinlichkeit, in die relevante Stichprobe gezogen zu werden“ (Steiner & Benesch, 2018, S. 21), was die Voraussetzung für eine einfache Zufallsstichprobe wäre. Außerdem wären die Daten für die Grundgesamtheit (Gesamtheit aller Radfahrenden, welchen den Knotenpunkt befahren) notwendig, um die Repräsentativität der vorliegenden Daten beurteilen zu können (Fuchs & Pfeiffer, 2009). Diese sind jedoch nicht vorhanden und wären auch schwer zu ermitteln, da sich diese Grundgesamtheit, mit jeder Person, welche den Kreuzungspunkt zum ersten Mal befährt, erweitert.

3.3 Verkehrskonflikttechnik

3.3.1 Auswertung der Regelverstöße

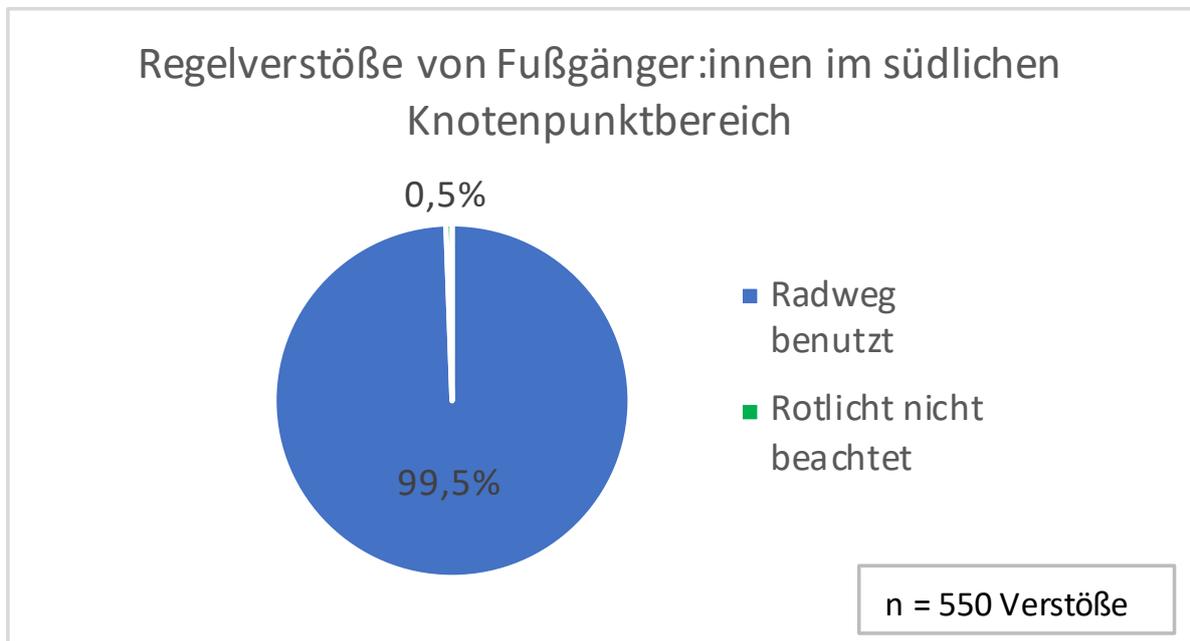


Abbildung 26: Darstellung der Regelverstöße im südlichen Bereich

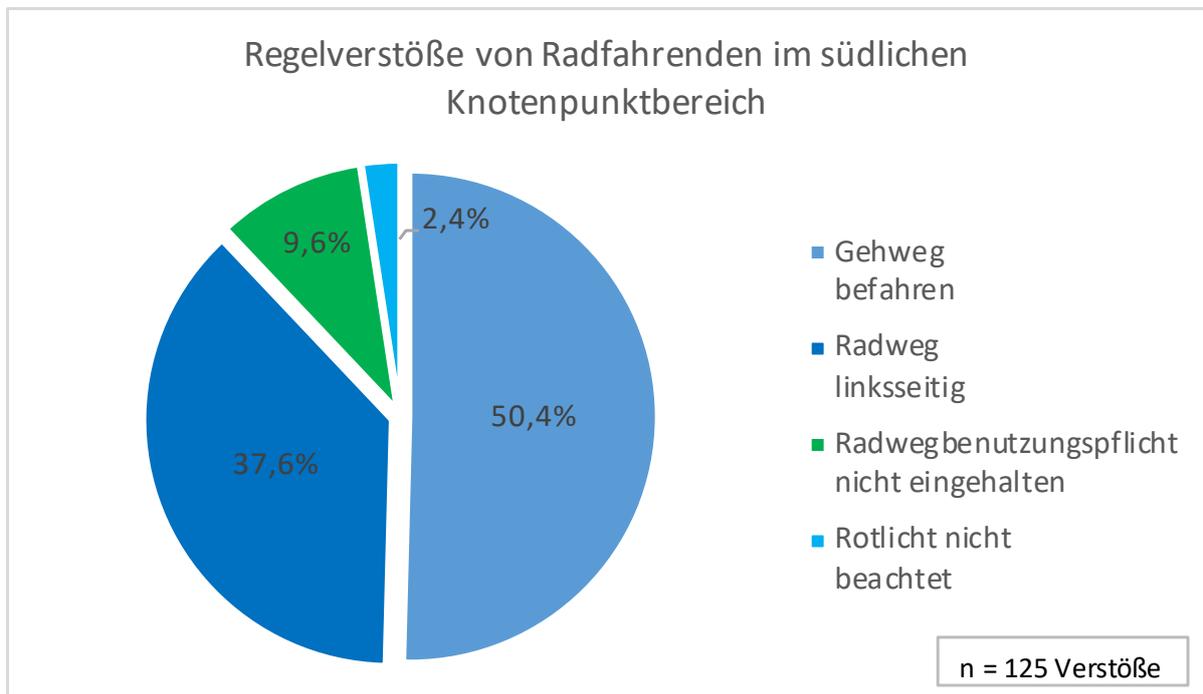


Abbildung 27: Darstellung der Regelverstöße im südlichen Bereich

Während der Beobachtungen im Rahmen der VKT wurden Regelverstöße dokumentiert. Die möglichen Verstöße waren die folgenden:

- Rotlicht nicht beachtet,
- Radweg linksseitig benutzt,

- Radwegbenutzungspflicht nicht eingehalten,
- Gehweg regelwidrig befahren,
- Radweg regelwidrig benutzt

und wurden den jeweiligen Verkehrsteilnehmer:innen (Radfahrer:innen, Zufußgehende etc.), soweit dies sinnvoll war, zugeordnet (siehe Anhang 10.1.3: Dokumentation der Verkehrskonflikttechnik). Die Auswertung dieser Verstöße bringt überraschende Erkenntnisse. So waren im südlichen Knotenpunktbereich mehr als doppelt so viele Regelübertretungen (677) zu beobachten wie im nördlichen Knotenpunktbereich (253). Dies hängt mit den Zufußgehenden zusammen, welche sehr häufig den süd-westlichen Radweg südlich der Buswartefläche nutzen. Die planerische Konzeption sieht vor, dass die Fußgänger:innen den Gehweg, welcher mit der Buswartefläche kombiniert wurde, nutzen. Auch auf der östlichen Furt nutzten viele Zufußgehende den Radweg. Dies führt dazu, dass im südlichen Bereich, während der 4½-stündigen Beobachtungszeit 547 Fußgänger:innen beobachtet wurden, welche regelwidrig den Radweg begingen. Andere Regelwidrigkeiten beschränkten sich auf drei Überschreitungen während der Rotphase (siehe Abbildung 26). Die Regelverstöße des Radverkehrs waren deutlich geringer. Hier kam es in derselben Zeit zu 125 Verstößen im südlichen Knotenpunktbereich (siehe Abbildung 27). Die am häufigsten auftretenden Regelwidrigkeiten waren, dass Gehwege von Radfahrenden (50,4 %) und dass Radwege entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung (37,6 %) befahren wurden. Das Befahren des Gehwegs betraf hauptsächlich den Ohlmoorgraben, welcher sich in südlicher Richtung an den Knotenpunkt (KP) anschließt und aktuell für den Radverkehr gesperrt ist (siehe Abbildung 28). Das führt dazu, dass die Radfahrenden stattdessen auf dem Gehweg daneben fahren. Das regelwidrige Befahren des Radweges



Abbildung 28: Gesperrter Radweg am Ohlmoorgraben

auf der falschen Seite belastet vor allem am süd-westlichen Radweg zusammen mit falschgehenden Fußgänger:innen die aktuelle Verkehrssituation zusätzlich. Die regelwidrige linksseitige Belastung lässt sich auch den Zahlen der Verkehrszählung und den Bewegungslinien entnehmen (siehe Kapitel 3.1 Verkehrszählung und Kapitel 3.3.2 Sequenzen des südlichen

Knotenpunktbereichs). Zudem wurde in 9,6 % der Fälle die Radwegbenutzungspflicht nicht eingehalten. Auf die Nichteinhaltung der Radwegbenutzungspflicht wird gesondert in der Analyse der Bewegungslinien in Kapitel 3.3.2 eingegangen. 2,4 % der Regelverstöße machten die Nichtbeachtung des Rotlichts aus. Verkehrsregelverletzungen von E-Scooterfahrer:innen beschränkten sich während der Beobachtung auf zwei.

Im nördlichen Bereich kam es zu weniger Regelverstößen, welche hauptsächlich durch Radfahrende (225) verursacht wurden (siehe Abbildung 29). Fast 60,0 % der Verkehrsregelverletzung durch Radfahrende entstanden durch das linksseitige Befahren des nord-westlichen und des nord-östlichen Radwegs. Dieses Fahrverhalten lässt sich auch den Zahlen der Verkehrszählung und den Bewegungslinien entnehmen (siehe Kapitel 3.1 Verkehrszählung und Kapitel 3.3.2 Sequenzen des nördlichen Knotenpunktbereiches). Weiterhin waren 31,6 % der Radverkehrsregelverletzungen der regelwidrigen Befahrung des Gehwegs zuzuordnen. Dies geschah hauptsächlich am nördlichen Knotenpunktarm auf den beiden Gehwegen. In 7,1 % der Fälle wurde sich nicht an die Radwegbenutzungspflicht gehalten und 1,8 % der Verstöße sind Radfahrende, welche die Kreuzung bei Rot querten.

Bei den Zufußgehenden wurden 15 Verstöße beobachtet, wovon sieben auf die Nichtbeachtung des Rotlichts entfielen und acht auf die regelwidrige Nutzung des Radwegs. Bei den E-Scooterfahrer:innen kam es zu 12 Regelverletzungen, wobei es sich in fünf Fällen um die linksseitige Benutzung des Radwegs handelte, sechsmal wurde der Gehweg regelwidrig befahren und einmal die Kreuzung während der Rotphase überquert. Ein Mopedfahrer hat den Radweg genutzt. So wurden im nördlichen Knotenpunktbereich insgesamt 253 Regelmisssachtungen beobachtet.

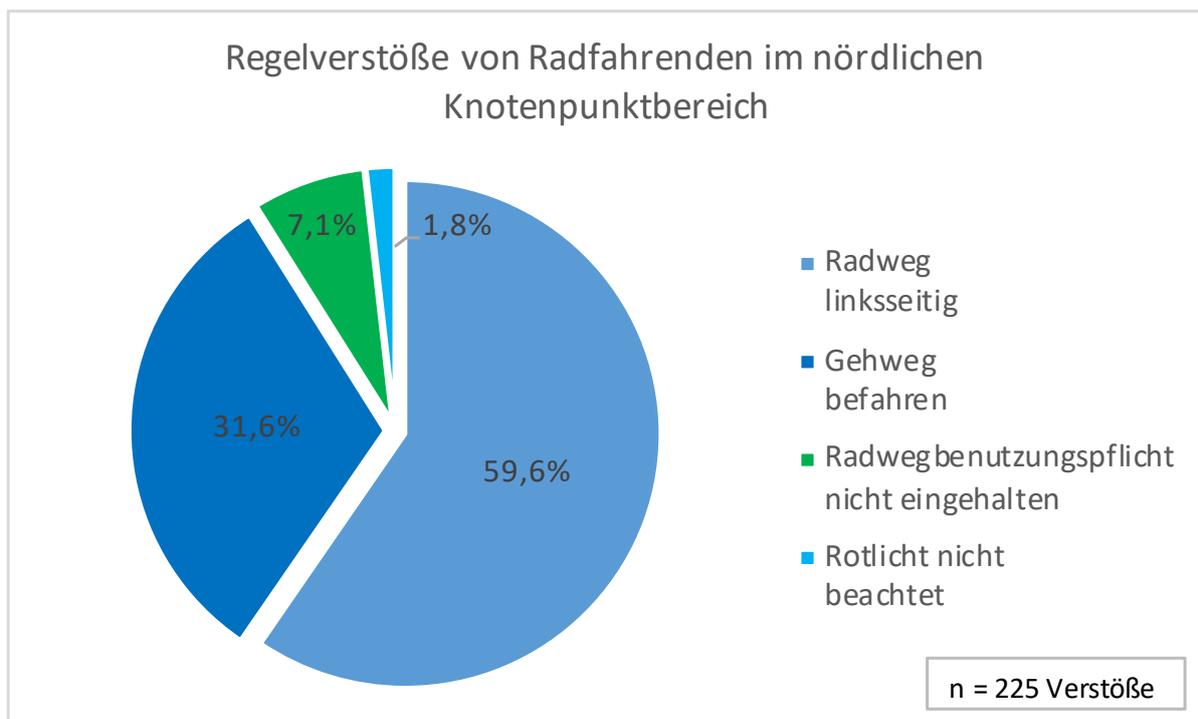


Abbildung 29: Darstellung der Regelverstöße im nördlichen Bereich

3.3.2 Bewegungslinien

Die Vorgehensweise der Darstellung der Bewegungslinien mithilfe von Sequenzen und die Interpretation dieser Bewegungszusammenhänge werden im folgenden Kapitel erläutert. Interessant ist, dass während der Beobachtung keine relevanten Konflikte beobachtet wurden, sondern nur Begegnungen. Die Bewegungslinien werden deshalb vor allem im Hinblick auf benutzte und gemiedene Verkehrsflächen ausgewertet und nicht zur Darstellung von Konflikten und deren Entstehung verwendet.

Vorgehensweise der Auswertung

Um die große Anzahl an Bewegungslinien zusammenzufassen und dabei die wichtigsten Informationen übersichtlich darstellen zu können, bedarf es einer zusammenfassenden Auswertung (Gstalter & Erke, 1985). Diese soll so gestaltet sein, dass kein verwirrendes Bild entsteht. Eine Vorgehensweise ist die Bewegungslinien zu Sequenzen zusammenzufassen. Dafür wird ein Raster über den Plan gelegt, welches „sich an den Merkmalen des Beobachtungsbereiches orientiert“ (Gstalter & Erke, 1985, S. 82). Die Bewegungslinien werden nun in Hinsicht auf die benutzten Felder des Rasters ausgewertet. Für jedes Feld wird die Anzahl der Bewegungen zusammengezählt und durch Striche mit unterschiedlichen Stärken abgebildet. Das Ziel ist, wie in dem Kapitel Vorgehen bei der Verkehrskonflikttechnik erläutert, die Darstellung von abweichenden Verhaltensweisen und Flächennutzungen sowie das Sichtbarmachen von präferierten und gemiedenen Bereichen der Verkehrsanlage.

Bei der Darstellung der Sequenzen muss beachtet werden, dass es sich hier nicht um eine vollständige Abbildung der Verkehrsströme und der Abbiegerelationen handelt. Das liegt daran, dass nur zwei Fahrtrichtungen abgebildet werden und aufgrund dessen, an bestimmten Stellen, nicht alle abfließenden Verkehrsströme dargestellt sind. Dies wird insbesondere an der Abbildung 30 deutlich. Hier ist am südlichen Radweg erkennbar, dass die Anzahl an Bewegungslinien von 69 sich nicht vollständig auf die weiteren Bewegungslinien aufteilen. Der Grund dafür ist, dass ein Teil der Radfahrenden an dieser Stelle geradeaus gefahren ist, diese Bewegungslinien jedoch nicht in der Abbildung dargestellt werden.

Sequenzen des südlichen Knotenpunktbereichs

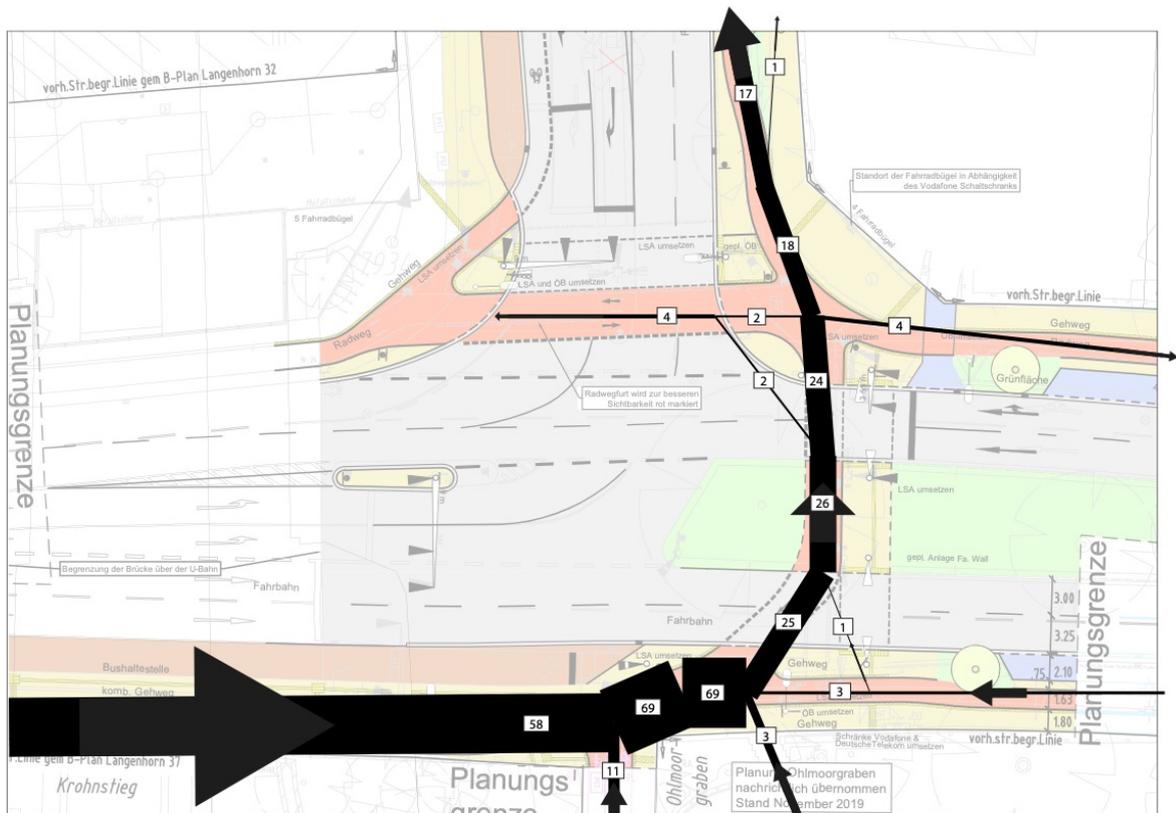


Abbildung 30: Bewegungslinien in Süd-Nord-Richtung des KP-Bereichs Süd [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]

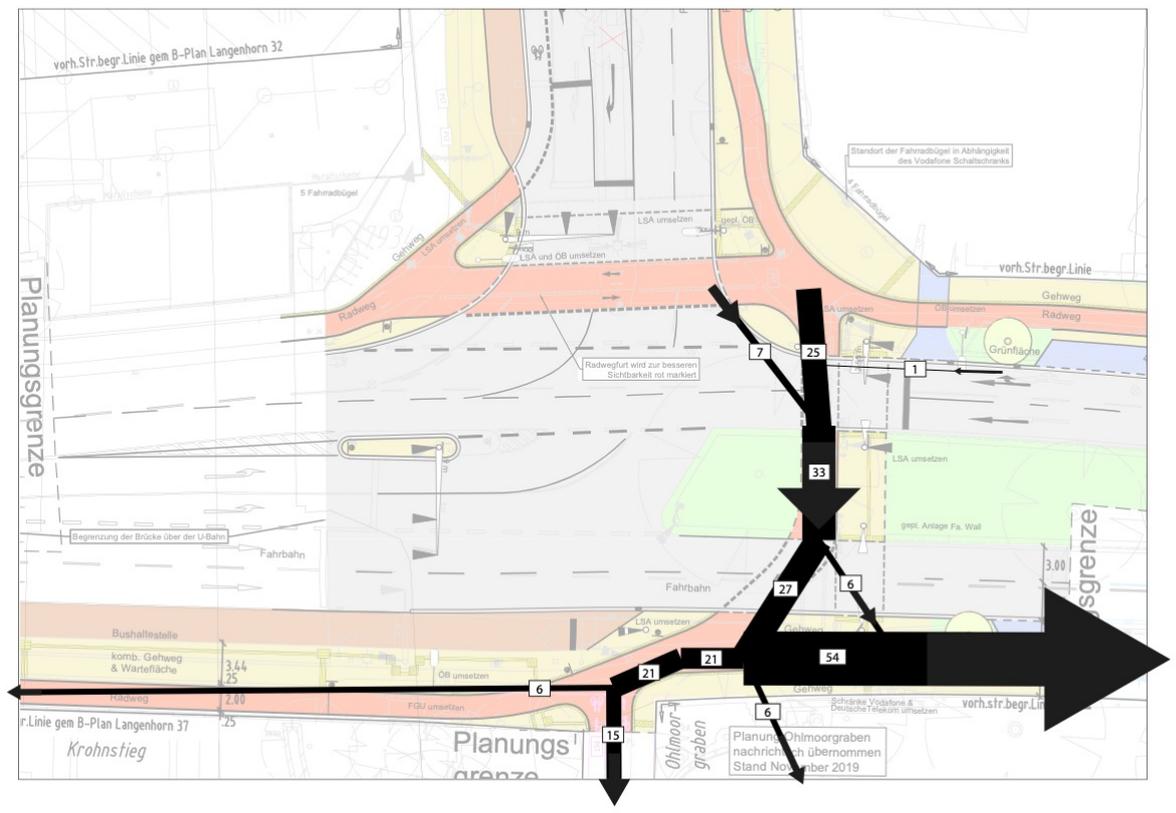


Abbildung 31: Bewegungslinien in Nord-Süd-Richtung des KP-Bereichs Süd [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]

Die Bewegungslinien in Süd-Nord-Richtung des südlichen Knotenpunktbereichs zeigen wenige Auffälligkeit hinsichtlich der Flächennutzung (siehe Abbildung 30). So verhalten sich die meisten Radfahrenden verkehrsregelkonform. Erkennbar sind die regelwidrigen Nutzungen des Gehwegs am Ohlmoorgraben (11) und auf dem Gehweg östlich davon. Auch wurden drei Radfahrende beobachtet, welche nicht die komplette östliche Radverkehrsfurt nutzen, sondern diese teilweise abkürzen. Die beiden angesprochenen Punkte treten häufiger in der Nord-Süd-Richtung auf (siehe Abbildung 31). Hier wurden 15 Radfahrende beobachtet, welche den Gehweg des Ohlmoorgraben nutzen. Zudem wurde sechsmal der Gehweg neben diesem von Radfahrenden genutzt. Sechsmal wurde die Radverkehrsfurt an der südlichen Stelle über den Gehweg abgekürzt und siebenmal an der nördlichen Stelle, wenn die Radfahrenden aus westlicher Richtung kamen.

Sequenzen des nördlichen Knotenpunktbereiches

Die Bewegungslinien in West-Ost-Richtung des nördlichen Knotenpunktbereiches (siehe Abbildung 32) zeigen ein differenziertes Bild. Auch hier ist erkennbar, dass sich die meisten Radfahrenden an die Verkehrsregeln halten. Teilweise nutzen die Radfahrenden, wie schon in Kapitel 3.3.1 dargestellt, im nördlichen Knotenpunktarm die Gehwege. Auffällig ist, dass häufig die Radwegbenutzungspflicht nicht eingehalten wird. So kürzt fast jeder zweite Radfahrende (10 von 22) an der östlichen Radverkehrsfurt Richtung Süden den Radweg ab und fährt hier über die Straße. Teilweise geschieht dies auch an dem nördlichen Radfahrstreifen, von wo aus drei Radfahrende beobachtet wurden, welche geradeaus fahren und dabei die westliche Nebenfläche nicht nutzen. Bei den Bewegungslinien in Ost-West-Richtung (siehe Abbildung 33) zeigt sich eine klare Dominanz der Hauptrichtung. Es wurden nur sehr wenige Fälle beobachtet, in denen die Radwegsführung abgekürzt wurde. Zudem ist interessant zu sehen, dass wenn die Nebenflächen von den Radfahrenden linksseitig entgegen der Fahrtrichtung genutzt wurden, diese meist die Gehwege nutzen. Vermutlich ist dabei das Ziel mögliche Konflikte im Begegnungsverkehr zu vermeiden.

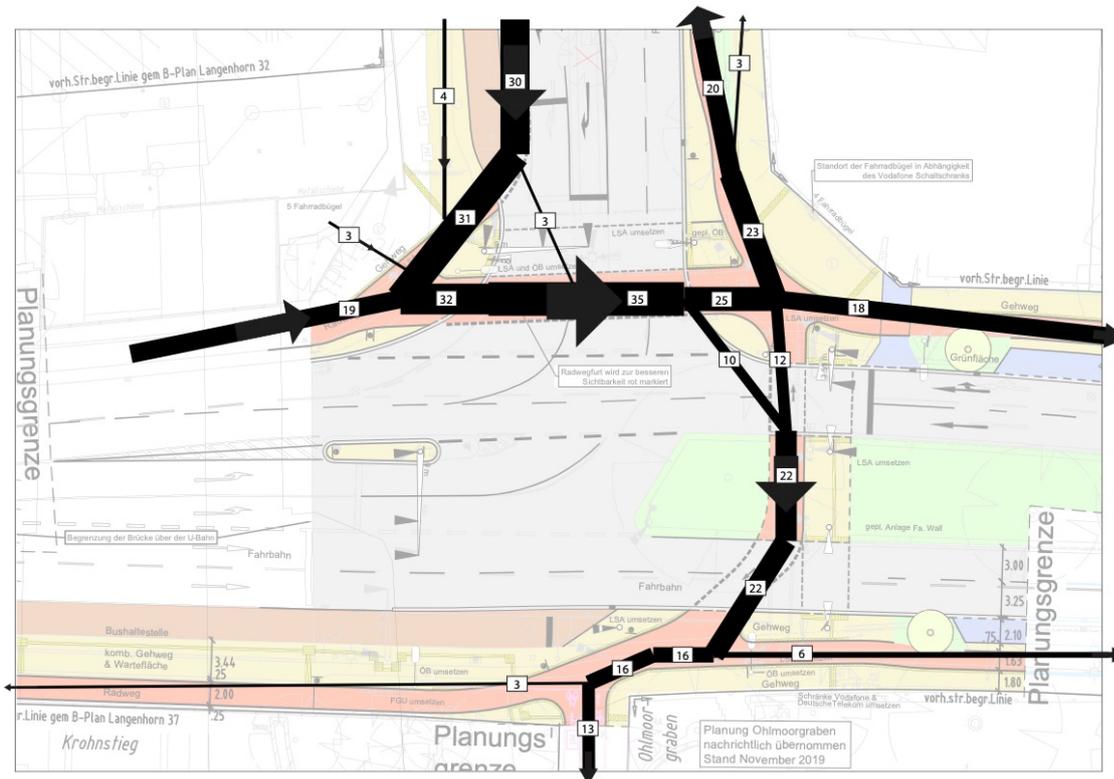


Abbildung 32: Bewegungslinien in West-Ost-Richtung des KP-Bereichs Nord [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]

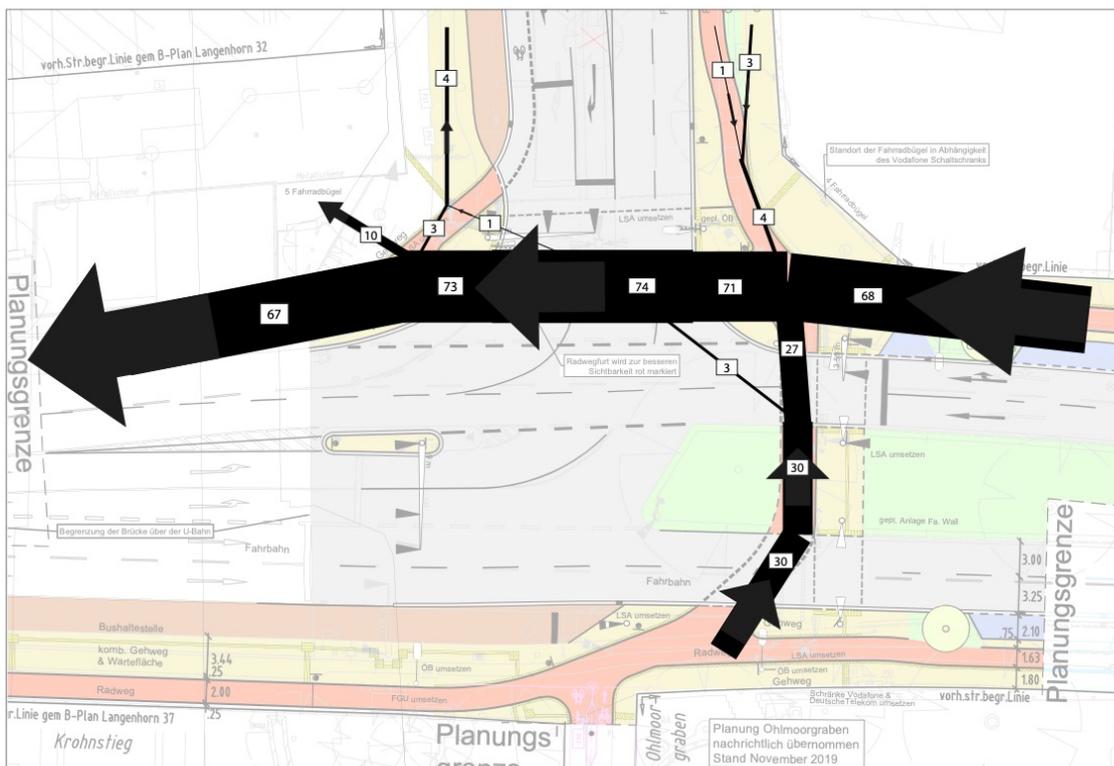


Abbildung 33: Bewegungslinien in Ost-West-Richtung des KP-Bereichs Nord [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]

3.4 Fazit der Konfliktanalyse

Die Hauptkonfliktpunkte, welche einer Optimierung bedürfen, sind der süd-westliche Radweg und die Konsequenzen einer fehlenden Nord-Süd-Radverkehrsverbindung.

Während der Befragung wurde sowohl bei der Frage 9 (Beschreibung von Konfliktstellen am Knotenpunkt), bei der Frage 14 (Frage nach negativen Änderungen durch die Umgestaltung) als auch bei der Frage 17 (Verbesserungsvorschläge) häufig die unzureichende Radwegsführung und damit einhergehende Konflikte im südwestlichen Bereich angesprochen. Die Ergebnisse der VKT unterstützen diesen Optimierungsbedarf. Die Analyse der dokumentierten Regelverstöße und der Bewegungslinien zeigt, dass der Radweg vielfach regelwidrig von links-fahrenden Radfahrer:innen und von Zufußgehenden genutzt wird.

Die Auswertung der Befragung und der VKT zeigen zudem Kritikpunkte, welche aus der fehlenden direkten Nord-Süd-Radverkehrsfurt resultieren: die inkonsistente Radwegsführung am nördlichen Knotenpunktbereich und das Abkürzen der östlichen Radverkehrsfurt. So wurden während der Befragung häufig Aussagen zu dem ersten Kritikpunkt getätigt. Das Abkürzungsverhalten wurde im Rahmen der Verkehrskonflikttechnik beobachtet.

Die aufgrund dessen entwickelten Optimierungsmaßnahmen werden im folgenden Kapitel 4 erläutert.

4 Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen aus der Konfliktanalyse

Im folgenden Kapitel werden zwei Optimierungsmaßnahmen für den Knotenpunkt vorgestellt, die basierend auf den Ergebnissen der Konfliktanalyse entwickelt worden sind. Diese Maßnahmen werden grafisch und inhaltlich vorgestellt. Zudem wird begründet, welche Konflikte nicht weiter berücksichtigt wurden.

4.1 Anpassung des süd-westlichen Radwegs



Abbildung 34: Schnittstelle zwischen dem süd-westlichen Radweg und dem U-Bahnzugang

Die planerische Konzeption sieht für die Zufußgehenden die Benutzung der Buswartefläche als Gehweg vor. Da diese jedoch vor allem während der Spitzenstunden durch sehr viele Wartende blockiert wird, bevorzugen die Fußgänger:innen vermutlich den Radweg. Zudem schließt der Radweg direkt an den U-Bahneingangsbereich an, was die Benutzung des Radwegs nahelegt (siehe Abbildung 34).

Eine Lösung dieser Fehlnutzung könnte dadurch gelingen, dass zusätzlich zu dem Radweg noch ein eigenes Gehweg unabhängig von der Wartefläche geschaffen wird. Die Wartefläche wird von dem Gehweg durch eine weiße durchgehende Markierung abgegrenzt. Um diesen Gehweg herzustellen, wird die Wartefläche und die Bushaltestelle nach Norden verlegt. Der dafür nötige Platzbedarf entsteht durch den Wegfall des zweiten Linksabbiegestreifens des Kfz-Verkehrs. Die zwei geradeausführenden Fahrstreifen werden vor der Bushaltestelle auf eine Spur zusammengeführt und nach der Bushaltestelle wieder auf die ursprüngliche zweispurige Verkehrsführung zurückgeschwenkt. Die nachfolgende Abbildung 35 zeigt diese Umplanung:

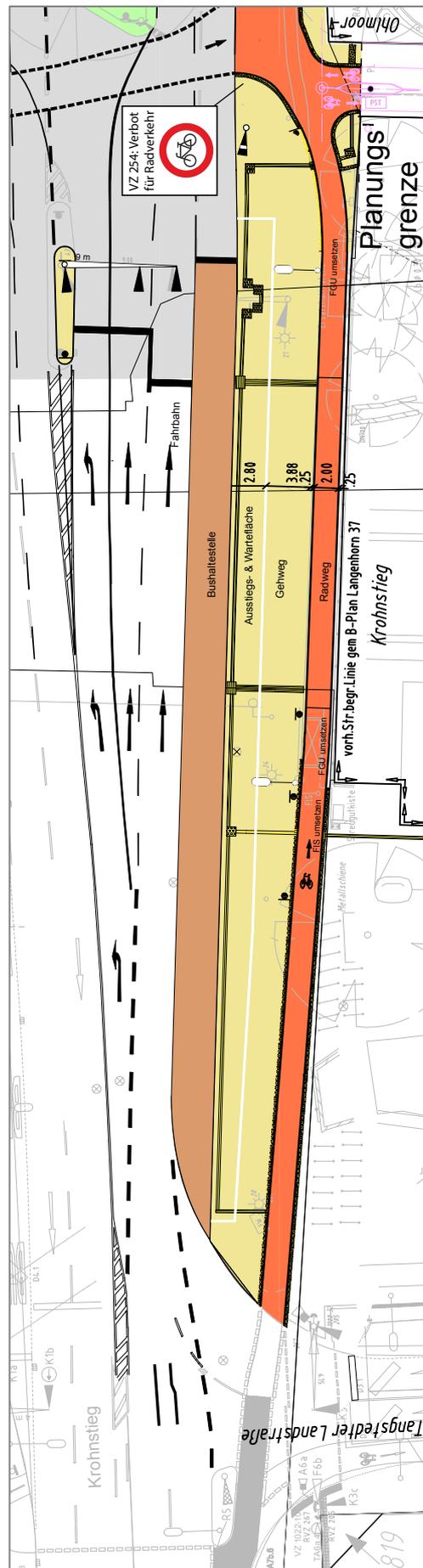


Abbildung 35: Schaffung einer breiteren Fläche für den Gehweg und die Wartefläche

4.2 Direktes Abbiegen in Nord-Süd-Richtung

Die nördliche und östliche Radverkehrsfurt darf in beide Richtungen befahren werden. Diese Zweirichtungsradwege enden jedoch kurz nach dem Knotenpunkt (siehe Abbildung 36). Danach gilt wieder das Rechtsfahrgebot.

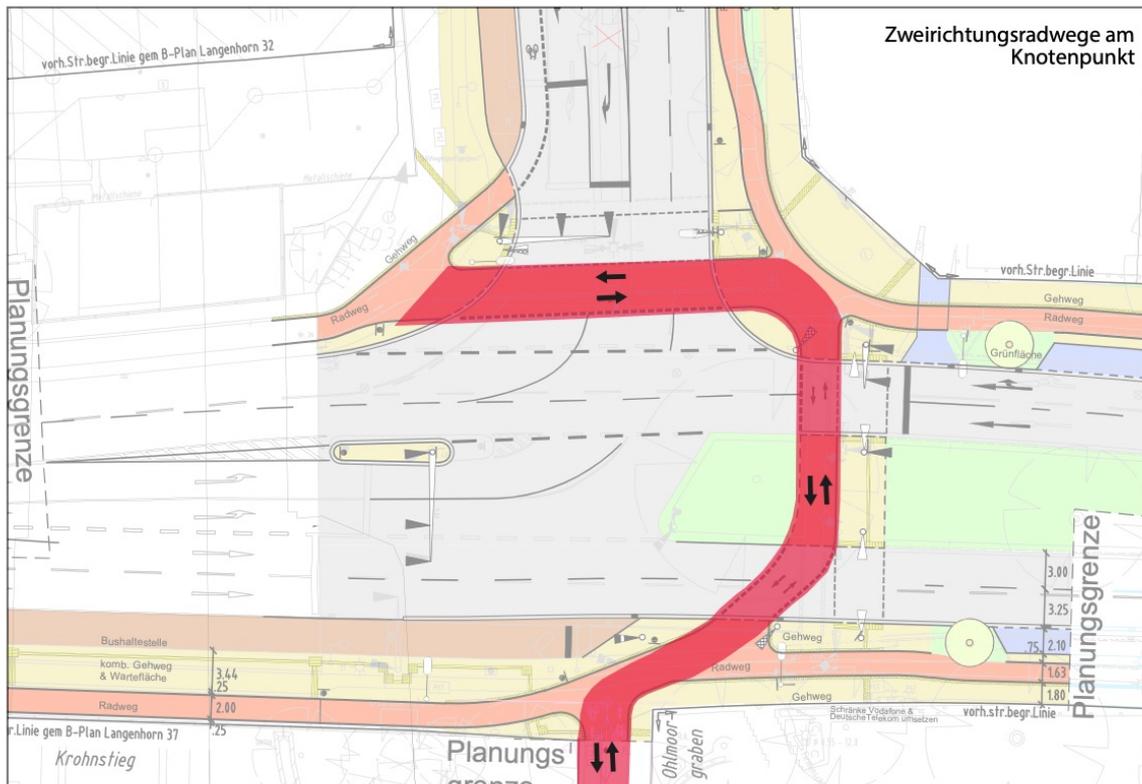


Abbildung 36: Darstellung der Zweirichtungsradwege [Eigene Darstellung basierend auf der Plangrundlage von LSBG Hamburg]

Eine Lösung für dieses Problem der inkonsistenten Radwegführung könnte eine direkte Furt von dem nördlichen Radfahrstreifen zu dem südlichen Radweg sein (siehe Abbildung 37). Um diese zusätzliche Furt herzustellen, wird der Radfahrstreifen aufgeweitet und in zwei Fahrstreifen aufgeteilt. Ein Fahrstreifen führt nach rechts auf den Radweg und der neue Radfahrstreifen führt geradeaus und geht in den südlichen Radweg über. Die Kfz-Rechtsabbiegestreifen werden um eine Spur nach rechts verschoben. Damit dies möglich ist, werden die zwei geradeausführenden Kfz-Fahrstreifen der Gegenrichtung auf eine Spur reduziert. Zur Verbesserung der Sicherheit des Radverkehrs wird der neue Radfahrstreifen mit baulichen Protektionselementen ausgestattet. Da die neue Radverkehrsfurt einer Signalisierung bedarf, werden zwei Lichtsignalgeber an den beiden Radfahrstreifen installiert. Durch das Verkehrszeichen 254: Verbot für Radverkehr am südlichen Radweg, soll ein regelwidriges Befahren der Radverkehrsfurt in Süd-Nord-Richtung verhindert werden.

Diese Umplanung hat mehrere positive Auswirkungen. Erstens wird die nördliche Zweirichtungsradverkehrsfurt obsolet und hier kann eine konventionelle Einrichtungsfurt, mit weniger Konfliktpotential für sich begegnende Radfahrende, eingesetzt werden. Zweitens könnte das beobachtete Abkürzungsverhalten an der östlichen Furt von Radfahrenden, welche von Norden nach Süden fahren und dabei die nord-östliche Nebenfläche beim Abbiegen abkürzen

(siehe Kapitel: Sequenzen des nördlichen Knotenpunktbereiches), durch diese Umplanung unterbunden werden. Dieses Abkürzungsverhalten ist vermutlich ein Symptom der ungenügenden Radverkehrsführung und zeigt die Relevanz einer direkten Radverkehrsfurt in Nord-Süd-Richtung. Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist, dass die nördliche und östliche Radverkehrsfurt entlastet und hier das Konfliktpotential für sich begegnende Radfahrende und Zufußgehende vermindert wird. An den beiden Furten wurden mehrere Konfliktstellen mit Zufußgehenden durch die befragten Radfahrenden beschrieben (siehe Abbildung 25). Neben diesen Vorteilen wäre es interessant zu sehen, ob eine Nord-Süd-Radverkehrsfurt auch das Problem des linksseitigen Radverkehrs im nördlichen Knotenpunktbereich (siehe Abbildung 29) lösen würde. Zu untersuchen wäre, ob dieser durch die Zweirichtungsfurt induziert wird, da die Möglichkeit den Radweg teilweise linksseitig zu befahren, eventuell dazu führt, dass Radfahrende auch die anschließenden Radwege linksseitig benutzen.

4.3 Nicht berücksichtigte Konflikte der Konfliktanalyse

In diesem Unterkapitel wird begründet, warum andere Verbesserungsvorschläge und Regelverstöße nicht näher betrachtet werden. Bei den Verbesserungsvorschlägen beziehen sich vier Angaben auf das Verkehrsverhalten anderer Verkehrsteilnehmer:innen. Jede dieser Angaben bezieht sich dabei auf einen anderen Konflikt und sie sind teilweise sehr vage gehalten (z.B. Wunsch, dass die Verkehrsteilnehmer:innen allgemein vorsichtiger fahren sollen). Die drei Vorschläge zur Signalisierung beziehen sich auf drei verschiedene Problemlagen und werden deswegen nicht weiter behandelt. Bei den Regelverstößen wurde am häufigsten beobachtet, dass die Radwege linksseitig befahren oder die Gehwege durch Radfahrende benutzt wurden. Diese Verstöße machten im nördlichen KP-Bereich 91,1 % aller beobachteten Regelüberschreitungen aus und im südlichen KP-Bereich 88,0 % (siehe Kapitel 3.3.1). Beide Verstöße lassen sich an dem untersuchten Knotenpunkt nur schwer durch planerische Eingriffe lösen. Zur Verhinderung dieser Verkehrsregelverletzungen ist es zielführender, wenn das entsprechende Fehlverhalten durch die Polizei oder das Ordnungsamt sanktioniert wird.

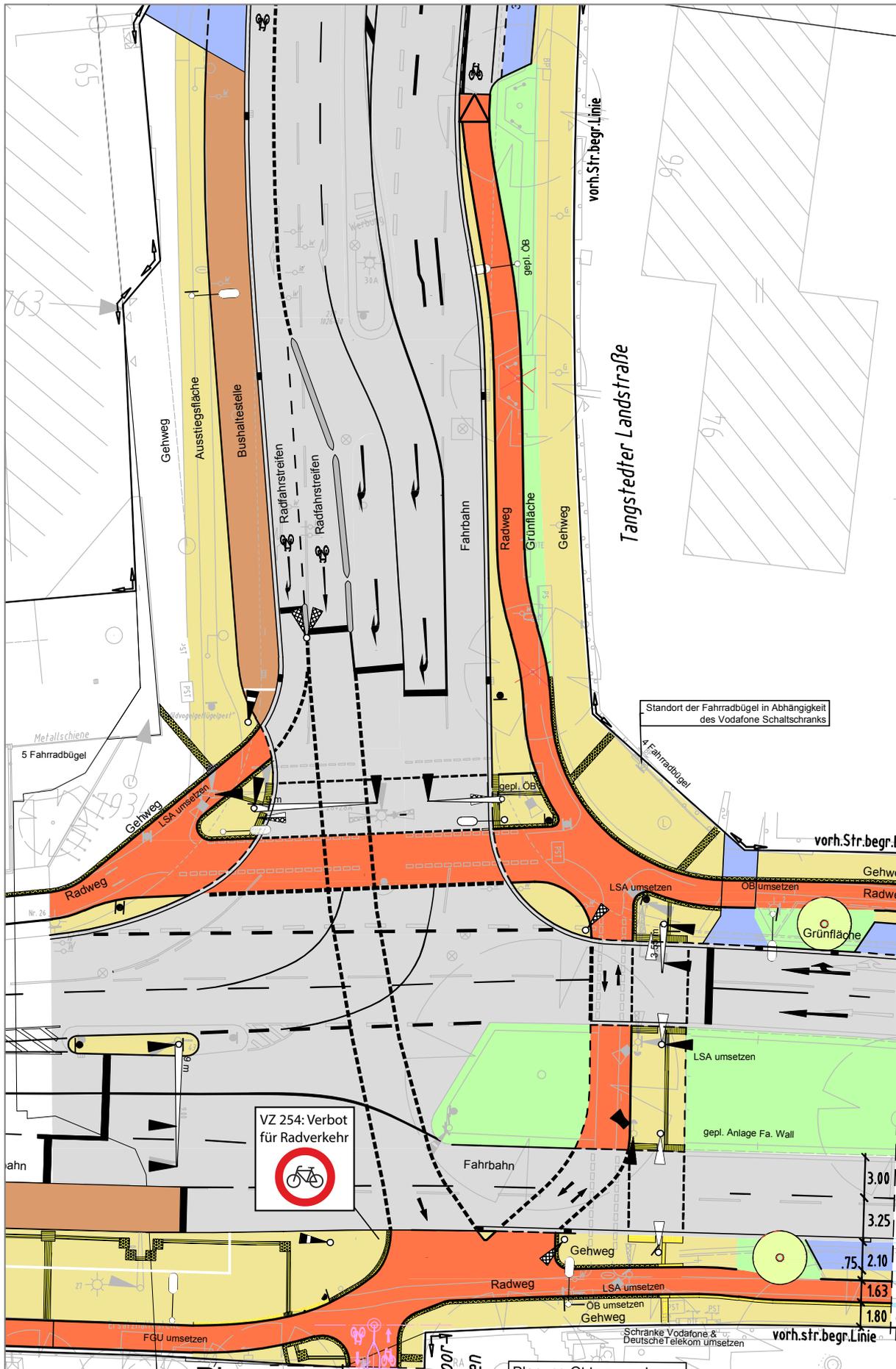


Abbildung 37: Direkte Radverkehrsfurt in Nord-Süd-Richtung

5 Nichtberücksichtigung der genannten Konflikte bei der Neugestaltung der Radverkehrsführung

In diesem Kapitel werden die Ursachen dafür dargestellt, dass die schon frühzeitig erkannten Mängel der Radverkehrsführung nicht in der Neugestaltung behoben wurden. Den Mitarbeitenden von SBI war schon vor der Neugestaltung die Problemlage der unzureichenden Nord-Süd-Radverkehrsführung bewusst. In der Erstverschickung vom 28.05.2018 war eine Zweirichtungsdiaagonalfurt für den Radverkehr in Nord-Süd-Richtung vorgesehen (siehe Abbildung 38). Die Gründe für die Nichtrealisierung der Furt werden im Folgenden dargestellt. Im Rahmen

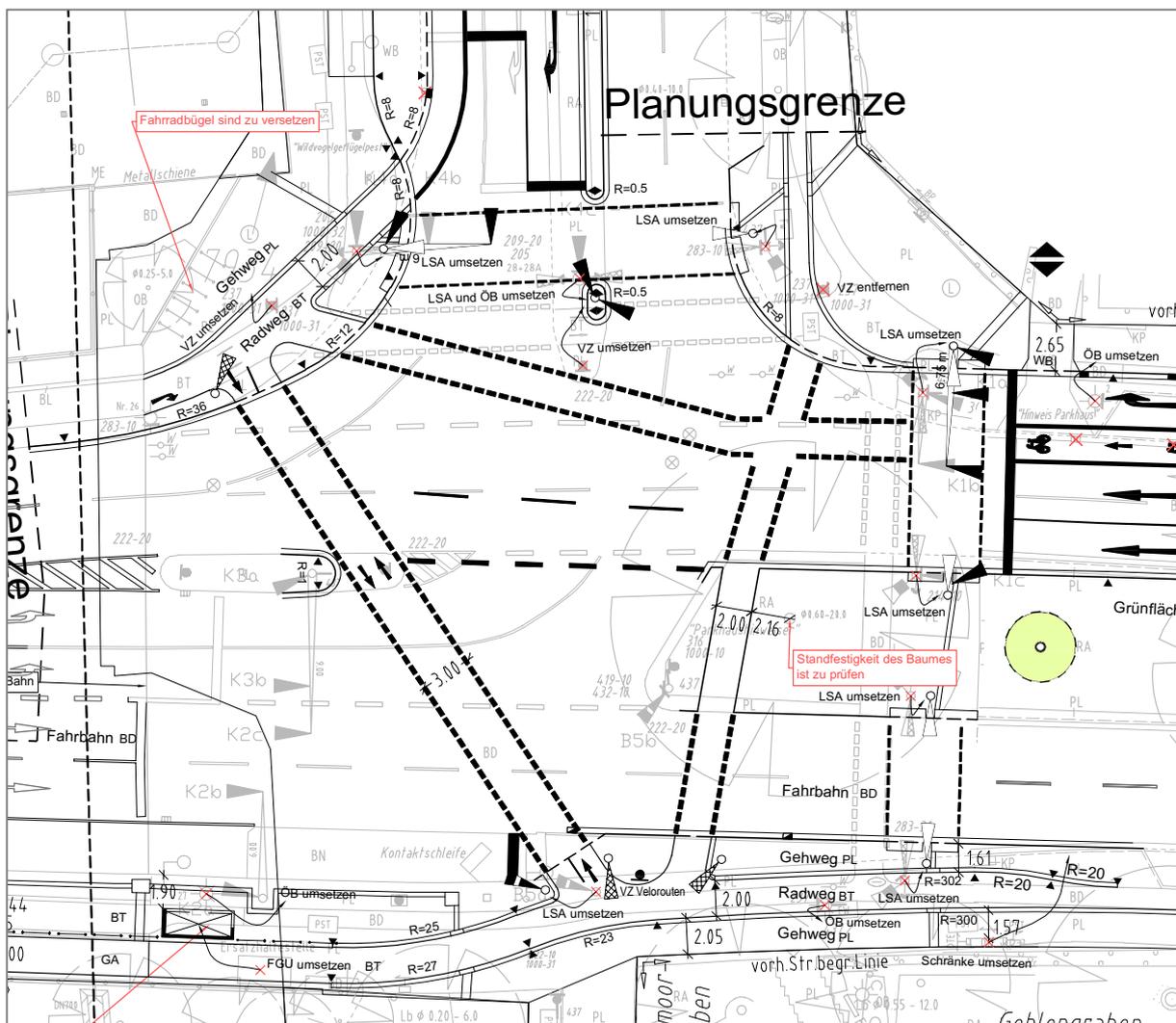


Abbildung 38: Verkehrstechnischer Lageplan mit einer Zweirichtungsdiaagonalfurt [SBI Beratende Ingenieure GmbH]

der Erstverschickung geben alle, von den Belangen der Planung betroffenen, Behörden, Unternehmen und private Organisationen Stellungnahmen ab, welche in einer Verkehrsbesprechung erörtert werden. Die Planung wird unter der Berücksichtigung relevanter Belange anschließend angepasst. Die Stellungnahme, welche ursächlich dafür ist, dass die Diagonalfurt nicht umgesetzt worden ist, wurde von der Verkehrsdirektion (VD) 51, welche als zentrale Straßenverkehrsbehörde im Einvernehmen mit der örtlichen zuständigen Straßenverkehrsbehörde des Polizeikommissariats 34 zuständig ist, am 19.07.2018 abgegeben (siehe Anhang

10.3.1: Stellungnahme der Verkehrsdirektion 51 vom 19.07.2018). Die VD 51 spricht sich gegen die Radverkehrsfurt aus, da die Querung des Radverkehrs und die damit einhergehende Sperrung fast des gesamten motorisierten Verkehrs zu „deutliche[n] Leistungsverluste[n]“ führen würde. Weitere Ablehnungsgründe sind, dass diese Radverkehrsfurt Umwege für aus dem Osten kommende Radfahrende Richtung Süden induziert, da diese erst die nördliche und dann die Diagonalfurt nutzen müssten. Zudem bietet die derzeitige Signalisierung für Radfahrende in Nord-Süd-Richtung einen hohen Fahrkomfort, da die Grünphasen der nördlichen und der östlichen Furt so aufeinander abgestimmt sind, dass die Radfahrenden während einer Phase von Norden nach Süden der Veloroute 4 folgen können.

Dem ersten Einwand wird in dieser Bachelorarbeit keine Relevanz zugesprochen, da wie in Kapitel 1.1 erläutert, das Ziel die Verbesserung des Radverkehrs, unter Umständen auch zu Lasten der Kfz-Verkehrsqualität, ist. Der zweite Einwand entfaltet gegenüber der Optimierungsmaßnahme keine Wirkung, da die östliche Radverkehrsfurt als Zweirichtungsfurt bestehen bleibt (siehe Abbildung 37). Der aus Osten kommende Radverkehr kann diese Furt nutzen, um Richtung Süden zu fahren. Dem dritten Einwand wird ein deutlich höherer Fahrkomfort durch die Optimierungsmaßnahme entgegengesetzt, da die Nord-Süd-Radverkehrsfurt nur eine Freigabephase benötigt und der Radverkehr einen kürzeren Weg zurücklegen muss.

Zu der Problemlage des süd-westlichen Radwegs wurde im Zuge der Erstverschickung vom Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club (adfc) im Juni 2018 und der damaligen Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI) Stellung bezogen. SBI hat hier einen Radweg südlich des kombinierten Gehwegs und der Wartefläche geplant, welcher durch eine Absperrung von querenden Fußgänger:innen freigehalten werden soll. Der adfc priorisierte die Führung auf einem Radfahrstreifen zwischen der Bushaltestelle und der Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs. Auf diese Weise könne der Konflikt mit querenden Fußgänger:innen vermieden werden. Zudem sei die Führung des Radverkehrs südlich der Bushaltestelle „nicht mehr zeitgemäß und für eine Veloroute unangemessen“ (siehe Anhang 10.3.2: Stellungnahme des Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club Hamburg von Juni 2018). Die BWVI unterstützt die Lösung von SBI bezüglich der Führung des Radwegs. Sie argumentiert mit der hohen Konfliktegefahr zwischen dem Rad- und dem Busverkehr aufgrund der hoch frequentierten Bushaltestelle (siehe Anhang 10.3.3: Stellungnahme der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation vom 13.07.2018). Die Entzerrung des Gehwegs und der Wartefläche durch den Wegfall eines Kfz-Fahrstreifens wie in der Optimierungsmaßnahme angedacht (siehe Abbildung 35), wurde in keiner Stellungnahme thematisiert.

6 Fazit

Die Optimierungsmaßnahmen wurden unter der Maßgabe entwickelt, den Radverkehr zu stärken. Dies gilt es bei der Bewertung der Maßnahmen zu berücksichtigen. So ist anzunehmen, dass es zu Einbußen der Leistungsfähigkeit für den Kfz-Verkehr bei den entwickelten Optimierungsmaßnahmen kommt. Westlich der verschobenen Bushaltestelle werden die beiden Fahrstreifen auf einen reduziert, dies kann zu Rückstausituationen vor allem während der

Spitzenstunde früh und spät führen. Während der Spitzenstunde früh (07:45 bis 08:45 Uhr) befahren 1.110 Kfz die beiden Fahrstreifen und während der Spitzenstunde spät (15:45 bis 16:45 Uhr) befahren 1.550 Kfz die Fahrstreifen (siehe Anhang 10.2.4: Zählung am KP Krohnstieg/ Tangstedter Landstraße vom 07.09.2017 durch SBI Beratende Ingenieure GmbH). Zu untersuchen ist, welche Auswirkungen eine Fahrbahnezusammenführung bei diesen Verkehrsbelastungen auf die Verkehrssituation hat. Ähnliche Fragestellungen und Herausforderungen ergeben sich für den Wegfall des zweiten Kfz-Linksabbiegestreifen an der Tangstedter Landstraße West Richtung Norden. Hier biegen während der Spitzenstunde früh (07:45 bis 08:45 Uhr) 330 Kfz und während der Spitzenstunde spät (16:00 bis 17:00 Uhr) 570 Kfz ab (siehe Anhang 10.2.5: Zählung am KP Tangstedter Landstraße/ Gehlengraben vom 07.09.2017 durch SBI Beratende Ingenieure GmbH). Die Verkehrsbelastung der morgendlichen Spitzenstunde könnte gut abgewickelt werden, jedoch wäre es mindestens für die abendliche Spitzenstunde sinnvoll die Auswirkungen auf den Verkehrsfluss zu untersuchen. Daran anschließend ist zu untersuchen, inwiefern der verbleibende Fahrstreifen an der Tangstedter Landstraße Nord Richtung Norden ausreichend für die dortige Verkehrsbelastung ist. Hier wurden während der Spitzenstunde früh (07:45 bis 08:45 Uhr) 410 Kfz und während der Spitzenstunde spät (16:00 bis 17:00 Uhr) 720 Kfz gezählt (siehe Anhang 10.2.5: Zählung am KP Tangstedter Landstraße/ Gehlengraben vom 07.09.2017 durch SBI Beratende Ingenieure GmbH). Aufgrund der neuen Radverkehrsfurt ist eine Anpassung der Signalisierung notwendig, da die nördliche Radverkehrsfurt in Ost-West-Richtung und die Nord-Süd-Radverkehrsverbindung nicht gleichzeitig freigegeben werden dürfen, da es sich um unverträgliche Verkehrsströme handelt. Folglich benötigt die neue Furt eine eigene Freigabephase. Der von Norden kommende rechtsabbiegende Radfahrstreifen wird mit einem eigenen Lichtsignalgeber gesperrt, wenn der Bus westlich davon, von der Bushaltestelle in den Knotenpunkt einfährt. Wenn die neue Radverkehrsfurt Richtung Süden freigegeben wird, werden fast alle anderen Kfz-Verkehrsströme gesperrt. Lediglich bei dem aus Osten kommenden Kfz-Mischverkehrsstreifen könnte der nach Norden abbiegende Rechtsverkehr freigegeben werden. Diese Sperrzeit für fast alle Kfz-Verkehrsströme bedeutet Verluste in der Kfz-Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes. Demgegenüber steht eine verbesserte und direkte Radverbindung in Richtung Süden. Die Radfahrenden müssen nicht mehr indirekt über die nördliche und dann östliche Radverkehrsfurt abbiegen. Zudem wird die Zweirichtungsradverkehrsfurt an dem nördlichen Knotenpunktbereich aufgelöst. Diese Maßnahmen sollen dazu beitragen den Radverkehr an dem Knotenpunkt zu stärken.

Leistungseinbußen für den Kfz-Verkehr werden akzeptiert, da es sich um eine Untersuchung der Förderung des Radverkehrs an dem Knotenpunkt handelt. So wurde im Kapitel 1: Anlass und Ausgangslage der Anspruch an eine bessere Infrastruktur erhoben, welche den Umweltverbund und damit auch den Radverkehr höher priorisiert, um langfristig die Verkehrswende zu erreichen. Das bedeutet, dass dem Umweltverband mehr Flächen im Straßenraum zugeordnet werden, dass er in der Signalisierung stärker berücksichtigt beziehungsweise bevorzugt wird und dass sich die Gestaltung des Straßenraumes stärker an den Bedürfnissen des Umweltverbundes orientiert. Diese Ziele wurden versucht durch die genannten Optimierungsmaßnahmen zu erreichen.

7 Ausblick

Zuerst wird weiterer Forschungsbedarf in Bezug auf diesen Knotenpunkt dargestellt. Im Anschluss wird ein Überblick über die allgemeine Entwicklung von Radverkehrsanlagen skizziert. Neben den beschriebenen Optimierungsmaßnahmen, welche sich auf die Gestaltung des Knotenpunktes beziehen, könnte noch eine Verbesserung der Signalisierung untersucht werden. Zudem ist es sinnvoll die Optimierungsmaßnahmen nach einigen Wochen zu evaluieren, um den Erfolg der Umgestaltung bewerten zu können. Nur so kann überprüft werden, ob die Maßnahmen auch das erklärte Ziel, die Verbesserung des Radverkehrs, erreichen. Die Evaluation der Umgestaltung sollte sich dabei an den in Kapitel 2 genannten Methoden orientieren. Diese ermöglichen sowohl eine objektive Erfassung möglicher Konflikte als auch das Dokumentieren von subjektiven Eindrücken der Radfahrenden durch eine Befragung.

Zu der zukünftigen Entwicklung von Radverkehrsanlagen gibt es eine lebendige Diskussion, inwieweit und durch welche Verkehrsanlagen der Radverkehr gestärkt werden kann. Im



Abbildung 39: Radfahrstreifen in der Fahrbahnmittte in Lissabon [<https://lisboaparapessoas.pt/2021/10/14/ciclovias-almirante-reis/>]

Längsverkehr finden sich in der Praxis in Deutschland vor allem Radwege auf den Nebenflächen, seltener finden sich linienhaft markierte Radfahrstreifen, welche auf der Straße liegen und durch eine Markierung von der Fahrbahn abgegrenzt werden sowie Sicherheitsstreifen, welche durch eine nicht durchgängige Linie markiert werden und im Bedarfsfall vom Kfz-Verkehr überfahren werden dürfen. Bussonderstreifen, welche für den Radverkehr freigegeben sind, sind auch Anlagen des Radlängsverkehrs und werden durch linienhafte Markierungen

abgegrenzt (Richter, Beyer, Ortlepp, et al., 2019). Weitere Infrastrukturelemente des Radverkehrs sind Fahrradstraßen. Fahrradstraßen dürfen nur von anderen Verkehrsmitteln außer Fahrrädern und Elektrokleinstfahrzeugen befahren werden, wenn dies durch Zusatzzeichen angezeigt wird. Das Ziel von Fahrradstraßen ist „die Bündelung des Radverkehrs[, ...] eine hohe Reisegeschwindigkeit sowie ein gleichmäßiger Verkehrsfluss für Radfahrende“ (Gerlach et al., 2007, S. 10). Zusätzlich zu diesen konventionellen Elementen der Radverkehrsführung wurde die Debatte in den letzten Jahren noch erweitert um Radverkehrsanlagen wie Protected Bike Lanes, Pop-Up-Radwege oder im Ausland zu findende Radfahrstreifen in der Fahrbahnmitte. Protected Bike Lanes (PBL) sind durch bauliche Elemente wie Bords, Zäune oder Poller von den Kfz-Fahrstreifen abgegrenzt. Den Gehweg auf der Nebenfläche grenzt eine Bordsteinkante ab. Die geschützten Radfahrstreifen sind häufig rot oder grün eingefärbt. Der Radverkehr soll durch die PBL vor dem ruhenden und dem fließenden Verkehr geschützt werden (Blass, Franke, Kopplin & Wilma, 2018). Während des Lockdowns zur Eindämmung der Ausbreitung des COVID-19-Virus erfuhren Pop-Up-Radwege eine starke Popularität (Nefzger, 2021). Es handelt sich dabei um Radwege, welche schnell und mit geringem Aufwand umgesetzt werden können. Die Markierung erfolgt häufig mit gelben Randstreifen und die Abgrenzung zum Kfz-Fahrstreifen wird durch mobile Protektionselemente hergestellt. Im Ausland, zum Beispiel in Lissabon, gibt es Radfahrstreifen in der Fahrbahnmitte (Richter, Beyer, Ortlepp, et al., 2019). Hier wird der Radverkehr links von den Kfz-Fahrspuren in der Mitte der Straße geführt. Der Radfahrstreifen ist grün markiert und an manchen Stellen gibt es zusätzlich zu dem weißen Randstreifen kleine schwarze Protektionselemente zur Sicherung der Radverkehrsanlage (siehe Abbildung 39). Neben diesen Beispielen für straßenbegleitende Radverkehrsanlagen ist zu untersuchen, welche Relevanz zukünftig selbstständige Radwege haben werden.

Weitere interessante Entwicklungen gibt es Bezug auf Radverkehrsanlagen im Kreuzungsbe-
reich. Hier ist eine Herausforderung bedingt verträgliche Verkehrsströme möglichst sicher und
komfortabel für den Radverkehr abzuwickeln. Bedingt verträgliche Verkehrsströme sind der
rechtsabbiegende Kfz-Verkehr und der geradeausfahrende Radverkehr und der linksabbie-
gende Radverkehr und der aus der Gegenrichtung kommende geradeausfahrende Kfz-Ver-
kehr. Für den ersten Fall der bedingt verträglichen Verkehrsströme gibt es mehrere Alterna-
tive, wie diese abgewickelt werden können (Alrutz, Willhaus & Sonderhüsken, 2007). Der Rad-
verkehr kann rechts neben dem Kfz-Fahrstreifen auf einem Radfahrstreifen (siehe Abbildung
40 Bild 1) oder bei einem Radweg kurz vor dem Knotenpunkt auf eine fahrbahnahe Radver-
kehrsfurt geführt werden (siehe Abbildung 40 Bild 2). Eine weitere Form der Verkehrsführung
ist ein Radweg mit einer abgesetzten Radverkehrsfurt mit den Varianten einer eigenen Signa-
lisierung (siehe Abbildung 40 Bild 3) und der gemeinsamen Signalisierung mit dem Fußverkehr
(siehe Abbildung 40 Bild 4). Der Radverkehr kann auch durch einen Radfahrstreifen in Mittel-
lage über den Knotenpunkt geführt werden. Das bedeutet, dass der Radfahrstreifen gerade-
aus über die Kreuzung läuft und der rechtsabbiegende Kfz-Verkehr rechts davon geführt wird
(Richter, Beyer, Junghanns, Kramer & Mross, 2019).

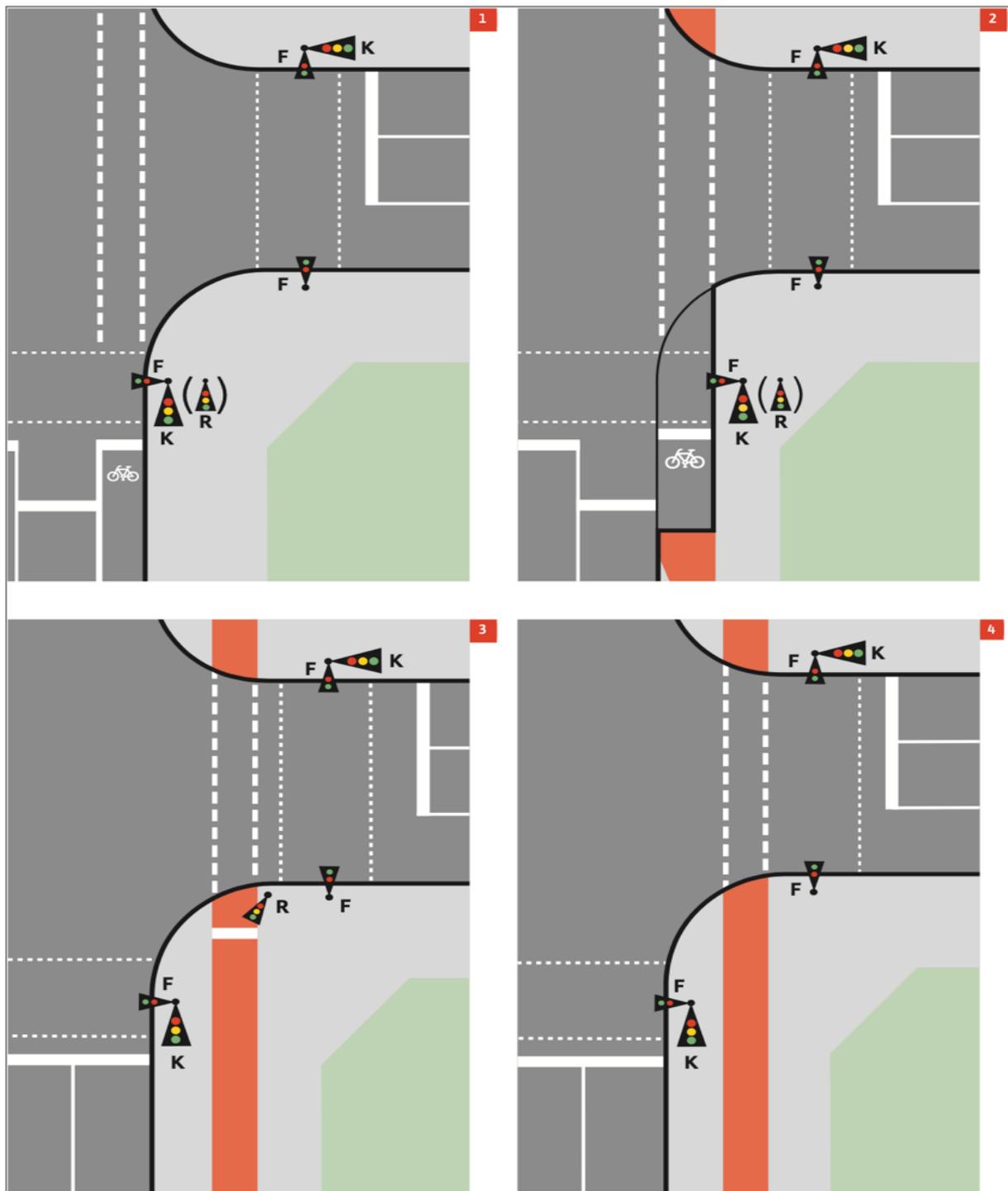


Abbildung 40: Beispiel der Radverkehrsführung an Knotenpunkten [Alrutz, Willhaus & Sonderhüsken, 2007, S. 9]

Die Abwicklung des linksabbiegenden Radverkehrs bedeutet eine zusätzliche Komplexitätssteigerung was die Konflikte betrifft. So bestehen hier Konflikte mit dem Kfz-Verkehr aus derselben Fahrtrichtung und der Gegenrichtung. Ein indirektes Abbiegen über die geradeausführende Radverkehrsfurt und dann in der nächsten Freigabe über die gegenüberliegende Furt ist relativ sicher, bietet aber eine geringe Leistungsfähigkeit, da der Radverkehr auf zwei Freigabephase warten muss. Dagegen ist das direkte Abbiegen attraktiver, da der Radverkehr nur auf eine Freigabephase warten muss. Das direkte Abbiegen kann mit freiem Einordnen durch einen linksabbiegenden Radfahrstreifen oder Sicherheitsstreifen, durch einen aufgeweiteten

Radaufstellstreifen (ARAS) oder durch einen, für den allgemeinen Fahrzeugverkehr bestimmten, Linksabbiegestreifen (Mischverkehr) geschehen (Gwiasda et al., 2010). Ein ARAS bietet den Vorteil, dass der Radverkehr gegenüber dem Kfz-Verkehr priorisiert wird und dass eine große Anzahl an Radfahrenden in den Knotenpunkt einfahren und ihn in einem Umlauf überqueren kann (Richter, Beyer, Hampel & Junghanns, 2020). In Deutschland werden ARAS jedoch nur bei untergeordneten Knotenpunktzufahrten eingesetzt. Weitere Möglichkeiten der linksabbiegenden Radverkehrsführung an Knotenpunkten sind das geschützte Einordnen auf einen Linksabbiegestreifen durch eine Fahrradschleuse oder das „diagonale[] Überqueren eines Knotenpunktes“ (Gwiasda et al., 2010, S. 45) mit Zweirichtungsradwegen und einer eigenen Signalphase bei der alle Fußverkehr- und Radverkehrsfurten freigegeben werden („Rund-Um-Grün“) und bei der alle Kfz-Verkehrsströme gesperrt werden. Diese beiden Optionen stellen jedoch erhöhte Anforderungen an die Signalisierung und bedeuten unter Umständen Einbußen in der Leistungsfähigkeit des Kfz-Verkehrs.

Protected Intersection (Geschützte Kreuzungen) sind eine weitere Möglichkeit wie der Radverkehr sicher und komfortabel an Knotenpunkten geführt werden kann. Diese Form der Kreuzungsgestaltung gibt es in den Niederlanden. Die Idee ist, dass die Rad- und Fußverkehrsfurten deutlich von der Kreuzung abgesetzt sind und so der Kfz-Verkehr eine bessere Sicht auf diese Furten bei dem Abbiegen hat. Zudem führen leicht erhöhte Schutzinseln und ein größerer Abbiegeradius beim Rechtsabbiegen dazu, dass der Kfz-Verkehr langsamer fährt (Bukow et al., 2020). Dieser Effekt kann noch durch eine punktuelle Erhöhung der Fahrbahn an den Rad- und Fußverkehrsfurten erhöht werden (siehe Abbildung 41). Diese Art der Radverkehrsführung stellt eine interessante Alternative zur Kfz-zentrierten Knotenpunktgestaltung dar. Herausforderungen finden sich in Bezug auf den erhöhten Flächenbedarf dieser Verkehrsführung. Auch die Option der planfreien Radverkehrsführung an Kreuzungsbereichen sollte weiterhin berücksichtigt werden.

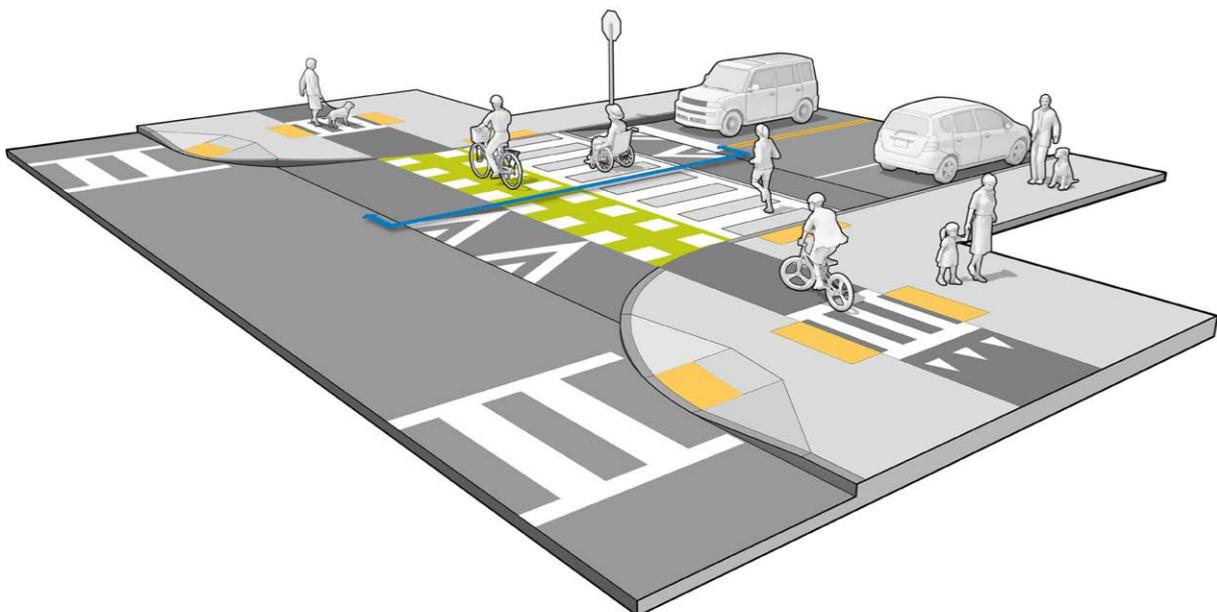


Abbildung 41: Erhöhte Rad- und Fußverkehrsfurt an einer Protected Intersection [Rabito et al., 2015, S. 60]

Für all diese Möglichkeiten der Radverkehrsführung wäre es interessant zu untersuchen, welche sich wie positiv auf eine Steigerung der Attraktivität des Radverkehrs im Sinne der Verkehrswende auswirken. Da dies nach eigener Einschätzung das übergeordnete Ziel jeder Radverkehrs-anlagengestaltung sein sollte, gilt es jede Planung auf diese Fragestellung hin zu überprüfen. Andersherum impliziert der Anspruch die Verkehrswende mitzugestalten letztendlich, dass dies nur gelingen kann, wenn flächendeckend sichere und attraktive Radverkehrsanlagen geschaffen werden.

8 Literaturverzeichnis

- Alrutz, D., Willhaus, E., & Sonderhüsken, G. (2007). *Signale für den Radverkehr, Ein Leitfaden zur Radverkehrssignalisierung*. Münster.
http://www.muenster.de/stadt/stadtplanung/pdf/Signale_Radverkehr.pdf
- Angenendt, W., Blase, A., Klöckner, D., & Bonfranchi-Simovič, T. (2005). Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik*, (124), 60. <http://files/419/Angenendt et al. - 2005 - Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten.pdf>
- Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (2021). *Radverkehrsprogramm Bayern 2025. Eine Halbzeitbilanz*. München.
- Blass, F., Franke, M., Kopplin, D., & Wilma, U. (2018). Protected Bike Lanes. *PlanerIn*, 5, 2. <https://www.srl.de/publikationen/planerin/ältere-ausgaben/product/view/2/145.html>
- Bukow, S., Meinefeld, O., Schmidt, R., Brake, M., Sack, J., Hecher, S. et al. (2020). *Infrastrukturatlas - Daten und Fakten über öffentliche Räume und Netze* (First.). Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung. <https://www.boell.de/sites/default/files/2020-11/Infrastrukturatlas 2020.pdf>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021). Novelle des Klimaschutzgesetzes beschreibt verbindlichen Pfad zur Klimaneutralität 2045. <https://www.bmu.de/pressemitteilung/novelle-des-klimaschutzgesetzes-beschreibt-verbindlichen-pfad-zur-klimaneutralitaet-2045/>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020). *Klimaschutz in Zahlen*. Berlin. <http://www.bmu.de/publikationen>
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021). Förderung und Finanzierung des Radverkehrs. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Radverkehr/finanzielle-foerderung-des-radverkehrs.html>
- Fuchs, M., & Pfeiffer, M. (2009). *Befragung zur Radverkehrssicherheit in Freiburg*. Freiburg. https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E1581665881/311459/Verkehr_VS_Untersuchung_Befragung.pdf
- Gerlach, J., Klein, T., Hummel, S., Leven, T., Stein, T., & Bührmann, S. (2007). *Fahrradstraßen – Leitfaden für die Praxis*. Wuppertal. <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/582184>
- Universität Kassel Stabstelle Gleichstellung, (o. J.). Va-ri-an-ten ge-schlech-ter-ge-rech-ter Spra-che. <https://www.uni-kassel.de/hochschulverwaltung/themen/gleichstellung-familie-und-diversity/geschlechtergerechte-sprache/varianten-geschlechtergerechter-sprache>

- Gstalter, H., & Erke, H. (1985). Verkehrskonflikttechnik. *Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr*, 52, 104.
- Gwiasda, P., Bracher, T., Alrutz, D., Angenendt, W., Berg, G., Bohle, W. et al. (2010). *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) (FGSV 284.)*. Köln: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- Kolrep-Rometsch, H., Schreiber, M., Rodney, L., Platho, C., Richter, T., Schreiber, A. et al. (2013). *Abbiegeunfälle Pkw / Lkw und Fahrrad*. Berlin.
- Mayring, P. (2002). Auswertungsverfahren. In P. Mayring (Hrsg.), *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken*. Weinheim und Basel.
- Nefzger, E. (2021). Fahrrad sucht Weg. *Der Spiegel*. <https://www.spiegel.de/auto/pop-up-radwege-wer-gewinnt-den-platzstreit-in-deutschlands-staedten-a-7009dd95-b5c5-4175-9e1f-3e760ff42f5b>
- Rabito, L., DiPaolo, T., Danila, J., Polin, B., Dwyer, C., Barbaro, H. et al. (2015). *Separated Bike Lane Planning & Design Guide*. Boston: Massachusetts Department of Transportation. <https://www.mass.gov/lists/separated-bike-lane-planning-design-guide>
- Richter, T., Beyer, O., Hampel, S., & Junghanns, L. (2020). *Maßnahmen zur Verbesserung der Radverkehrsqualität an Knotenpunkten*. Berlin.
- Richter, T., Beyer, O., Junghanns, L., Kramer, D., & Mross, M. (2019). *Einsatzbereiche von Radfahrstreifen in Mittellage*. Berlin.
- Richter, T., Beyer, O., Ortlepp, J., & Schreiber, M. (2019). *Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen*. Berlin. doi:10.26128/2021.89
- Hamburgische Staatskanzlei, (2020). Koalitionsvertrag Verkehr. <https://www.hamburg.de/senatsthemen/koalitionsvertrag/verkehr/>
- Steiner, E., & Benesch, M. (2018). *Der Fragebogen* (utb-Titel ohne Reihe). facultas. doi:10.36198/9783838587271
- Steinmeyer, I., Bäumer, M., Fahnberg, C., Hahn, W., Kagerbauer, M., Kathmann, T. et al. (2012). *Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE)*. Köln: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- Umweltbundesamt (2021). Radverkehr. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#vorteile-des-fahradfahrens>
- Verena Meier Kruker, J. R. (2005). *Arbeitsmethoden der Humangeographie*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. http://deposit.dnb.de/cgi-bin/dokserv?id=2641777&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm