Hochschule für Technik Stuttgart

FAKULTÄT FÜR

BAUINGENIEURWESEN, BAUPHYSIK UND WIRTSCHAFT

MASTERSTUDIENGANG VERKEHRSINFRASTRUKTURMANAGEMENT

MASTERTHESIS

zur Erlangung des akademischen Grades

MASTER OF ENGINEERING (M.ENG.)

Überholvorgänge in Stuttgart – Analyse der Seitenabstände zwischen Kfz- und Fahrradverkehr mit Bezug auf Verkehrsstärke und Führungsform

Vorgelegt von	Leo Casey
Matrikelnummer	1003443
Betreuer	Prof. Dr.-Ing. Lutz Gaspers
Zweitbetreuer	Prof. Dr.-Ing. Harald Mandel

Abgabedatum	20.01.2023

Zusammenfassung

Im Rahmen der Klimawende ist es notwendig den Radverkehrsanteil zu erhöhen. Ein Ansatz, um dies zu erreichen, kann die Stärkung der subjektiven Sicherheit sein. Aktuell nehmen viele Menschen Radverkehr als unsicher wahr. Insbesondere Überholvorgänge durch Kraftfahrzeuge sind ein Grund für ein geringes Sicherheitsgefühl und für Stress. Innerorts ist ein minimaler Seitenabstand von 1,50 m durch die Straßenverkehrsordnung vorgeschrieben. Aus bisheriger Forschung ist bekannt, dass dieser Wert oft nicht eingehalten wird. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu ermitteln welche Faktoren auf den Seitenabstand einwirken. Dazu wurden Überholvorgänge auf 13 Messstrecken innerhalb Stuttgarts mit einem Ultraschallsensor erhoben.

Ca. 42 % der erhobenen Überholvorgänge wurden mit Seitenabständen von weniger als 1,50 m durchgeführt. Der Mittelwert aller Überholvorgänge betrug 1,59 m. Auf Strecken im Mischverkehr traten höhere Seitenabstände auf als auf Strecken mit Schutz- oder Radfahrstreifen. Die Kfz-Verkehrsstärke einer Straße ist ein zentrales Kriterium für die Planung von Radverkehrsführungen. Ein Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke auf die auftretenden Seitenabstände konnte jedoch nicht bestätigt werden. Auch die Tageszeit, zu der ein Überholvorgang stattfindet, hat keinen Einfluss auf die Seitenabstände. Eine maßgebliche Einflussgröße scheint hingegen die Fahrbahnbreite zu sein. Parken am Fahrbahnrand dauerhaft Fahrzeuge, verringert sich die effektiv nutzbare Fahrbahnbreite einer Straße. Dies ist bei der Wahl von Radverkehrsführungen zu berücksichtigen, da sonst geringe Seitenabstände begünstigt werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung II
Inhaltsverzeichnis III
Abkürzungsverzeichnis V
Abbildungsverzeichnis VI
Tabellenverzeichnis VII
Glossar VIII
1. Einleitung 1
2. Grundlagen 3
2.1 Radverkehrsführungen 3
2.1.1 Arten von Radverkehrsführungen 3
2.1.2 Planungsprozess von Radverkehrsführungen 4
2.2 Grundlagen der Radverkehrssicherheit 6
2.2.1 Bedeutung von Radverkehrssicherheit 6
2.2.2 Objektive Sicherheit 7
2.2.3 Subjektive Sicherheit 10
2.3 Rechtliche Grundlagen zu Überholvorgängen 11
2.4 Forschungsstand zu Seitenabständen 12
2.5 Forschungshypothesen 15
3. Methodik 16
3.1 Vorgehensweise 16
3.1.1 Grundlegendes Vorgehen 16
3.1.2 Zeitlicher Erhebungsumfang 18
3.1.3 Streckenwahl 19
3.2 Genutzte Messtechnik 22
3.2.1 Funktionsweise des OpenBikeSensors 22
3.2.2 Test des OpenBikeSensors 25
3.2.3 Kennzeichnung der Überholvorgänge 26
3.3 Erscheinungsbild des Probanden 27
3.3.1 Ausrüstung und Bekleidung 27
3.3.2 Fahrstil 28
3.4 Einschränkungen der Messfahrten 29
4. Auswertung 31
4.1 Vorgehensweise 31
4.2 Übersicht 33

4.3 Einfluss der Führungsform 35
4.3.1 Zusammenfassung aller Messstrecken 35
4.3.2 Betrachtung der einzelnen Messstrecken 36
4.4 Einfluss der Verkehrsstärke 38
4.4.1 Zusammenfassung 38
4.4.2 Belastungsbereiche der Strecken mit Mischverkehr 39
4.4.3 Belastungsbereiche der Strecken mit Schutzstreifen 41
4.4.4 Belastungsbereiche der Strecken mit Radfahrstreifen 42
4.5 Vergleich der Erhebungszeiträume 43
4.6 Einfluss der Fahrbahnbreite 46
4.6.1 Begriffsbestimmung 46
4.6.2 Einfluss der Fahrbahnbreite im Mischverkehr 48
4.6.3 Einfluss der Fahrbahnbreite bei Schutzstreifen 49
4.6.4 Einfluss der Fahrbahnbreite bei Radfahrstreifen 49
5. Fazit 50
Literaturverzeichnis X
Anhangsverzeichnis XV
Erklärung nach Studien- und Prüfungsordnung, § 27, Abs. 1 LXXII

Abkürzungsverzeichnis

ADFC ..... *Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club*
ANOVA ..... *Analysis of variance*
BMDV ..... *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*
CSV ..... *Comma-separated values*
DHBW ..... *Duale Hochschule Baden-Württemberg*
ERA ..... *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen*
EVE ..... *Empfehlungen für Verkehrserhebungen*
FACE ..... *Filtering, Annotation, Consolidating, Export*
FGSV ..... *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen*
FR ..... *Fahrtrichtung*
HLRS ..... *High-Performance Computing Center Stuttgart*
Kfz ..... *Kraftfahrzeug*
KP ..... *Knotenpunkt*
MW ..... *Mittelwert*
NRVP ..... *Nationaler Radverkehrsplan*
RASt ..... *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen*
StVO ..... *Straßenverkehrsordnung*
UDV ..... *Unfallforschung der Versicherer*
ÜHV ..... *Überholvorgänge*
VwV-StVO ..... *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung*

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mögliche Ausprägungen eines Schutzstreifens 4
Abbildung 2: Mögliche Ausprägungen eines Radfahrstreifens 4
Abbildung 3: Vorauswahl von geeigneten Führungsformen nach ERA 2010..... 5
Abbildung 4: Verunglückte bei Straßenverkehrsunfällen pro Jahr 8
Abbildung 5: Getötete bei Straßenverkehrsunfällen pro Jahr 8
Abbildung 6: Verkehrsunfälle mit Fahrradbeteiligung in Stuttgart 9
Abbildung 7: Darstellung der verwendeten Begriffe 17
Abbildung 8: Zuordnung der Messstrecken zu Belastungsbereichen 22
Abbildung 9: Messfahrrad mit montiertem OpenBikeSensor 23
Abbildung 10: Display des OpenBikeSensors 24
Abbildung 11: Test des OpenBikeSensors..... 25
Abbildung 12: Regeln zur Kennzeichnung von Überholvorgängen..... 26
Abbildung 13: Baustelle Imweg..... 30
Abbildung 14: Baustelle Sigmaringer Straße..... 31
Abbildung 15: Vergleich der Messergebnisse nach Führungsform..... 35
Abbildung 16: Zusammenhang Mittelwert der Seitenabstände und Verkehrsstärke 38
Abbildung 17: Mittelwerte Fahrtrichtungen, Mischverkehr 40
Abbildung 18: Mittelwerte Fahrtrichtungen, Schutzstreifen..... 41
Abbildung 19: Mittelwerte Fahrtrichtungen, Radfahrstreifen..... 42
Abbildung 20: Vergleich der einzelnen Erhebungszeiträume 44
Abbildung 21: Verhältnis von Spannweite zur Anzahl an ÜHV 46
Abbildung 22: Begriffsdefinition zum Thema Fahrbahnbreite 47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Forschungsstand zu Seitenabständen 13
Tabelle 2: Auswahl der Messstrecken 20
Tabelle 3: Zusammenfassung der Messdaten 33
Tabelle 4: Vergleich mit dem Projekt Kesselnetz 34
Tabelle 5: Vergleich der Ergebnisse nach Führungsform 35
Tabelle 6: Vergleich der Fahrtrichtungen jeder Messstrecke nach Führungsform 37
Tabelle 7: Vergleich der einzelnen Erhebungszeiträume 43
Tabelle 8: Mittelwerte der Seitenabstände nach Erhebungszeiträumen 45
Tabelle 9: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen mit Mischverkehr 48
Tabelle 10: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen mit zweiseitigen Schutzstreifen 49
Tabelle 11: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen einseitigen Schutzstreifen 49
Tabelle 12: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen 50

Glossar

Fahrbahnführung
Führungsformen des Radverkehrs auf der Fahrbahn. Mögliche Fahrbahnführungen sind →Mischverkehr, →Schutzsteifen und →Radfahrstreifen. Letztere sind rechtlich kein Teil der Fahrbahn, werden aber ohne bauliche Trennung niveaugleich geführt (vgl. Bohle 2021, S. 381–382).

Fahrrad
Meist zweirädriges, einspuriges Fahrzeug, das durch das Treten von Pedalen angetrieben wird. Innerhalb dieser Arbeit bezeichnet der Begriff Fahrrad sowohl herkömmliche, allein durch Muskelkraft betriebene Fahrräder als auch →Pedelecs.

Hauptradroute
Streckennetz der Stadt Stuttgart, das speziell für den Alltagsverkehr angelegt wurde. Die Hauptradrouten sind einheitlich beschildert (vgl. Landeshauptstadt Stuttgart o.J.).

Kernfahrbahn
Bereich einer Fahrbahn, abzüglich der Breite von Schutz- und Radfahrstreifen.

Knotenpunkt
Bauliche Anlage, die mehrere Verkehrswege (z.B. Straßen) miteinander verknüpft (vgl. FGSV 2020, S. 93).

Längsverkehr
Verkehrsteilnehmer, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen (vgl. FGSV 2020, S. 116)

Mischverkehr
Führung des Radverkehrs ohne Separation oder Leitlinien gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr auf der Fahrbahn (vgl. FGSV 2010, S. 22).

Pedelec
Fahrrad mit elektrischer Unterstützung, die bis zu einer Geschwindigkeit von 25 km/h, während dem Treten zugeschaltet wird. Bei höheren Geschwindigkeiten erfolgt keine elektrische Unterstützung. Für die Nutzung ist kein Mindestalter vorgeschrieben und es wird kein Führerschein benötigt.

Radfahrstreifen
Für den Radverkehr benutzungspflichtiger Sonderweg, der durch Zeichen 295 StVO (Breitstrich) von der Fahrbahn abgetrennt ist und durch Zeichen 237 StVO angeordnet wird (vgl. FGSV 2010, S. 23f.).

Radweg
Radverkehrsführung, die baulich von der Fahrbahn separiert ist und durch Borde, Park- oder Grünstreifen von dieser getrennt ist. Eine Benutzungspflicht besteht nur bei entsprechender Beschilderung (vgl. FGSV 2010, S. 24f.).

Schutzstreifen
Mit Zeichen 340 StVO (Schmalstrich) markierter Teil der Fahrbahn, der mit dem Sinnbild „Radverkehr“ versehen ist und keiner direkten Benutzungspflicht für den Radverkehr unterliegt (vgl. FGSV 2010, S. 22f.).

Seitenabstand

Seitlicher Abstand, den ein Fahrzeug bei einem Überholvorgang zum überholten Fahrzeug hält. Gemessen zwischen den jeweils äußersten Enden der beiden Fahrzeuge. Wird in manchen Publikationen auch als Überholabstand bezeichnet. Sofern nicht anders gekennzeichnet, wird in diesem Bericht immer der Seitenabstand eines überholenden Kraftfahrzeugs zu einem überholten Fahrrad betrachtet.

Spitzenstunde

„60-minütiger Zeitraum mit der höchsten Verkehrsbelastung eines Tages“ (FGSV 2020, S. 28).

Verkehrsstärke

„Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstroms je Zeiteinheit an einem Querschnitt“ (FGSV 2020, S. 63).

1. Einleitung

Das *Fahrrad* gilt als umweltfreundliches und klimaschonendes Verkehrsmittel. Zudem fördert es die Gesundheit der Nutzenden und ist vergleichsweise günstig (vgl. Umweltbundesamt 2022). Auch wenn die Nutzung des Fahrrads in den vergangenen Jahren anstieg, nimmt der Radverkehr aktuell nur einen geringen Teil des gesamten Verkehrs ein. Im Jahr 2017 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 11 % aller Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt. Im Jahr 2002 betrug dieser Wert noch 9 % (vgl. Nobis 2019, S. 19–21). Insbesondere mit Hinblick auf die Klimawende scheint es notwendig den Radverkehrsanteil noch weiter zu erhöhen. Dies ist auch das Ziel des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV), welches die Nutzung des Radverkehrs bis zum Jahr 2030 fördern will (vgl. BMDV 2022, S. 9f.).

Dies wirft die Frage auf, wie mehr Menschen zur Nutzung des Fahrrads motiviert werden können. Unter einer Vielzahl an potenziellen Hinderungsgründen ist insbesondere das Thema Sicherheit von Radfahrenden relevant. Radfahrende haben im Vergleich zu anderen Verkehrsteilnehmenden aktuell ein überdurchschnittlich hohes Unfallrisiko im Straßenverkehr. Der Anteil der Radfahrenden an allen im Straßenverkehr verletzten Personen ist höher als der Anteil der Personenkilometer und der Wegeanteile der Radfahrenden am Gesamtverkehr (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 66). Dies spiegelt sich auch in der Wahrnehmung des Radverkehrs wider. Mangelnde Sicherheit wird häufig als Grund gegen die Nutzung des Fahrrads genannt (vgl. Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH 2021, S. 51). Zu Konflikten kann es immer kommen, wenn sich Kraftfahrzeuge (Kfz) und Radfahrende auf einer gemeinsamen Fahrbahn begegnen. Unfälle zwischen Kfz und Radfahrenden treten am häufigsten in Bereichen von *Knotenpunkten* (KP) auf. Überholvorgänge hingegen sind nicht unter den Hauptursachen für Radverkehrsunfälle zu finden. Dennoch werden letztere von Radfahrenden als besonders gefährlich und stressig wahrgenommen (vgl. Richter et al. 2019, S. 40; Merk et al. 2021, S. 773).

Für Kfz, die Radfahrende überholen, war bereits seit einigen Jahren in der Straßenverkehrsordnung (StVO) ein ausreichender *Seitenabstand* vorgeschrieben. Die Höhe dieses Seitenabstands war jedoch lange Zeit unbestimmt. Diese Vorgabe wurde im Jahr 2020 im Rahmen der 54. Novelle der StVO konkretisiert. Seitdem ist in den genannten Fällen ein Seitenabstand von mindestens 1,50 m innerorts, bzw. 2,00 m außerorts vorgeschrieben (vgl. Bundesgesetzblatt 2020, S. 814f.). In der Praxis berichten viele Radfahrende weiterhin von einer hohen Anzahl an Überholvorgängen, bei denen überholende Kfz den vorgeschriebenen Seitenabstand nicht einhalten (vgl. exemplarisch Reutter 2021). Eine Überprüfung dieser Wahrnehmung ist indes nicht ohne weiteres möglich. Geräte zur Seitenabstandsmessung sind nicht kommerziell verfügbar. Auch polizeiliche Kontrollen erfolgen typsicherweise nicht mit geeichten Messgeräten. Vielmehr werden Kontrollen größtenteils an Stellen durchgeführt, an denen durch die geringe Breite der Fahrbahn in Kombination mit dem vorgeschriebenen Seitenabstand ein faktisches Überholverbot besteht. In Baden Baden behilft sich die Polizei mit einer gelben Hilfsmarkierung auf der Fahrbahn, die in einem Abstand von 1,50 m zum Schutzstreifen angebracht wird (vgl. ADFC 2021).

Aufgrund dieses Sachverhalts war das Thema in den vergangenen Jahren vermehrt Gegenstand der Forschung. Medienwirksame Projekte wurden vom Berliner Tagesspiegel und von der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) mit jeweils über 100 Probanden durchgeführt (vgl. Tagesspiegel o.J.; Plavec und Schmock 2021). Beide Einrichtungen entwickelten jeweils einen eigenen ultraschallbasierten Abstandssensor, der während der Fahrt am Fahrrad montiert wird und Seitenabstände misst. In Stuttgart wurde mit dem OpenBikeSensor zudem ein weiterer Abstandssensor entwickelt, dessen Baupläne frei zur Verfügung stehen und der von Interessierten selbst zusammengebaut werden kann.

Alle durchgeführten Projekte bestätigten die genannte Wahrnehmung. Ein großer Anteil aller Überholvorgänge von Kfz gegenüber Radfahrenden wird mit weniger als dem vorgeschriebenen Seitenabstand ausgeführt. Darüber hinaus konnten durch die Untersuchungen weitere Erkenntnisse zum Thema gewonnen werden. So liegen u.a. Informationen über den Einfluss verschiedener Radverkehrsführungen, die Breite der Fahrbahn und dem Auftreten von Gegenverkehr vor. Diese Erkenntnisse können als Handlungsempfehlungen für die Verkehrsplanung dienen. Das Thema ist damit nicht abschließend untersucht. Unklar ist bisher welchen Einfluss die Kfz-*Verkehrsstärke* auf Seitenabstände hat. Die Kfz-Verkehrsstärke findet als Kriterium Eingang in die Vorauswahl von Radverkehrsführungen im Planungsprozess von Straßen. Je höher die Kfz-Verkehrsstärke in der jeweiligen *Spitzenstunde* ist, desto eher ist nach aktuellen Richtlinien eine Trennung von Kfz- und Radverkehr geboten (vgl. FGSV 2010, S. 19).

Ziel dieser Arbeit ist es, auf Basis empirischer Erkenntnisse, die Einflussgrößen, die auf Seitenabstände von Überholvorgängen von Kfz gegenüber Radfahrenden wirken, zu identifizieren. Besonderer Fokus soll dabei auf die örtliche Kfz-Verkehrsstärke und die Art der Radverkehrsführung gelegt werden. Die Kfz-Verkehrsstärke hat für das Thema eine hohe Bedeutung durch ihren Einfluss auf die Planung von Radverkehrsführungen. Folglich ist die Wahl einer Radverkehrsführung abhängig von der Kfz-Verkehrsstärke, weshalb es als zielführend erachtet wird, beide Kriterien zu analysieren.

Zur Überprüfung der Forschungsfrage werden im Rahmen dieser Arbeit Messfahrten auf 13 Messstrecken in Stuttgart durchgeführt und die auftretenden Seitenabstände mit einem Abstandssensor aufgezeichnet. Im Laufe der vorliegenden Masterthesis soll zunächst die Bedeutung von Seitenabständen auf die Radverkehrssicherheit erläutert werden. Zudem werden die vorliegenden Forschungsprojekte dargestellt. Aus den so präsentierten Grundlagen werden die Forschungshypothesen abgeleitet (Kapitel 2). Darauffolgend werden die Erhebungsmethodik und die Funktionsweise des verwendeten Abstandssensors vorgestellt (Kapitel 3). Im Anschluss folgen die Auswertung der erhobenen Daten (Kapitel 4) und ein abschließendes Fazit (Kapitel 5).

2. Grundlagen

2.1 Radverkehrsführungen

2.1.1 Arten von Radverkehrsführungen

Für die Wahl einer Radverkehrsführung im Straßennetz stehen verschiedene Lösungen zur Verfügung. Grundsätzlich lässt sich zwischen *Fahrbahnführungen* und Seitenraumführungen unterscheiden. Fahrbahnführungen lassen sich weiterhin u.a. unterscheiden in Führung im *Mischverkehr*, *Schutzstreifen* sowie *Radfahrstreifen*. Seitenraumführungen sind u.a. straßenbegleitende *Radwege* und gemeinsame Geh- und Radwege. Möglich sind ebenfalls Kombinationsformen, wie die Freigabe des Gehwegs für den Radverkehr durch Zeichen 239 StVO in Verbindung mit Zeichen 1022-10 StVO oder unterschiedliche Lösungen auf beiden Seiten einer Straße (vgl. Bohle 2021 S.381–386). Seitenraumführungen sind zumeist baulich von der Fahrbahn getrennt. In dieser Arbeit werden ausschließlich Fahrbahnführungen behandelt, da im Regelfall nur auf diesen Führungsformen Überholvorgänge zwischen Kfz und Fahrrädern vorkommen.

Die Gestaltung und Einsatzmöglichkeiten von innerörtlichen Führungsformen ergeben sich aus drei Quellen. Diese sind die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO), die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Ausgabe 2010 und die Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Ausgabe 2006. Die ERA und die RASt werden von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herausgegeben und sind technische Regelwerke, welche den Stand der Technik wiedergeben. Die VwV-StVO ist eine für die zuständigen Behörden rechtlich bindende Anordnung und verweist dabei ausdrücklich auf die aktuelle Fassung der ERA (vgl. VwV-StVO zu § 2 Rn. 13).

Aus den genannten Quellen ergeben sich folgende Möglichkeiten für Fahrbahnführungen (vgl. FGSV 2010, S. 22–24; VwV-StVO zu § 2 Rn. 10-13; FGSV 2006, S. 82–84):

- **Mischverkehr:** Der Rad- und Kfz-Verkehr werden ohne weitere Separation gemeinsam auf der Fahrbahn geführt. Es bestehen folgende Einsatzgrenzen in Abhängigkeit von der Fahrbahnbreite:
    - 6 m oder weniger: Verträglich bei Verkehrsstärken unter 500 Kfz/h[1]
    - Zwischen 6 und 7 m: Verträglich bei Verkehrsstärken unter 400 Kfz/h
    - 7 m oder mehr: Verträglich bei Verkehrsstärken von 800 bis 1.000 Kfz/h

  Ab Fahrbahnbreiten von 7,50 m oder mehr ist der Einsatz von Schutzstreifen zu prüfen.
- **Schutzstreifen:** Mit Zeichen 340 StVO (Schmalstrich) markierter Teil der Fahrbahn, der mit dem Sinnbild „Radverkehr“ versehen ist (siehe Abbildung 1). Nach VwV-StVO sind Schutzstreifen nur innerorts auf Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von bis zu 50 km/h möglich. Die Regelbreite nach ERA 2010 beträgt 1,50 m, die Mindestbreite 1,25 m. Der Schutzstreifen darf von Kraftfahrzeugen bei Bedarf befahren werden. Die Fahrbahnbreite beträgt abzüglich der Schutzstreifen mindestens 4,50 m. Beträgt dieser Wert

[1] Mischverkehr bei Fahrbahnbreiten unter 6 m gilt laut RASt 2006 bei Verkehrsstärken bis 500 Kfz/h, laut ERA 2010 bei Verkehrsstärken bis 700 Kfz/h als verträglich.

weniger als 5,50 m darf in der Fahrbahnmitte keine Leitlinie markiert werden. Zu Längsparkständen soll ein Abstand von 0,25 bis 0,50 m, zu Schräg- oder Senkrechtparkständen ein Abstand von 0,75 m gehalten werden. Eine direkte Benutzungspflicht für den Radverkehr ist nicht gegeben, durch das Rechtsfahrgebot nach § 2 Abs. 2 StVO jedoch indirekt herleitbar.

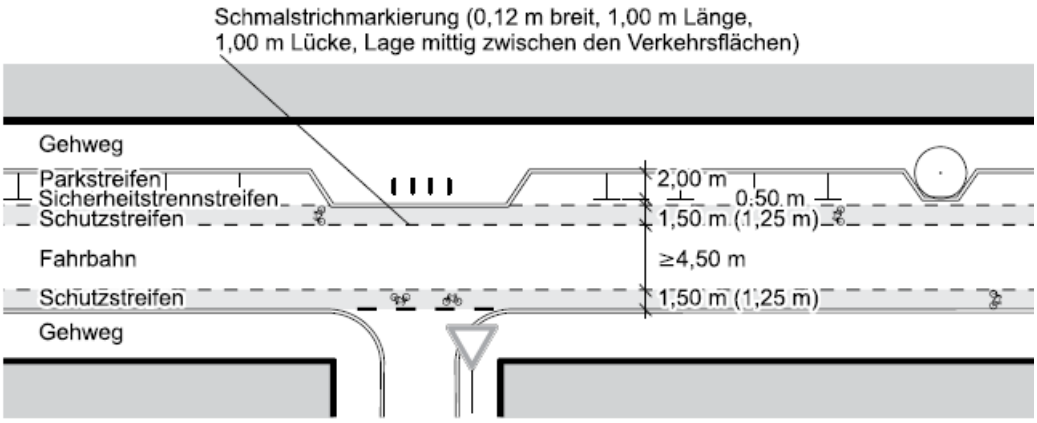


Abbildung 1: Mögliche Ausprägungen eines Schutzstreifens (FGSV 2010, S. 22)

- **Radfahrstreifen:** Ein Sonderweg, der durch Zeichen 295 StVO (Breitstrich) von der Fahrbahn abgetrennt ist und durch Zeichen 237 StVO angeordnet wird (siehe Abbildung 2). Radfahrstreifen sind für den Radverkehr benutzungspflichtig und dürfen vom Kfz-Verkehr nicht in Längsrichtung befahren werden. Regelmaß für die Breite des Radfahrstreifens ist 1,85 m, inklusive Markierung. Dieser Wert erhöht sich auf 2,00 m, bei hohen Kfz- und Radverkehrsstärken, zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von über 50 km/h oder häufigem Auftreten von Fahrrädern mit Anhängern. Der angrenzende Fahrstreifen soll mindestens 2,75 m breit sein. Zu Längsparkständen soll ein Abstand von 0,50 m bis 0,75 m, zu Schräg- oder Senkrechtparkständen ein Abstand von 0,75 m gehalten werden. Wenn Radfahrstreifen nicht realisiert werden können, verlangt die VwV-StVO die Prüfung von Schutzstreifen.

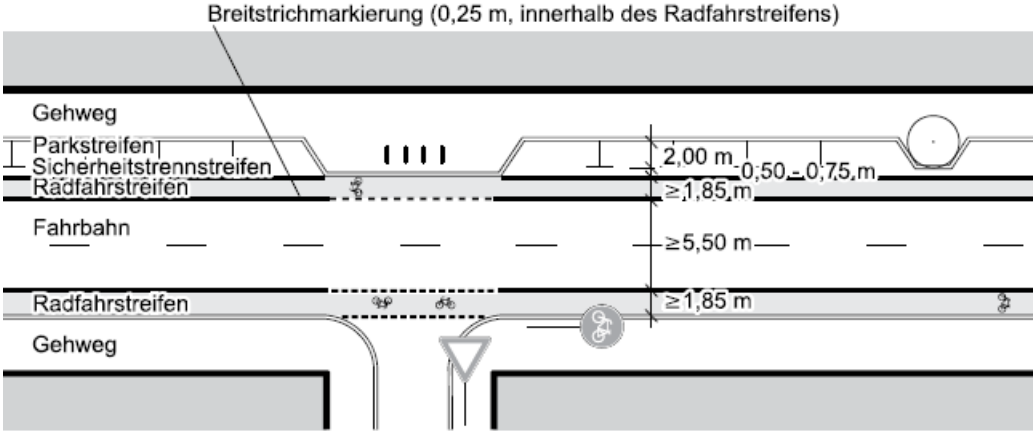


Abbildung 2: Mögliche Ausprägungen eines Radfahrstreifens (FGSV 2010, S. 23)

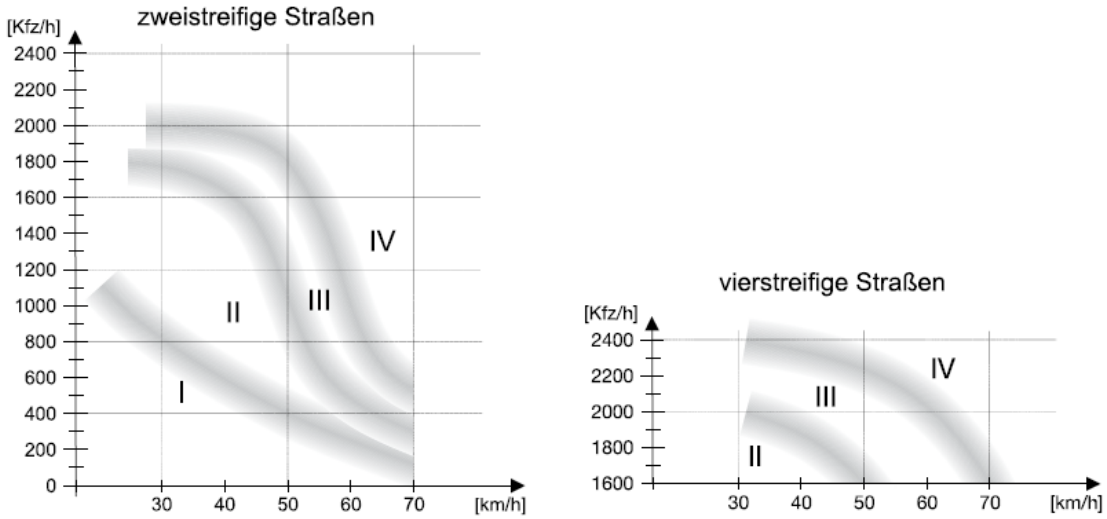
2.1.2 Planungsprozess von Radverkehrsführungen

Die geltenden Richtlinien des Radverkehrs geben vor, wie Radverkehrsführungen im Planungsprozess ausgewählt werden sollen. Die ERA 2010 stellt hierfür ein Verfahren

zur Verfügung. Bei Planung einer Stadtstraße werden drei Verfahrensschritte durchlaufen, um eine geeignete Führungsform des Radverkehrs zu wählen:

- „Vorauswahl von geeigneten Führungsformen,
- Prüfung der Realisierbarkeit und
- Vergleich der geeigneten Führungsformen.“ (FGSV 2010, S. 18)

Abbildung 3 stellt den Ablauf des ersten Verfahrensschritts dar. Die Straße wird abhängig von der Verkehrsstärke der werktäglichen Spitzenstunde und der maximalen Höchstgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs einem von vier Belastungsbereichen zugeordnet. Für jeden Belastungsbereich gibt das Regelwerk anschließend eine Auswahl an Führungsformen, inklusive Randbedingungen, vor. Die Einteilung der Belastungsbereiche unterscheidet sich für zwei- und vierstreifige Straßen. Die Grenzen zwischen den Belastungsbereichen stellen keine harten Grenzen dar, sondern verlaufen fließend. In Einzelfällen kann unter Begründung von den Zuordnungen abgewichen werden. (vgl. FGSV 2010, S. 18f.)



Belastungsbereich	Führungsformen für den Radverkehr	Abschnitt	Randbedingungen für den Wechsel des Belastungsbereiches nach oben oder unten
I	– Mischverkehr mit Kraftfahrzeugen auf der Fahrbahn (Benutzungspflichtige Radwege sind auszuschließen)	3.1	– bei starken Steigungen kann die Führung auf der Fahrbahn gegebenenfalls durch die Führung „Gehweg“ mit dem Zusatz „Radfahrer frei“ ergänzt werden – bei geeigneten Fahrbahnbreiten können bei höheren Verkehrsstärken auch Schutzstreifen vorteilhaft sein – bei großen Fahrbahnbreiten ist die Gliederung der Fahrbahn durch möglichst breite Schutzstreifen sinnvoll
II	– Schutzstreifen – Kombination Mischverkehr auf der Fahrbahn und „Gehweg“ mit Zusatz „Radfahrer frei“ – Kombination Mischverkehr auf der Fahrbahn und Radweg ohne Benutzungspflicht – Kombination Schutzstreifen und „Gehweg“ mit Zusatz „Radfahrer frei“ – Kombination Schutzstreifen und vorhandener Radweg ohne Benutzungspflicht	3.2 3.1 und 3.6 3.1 und 3.4 3.2 und 3.6 3.2 und 3.4	– bei geringem Schwerverkehr, Gefällestrecken über 3 % Längsneigung, übersichtlicher Linienführung und geeigneten Fahrbahnbreiten (vgl. Abschnitt 3.1) kann die Führung im Mischverkehr zweckmäßig sein – bei starkem Schwerverkehr, unübersichtliche Linienführung und ungünstigen Fahrbahnquerschnitten (vgl. Abschnitt 3.1) kommen Radfahrstreifen oder benutzungspflichtige Radwege in Betracht
III/IV	– Radfahrstreifen – Radweg – gemeinsamer Geh- und Radweg	3.3 3.4 3.6	– bei Belastungsbereich III mit geringem Schwerverkehr und übersichtlicher Linienführung kann auch ein Schutzstreifen gegebenenfalls in Kombination mit „Gehweg/Radfahrer frei“ eingesetzt werden

Abbildung 3: Vorauswahl von geeigneten Führungsformen nach ERA 2010 (FGSV 2010, S. 18f.)

Zusammenfassend sind Fahrbahnführungen in den Belastungsbereichen I bis III denkbar. Belastungsbereich I wird in der Regel im Mischverkehr geführt. Für Belastungsbereich II empfehlen sich Angebote wie z.B. Schutzstreifen. Radfahrstreifen sind denkbare Führungsformen für Belastungsbereich III. Ab diesem Belastungsbereich kann auch eine bauliche Trennung vom Kfz-Verkehr erforderlich sein. In den anschließenden beiden Verfahrensschritten wird aus der Vorauswahl unter Berücksichtigung der lokalen Situation eine geeignete Führungsform gewählt. Für die Bearbeitung dieser Verfahrensschritte stehen standardisierte Formblätter zur Verfügung (vgl. FGSV 2010, S. 20).

2.2 Grundlagen der Radverkehrssicherheit

2.2.1 Bedeutung von Radverkehrssicherheit

Ziele und Wahrnehmung

Im Rahmen der Verkehrswende gilt es als Ziel, den Radverkehr zu fördern. Im Nationalen Radverkehrsplan (NRVP) des BMDV (vgl. 2022, S. 9f.) ist als Ziel für das Jahr 2030 eine Erhöhung der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege und der durchschnittlichen Wegelänge ausgegeben. Gegenüber dem Jahr 2017 soll bis 2030 auf diese Weise eine Verdopplung der zurückgelegten Fahrradkilometer pro Tag erreicht werden. Dabei soll auch die Zahl der Menschen steigen, die das Fahrrad auf ihren Freizeit- und Alltagswegen nutzen. Die Entwicklung des Radverkehrs verlief in den letzten Jahren steigend. Jedoch muss die Entwicklung weiter beschleunigt werden, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Die Zahl der pro Person und Jahr mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege stieg von 2002 bis 2017 um rund 12 %. Für den Zeitraum von 2017 bis 2030 ist im NRVP ein Zuwachs von 50 % als Ziel ausgegeben. Die durchschnittliche Wegelänge des Radverkehrs stieg von 2002 bis 2017 um rund 19 % von 3,2 km auf 3,8 km. Bis 2030 soll dieser Wert weiter auf 6,0 km steigen. (vgl. Nobis 2019, S. 18–20)

Es stellt sich die Frage, wie die Ziele des NRVP erreicht werden können und welche Menschen auf welche Art zum häufigeren Fahrradfahren aktiviert werden können. Geller (vgl. 2009, S. 3–9) entwickelte eine Typologie von Fahrradfahrenden. Auf Basis von Befragungen kam er zu dem Schluss, dass ca. 60 % der Menschen in die Kategorie „Interested but concerned“ (Interessiert, aber besorgt) fallen. Darunter sind Menschen zu verstehen, die grundsätzlich für den Radverkehr zu gewinnen sind, die jedoch u.a. aufgrund Sicherheitsbedenken nicht oder nur wenig mit dem Rad fahren. Die beiden Typen „Strong and fearless“ (Stark und furchtlos) und „Enthused and confident“ (Begeistert und souverän), die unabhängig äußerer Bedingungen Fahrrad fahren, machen zusammen nur 8 % der Menschen aus. Die restlichen Menschen außerhalb dieser Typen lassen sich nach Geller nicht für das Fahrradfahren aktivieren. Der Fokus einer Verkehrspolitik muss folglich auf der großen Gruppe der interessierten Menschen liegen, die jedoch noch Bedenken äußern. In ihnen liegt das größte Potential für eine steigende Entwicklung des Radverkehrs. Insgesamt zeigt sich eine hohe Notwendigkeit, mehr Menschen für das Fahrradfahren zu gewinnen. Ein Ansatz dafür ist die Erhöhung der Sicherheit.

Unterschied zwischen objektiver und subjektiver Sicherheit

Das Thema Sicherheit des Radverkehrs lässt sich in die beiden Teilaspekte objektive und subjektive Sicherheit einteilen. Während die objektive Sicherheit über tatsächlich

stattgefundene Unfälle abgebildet werden kann, basiert die subjektive Sicherheit auf der individuellen Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden. Die beiden Teilaspekte stehen untereinander in einer Wechselwirkung. So kann eine niedrige subjektive Sicherheit zu einer hohen objektiven Sicherheit führen, da Fahrzeugnutzende ihr Verhalten im Straßenverkehr entsprechend ihrem Sicherheitsgefühl anpassen und beispielsweise vorsichtiger fahren (vgl. Johannsen 2013, S. 7f.). Damit ist jedoch nicht gesagt, dass eine niedrige subjektive Sicherheit als Ziel ausgegeben werden sollte, um den Radverkehrsanteil zu erhöhen. Im Gegenteil: Eine niedrige subjektive Sicherheit bei Radfahrenden kann auch zu verringerter Akzeptanz von Radfahrinfrastruktur führen. Das würde einer effektiven Verkehrspolitik entgegenstehen.

Die ERA 2010 benennt Ziele für den Entwurf von Radverkehrsanlagen. Radverkehrsanlagen sollen demnach „geeignet sein, die Verkehrssicherheit und die Qualität des Verkehrsablaufs zu gewährleisten oder zu verbessern“ (FGSV 2010, S. 15). Das Entwurfsziel „Verkehrssicherheit“ wird anschließend in die Anforderungen „objektive Verkehrssicherheit“ und „subjektive Verkehrssicherheit“ eingeteilt. Subjektive Verkehrssicherheit lässt sich laut der ERA 2010 durch folgende zwei Kriterien umsetzen:

- „Vermeidung von Situationen, in denen sich die Nutzer gefährdet oder überfordert fühlen.“
- „Wahl von Führungsformen mit geringer Abhängigkeit vom Verhalten anderer.“ (FGSV 2010, S. 15)

Wie die gefühlte Gefährdung und Überforderung gemessen werden sollen, spezifiziert die ERA 2010 nicht. Auch welche Führungsformen geringe Abhängigkeiten vom Verhalten anderer aufweisen, wird nicht konkretisiert. Zusammenfassend ist jedoch festzuhalten, dass die subjektive Sicherheit als Entwurfsziel definiert ist und bei der Planung von Radverkehrsanlagen mitberücksichtigt werden soll.

2.2.2 Objektive Sicherheit

Situation in Deutschland

In Deutschland wird die objektive Sicherheit in Unfallanalysen abgebildet. Die sachliche Zuständigkeit zur Bekämpfung von Verkehrsunfällen obliegt den örtlichen Unfallkommissionen (vgl. VwV-StVO zu § 44 Rn. 1). Die Unfallkommissionen identifizieren Unfallhäufungsstellen, die als Basis für eine Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur dienen sollen. Grundlage hierfür sind die von der Polizei erhobenen Daten zu Unfällen (vgl. FGSV 2012a, S. 2f.). Die alleinige Fokussierung auf tatsächlich stattgefundene Unfälle hat Nachteile. Da Unfälle selten und teils zufällig auftreten, ist es fragwürdig, ob die benötigten Informationen einzig aus Unfallanalysen zu gewinnen sind. Zudem werden nicht alle Unfälle polizeilich erfasst, was Analysen noch ungenauer macht (vgl. Laureshyn et al. 2010, 1.637).

Die Zahl der im Straßenverkehr verunglückten Menschen ist in den letzten Jahren rückläufig. 2021 verunglückten deutschlandweit insgesamt ca. 13 % weniger Personen im Straßenverkehr als im Jahr 2010. Bei Beteiligten auf Fahrrädern stieg dieser Wert jedoch um ca. 28 % (siehe Abbildung 4).

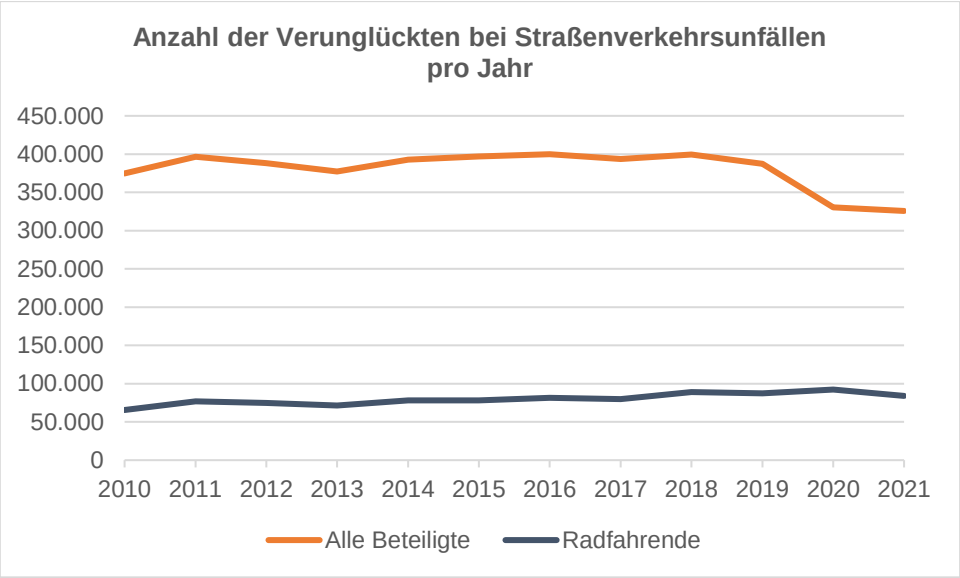


Abbildung 4: Verunglückte bei Straßenverkehrsunfällen pro Jahr (Eigene Darstellung, nach Destatis 2022, S. 139)

Während über alle Beteiligten hinweg im Jahr 2021 ca. 30 % weniger Menschen im Straßenverkehr getötet wurden als noch im Jahr 2010, sank diese Zahl bei Radfahrenden nur um ca. 2 % (siehe Abbildung 5). Unfälle mit Personenschäden wurden also insgesamt seltener, mit Ausnahme von Unfällen im Radverkehr.

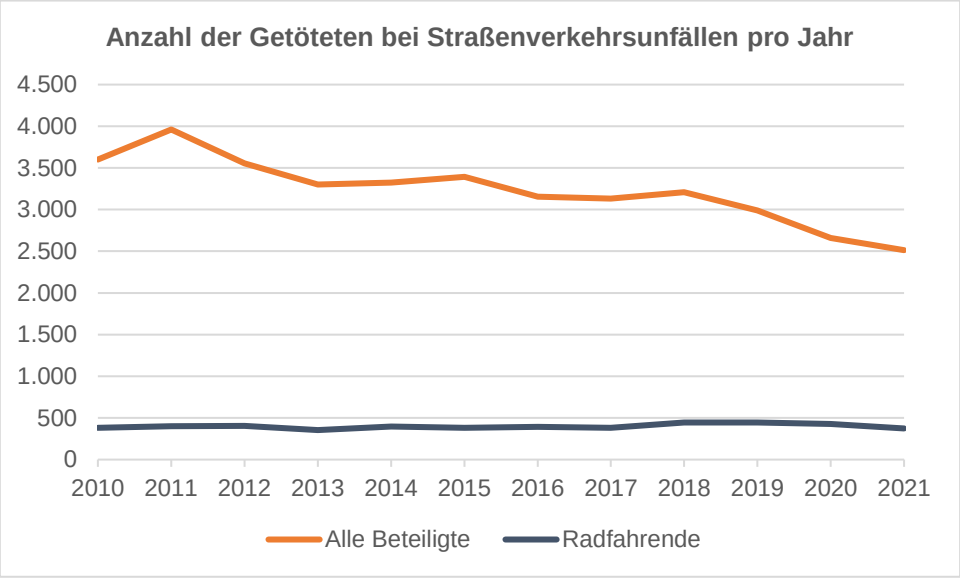


Abbildung 5: Getötete bei Straßenverkehrsunfällen pro Jahr (Eigene Darstellung, nach Destatis 2022, S. 142)

2020 lag der Anteil der innerorts getöteten Radfahrenden in Deutschland bei ca. 60 %. Rund 28 % der auf dem Fahrrad Getöteten starben bei Alleinunfällen. Der Anteil an getöteten Radfahrenden bei Zusammenstößen mit zu Fuß gehenden Personen betrug weniger als ein Prozent. Die restlichen Getöteten, also ca. 72 %, verstarben aufgrund von Unfällen mit einem oder mehreren Kraftfahrzeugen (vgl. Destatis 2021, S. 29–31). Nicht polizeilich erfasste Unfälle sind in diesen Daten nicht mit einbezogen. Es kann, insbesondere bei Alleinunfällen, von einer hohen Dunkelziffer ausgegangen werden (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 14).

Situation in Stuttgart

In Stuttgart starben zwischen 2017 und 2021 insgesamt sieben Radfahrende, davon vier auf einem *Pedelec*. Im gleichen Zeitraum ereigneten sich in Stuttgart insgesamt 2.982 Unfälle mit Fahrradbeteiligung mit Sach- und Personenschaden (vgl. Polizeipräsidium Stuttgart 2022, S. 18f.). 296 dieser Unfälle ereigneten sich im Längsverkehr (Unfalltyp 6), dies entspricht einem Anteil von 9,9 % (Polizeipräsidium Stuttgart, persönliche Kommunikation, 24.10.2022). Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Verkehrsunfälle mit Fahrradbeteiligung der Jahre 2017 bis 2021.

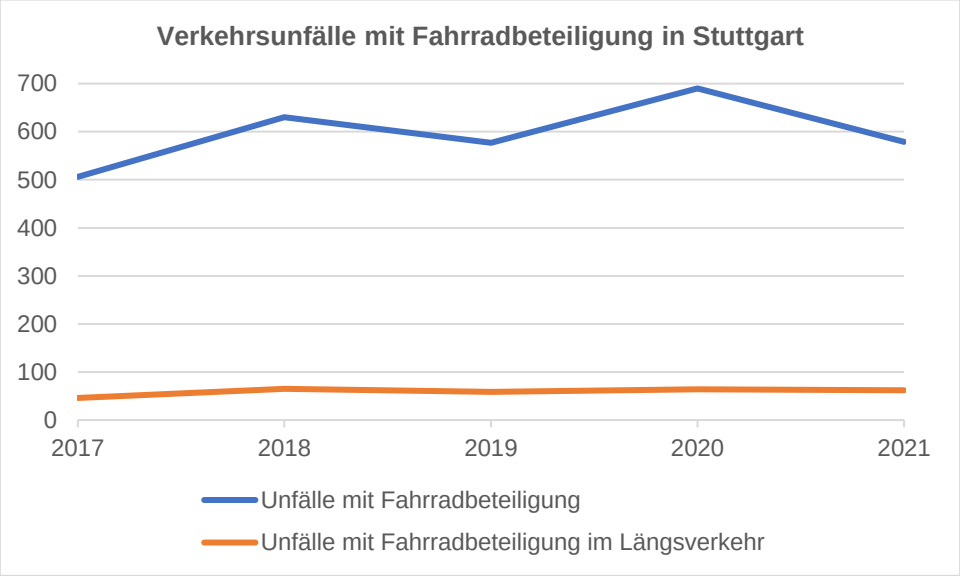


Abbildung 6: Verkehrsunfälle mit Fahrradbeteiligung in Stuttgart (Eigene Darstellung, nach Polizeipräsidium Stuttgart 2022, S. 18f.; Polizeipräsidium Stuttgart, persönliche Kommunikation, 24.10.2022)

Die Unfallstatistik zeigt, dass Radfahrende in Stuttgart überdurchschnittlich stark gefährdet sind. Während nur 7 % aller Wege in Stuttgart mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, waren 2021 bei 14,9 % aller Verkehrsunfälle Radfahrende beteiligt. Bei den Unfällen mit Schwerverletzten betrug der Anteil von Radfahrenden sogar 36 % (vgl. Eggs 2019, S. 11; Polizeipräsidium Stuttgart 2022, S. 4–6). Stuttgart ist damit kein Einzelfall. Vielmehr zeigt sich deutschlandweit das gleiche Bild (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 66).

Objektive Sicherheit verschiedener Radverkehrsführungen

Von allen Radverkehrsführungen weisen Radwege die höchsten Unfallraten auf (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 62). Dies wirkt kontraintuitiv, da der Radverkehr auf Radwegen im Längsverkehr vom Kfz-Verkehr separiert ist. Prinzipiell wird das Unfallgeschehen im Radverkehr jedoch von Vorfahrtunfällen an Knotenpunkten und Grundstückszufahrten dominiert (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 14). Die Unfallraten an Radwegen lassen sich sowohl auf die fehlende Berücksichtigung technischer Entwurfsempfehlungen zurückführen, als auch auf einen hohen Anteil an regelwidrig linksseitig verkehrenden Radfahrenden (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 86; Alrutz et al. 2009, S. 3). Zwischen der Führung im Mischverkehr und markierten Schutzstreifen lässt sich insgesamt kein Unterschied im Verkehrssicherheitsniveau identifizieren (vgl. Hantschel 2022, S. 145). Radfahrstreifen weisen hingegen etwas höhere Unfallraten auf als Schutzstreifen (vgl. Richter et al. 2019, S. 59). Insgesamt streuen die Unfallzahlen bei jeder Führungsform jedoch stark. Daraus ergibt sich, dass gestalterische Einzelmerkmale von

Radverkehrsanlagen einen hohen Einfluss auf die objektive Sicherheit haben (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 20).

Deutschlandweit geschehen 8 % aller Unfälle auf Radfahrstreifen im Längsverkehr. Auf Schutzstreifen beträgt der Wert 11 %. In diesen Fällen sind fast ausschließlich Kfz Unfallgegner (vgl. Alrutz et al. 2009, S. 69). Die Anzahl an Unfällen zwischen Radfahrenden und überholenden Kfz ist bei Fahrbahnführungen von der Radverkehrsstärke abhängig. Je höher die Radverkehrsstärke ist, desto mehr Unfälle dieses Typs sind anteilig zu erwarten (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 78).

2.2.3 Subjektive Sicherheit

Allgemeine Wahrnehmung

Bei Untersuchungen in den USA zeigt sich, dass über die Hälfte aller Menschen aufgrund von geringer subjektiver Sicherheit nicht oder nur wenig Fahrrad fahren (vgl. Geller 2009, S. 3–9). Dass das Thema Radverkehr auch in Deutschland von Sicherheitsbedenken geprägt ist, bestätigt sich in Befragungen. Bei der Befragung „Fahrradmonitor“ gaben insgesamt 37 % aller Befragten an sich auf dem Fahrrad im Straßenverkehr „eher nicht“ oder „überhaupt nicht“ sicher zu fühlen. Unter den Befragten, die eine dieser Antworten gaben, erklärten 64 % davon ihre Unsicherheit mit zu viel Verkehr und 62 % mit rücksichtlosem Verhalten von Autofahrenden (Mehrfachantworten möglich). Zudem beklagten 57 % der Befragten, dass es zu wenige separate Radwege gebe. Das Unsicherheitsgefühl ist in den Bevölkerungsgruppen, die das Fahrrad nicht regelmäßig nutzen am höchsten (vgl. Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH 2021, S 50f.). Die Studie RadAktiv ermittelt ähnliche Werte. Demnach stimmten rund 50 % aller bereits regelmäßigen Radfahrenden der Aussage „Radfahren ist gefährlich“ zu. Unter den aktuell nicht Rad fahrenden Befragten stimmten sogar 67 % dieser Aussage zu (vgl. Mahne-Bieder et al. 2019).

In Stuttgart wird Fahrradfahren insgesamt als unsicher wahrgenommen. Im regelmäßig stattfindenden Fahrradklimatest des Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Clubs (ADFC) bewerteten die Stuttgarter Radfahrenden im Jahr 2021 das Sicherheitsgefühl in ihrer Stadt mit der Schulnote 4,8. Diese Bewertung liegt unter dem Mittelwert der Bewertungen der Städte mit einer Bevölkerung über 500.000 Personen (Mittelwert 4,50). Das Fahren auf Radwegen und Radfahrstreifen wurde ebenfalls mit der Note 4,8 bewertet (Mittelwert 4,62). Das Fahren im Mischverkehr erhielt von den Befragten die Note 4,9 (Mittelwert 4,68) (vgl. ADFC 2020a, S. 1). 67 % der Befragten empfanden Fahrradfahren in Stuttgart eher als Stress, denn als Spaß (vgl. ADFC 2020b, S. 1).

Subjektive Sicherheit verschiedener Radverkehrsführungen

Merk et al. messen in ihren Untersuchungen den subjektiven Stress, den Radfahrende im Straßenverkehr wahrnehmen. Dabei werden die Körperreaktionen mittels eines Sensorarmbands gemessen. Die meisten Stressmomente werden auf Schutzstreifen wahrgenommen (60 Stressmomente/km). Radfahrstreifen (47 Stressmomente/km) und Mischverkehr (24 Stressmomente/km) werden subjektiv als weniger stressig wahrgenommen. Mischverkehr löst damit sogar weniger Stress aus als die meisten Seitenraumführungen. Nur auf getrennten Rad- und Gehwegen ist die Anzahl der Stressmomente pro km mit einem Wert von 20 noch geringer. Bei den Fahrbahnführungen dominieren Überholungen als Auslöser von Stress. Überholungen sind der Auslöser für 36 % aller Stressmomente. Mit einigem Abstand folgen

Kreuzungen und zu Fuß Gehende (jeweils 13 %). Bezogen auf die Typologie nach Geller erlebt die große Gruppe der interessierten, aber besorgten Radfahrenden weniger Stress im Seitenraum als bei Fahrbahnführungen. Gleiches gilt für die Gruppe „Begeistert und souverän“. Einzig innerhalb der Gruppe „Stark und furchtlos“ erleben einige Probanden auf der Fahrbahn am wenigsten Stress (vgl. Merk et al. 2021, S. 773f.).

Werden Radfahrende direkt zu ihrer Wahrnehmung befragt zeigt sich, dass von der Fahrbahn baulich getrennte Radwege als am sichersten empfunden werden. Dahinter folgen Radfahrstreifen. Schutzstreifen werden als unsicherer empfunden. Entgegen des niedrigen gemessenen Stresses empfinden die meisten Radfahrenden die Führung im Mischverkehr, im Vergleich zu den restlichen Radverkehrsführungen, als am unsichersten (vgl. FixMyCity 2020; Richter et al. 2019, S. 71f.; Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH 2021, S. 53). Für Strecken mit einer baulichen Trennung zum Kfz-Verkehr sind Menschen bereit höhere Reisezeiten in Kauf zu nehmen als für Strecken im Mischverkehr. Dies trifft insbesondere auf Gelegenheitsradfahrende zu (vgl. Hardinghaus und Cyganski 2019, S. 14f.).

Zwischen der subjektiven und der objektiven Sicherheit besteht also eine Diskrepanz. Während in der Praxis Radwege hohe Unfallraten aufweisen, fühlen sich Radfahrende dort meist sicherer als bei Fahrbahnführungen. Eine Erklärung dafür ist, dass Radfahrende auf Radwegen den Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmenden weitestgehend selbst bestimmen können. Mögliche Gefahren durch den toten Winkel an Knotenpunkten oder durch Ein- und Ausfahrten lassen sich mental ausblenden. Auf der Fahrbahn hingegen wird der Seitenabstand durch Kfz-Fahrende bestimmt. Den Radfahrenden fehlt das Gefühl der Kontrolle, weshalb die subjektive Unsicherheit hoch ist (vgl. Hagemeister 2013, S. 11).

Obwohl Schutzstreifen innerhalb der markierten Radverkehrsanlagen als am wenigsten sicher empfunden werden, erhöhen sie im Vergleich zu Mischverkehr den Anteil der Radfahrenden auf der Fahrbahn. Aus der resultierenden steigenden Radverkehrsstärke folgt eine noch höhere Akzeptanz (Acceptance-in-numbers-Effekt). Das Unfallgeschehen steigt hingegen unterproportional (Safety-in-numbers-Effekt). Dies zeigt, dass die Erhöhung der subjektiven Sicherheit durch Radverkehrsanlagen auch zu einer steigenden objektiven Sicherheit beitragen kann (vgl. Hantschel 2022, S. 145 f.).

2.3 Rechtliche Grundlagen zu Überholvorgängen

Bei der Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn kommt es im Regelfall zu Überholvorgängen bei denen Radfahrende von Kfz überholt werden. Die rechtlichen Vorgaben für Überholvorgänge im Straßenverkehr sind in der Straßenverkehrsordnung festgelegt. Beim Überholen von Radfahrenden muss mit Kfz innerorts ein Seitenabstand von mindestens 1,50 m und außerorts von 2,00 m eingehalten werden (vgl. § 5 Abs. 4 StVO). Die Angabe von konkreten Seitenabständen wurde im Jahr 2020 im Zuge der 54. StVO-Novelle ergänzt. Vorher wurde lediglich ein unbestimmter, ausreichender Seitenabstand verlangt (vgl. Bundesgesetzblatt 2020, S. 814f.). In der Rechtsprechung wurde jedoch bereits vor der StVO-Novelle ein minimaler Seitenabstand von 1,50 m gefordert (vgl. Müller 2018, S. 12). Wie der Seitenabstand zu messen ist, wird in der StVO nicht definiert. Es ist davon auszugehen, dass die

Differenz zwischen den äußeren Fahrzeugkanten anzusetzen ist. Bei einem Kfz, das linksseitig ein Fahrrad überholt, wäre folglich der Abstand zwischen dem rechten Außenspiegel des Kfz und dem linken Lenkerende des Fahrrads als Seitenabstand zu verstehen. Überholen Radfahrende andere Radfahrende wird kein Mindestseitenabstand gefordert. Die 1,50 m, bzw. 2,00 m aus § 5 Abs. 4 StVO gelten nur für überholende Kfz. Zudem existieren gerichtliche Entscheidungen, die dies bestätigen (vgl. exemplarisch Oberlandesgericht Oldenburg 2021).

Da Radfahrstreifen Sonderwege und nicht Teil der Fahrbahn sind, werden darauf befindliche Radfahrende von Kfz auf angrenzenden Fahrstreifen nicht überholt. Rechtlich handelt es sich um Vorbeifahren. Ein Rechtsgutachten der Unfallforschung der Versicherer (UDV) kommt zu dem Schluss, dass auch bei Radfahrenden auf Radfahrstreifen ein Mindestseitenabstand von 1,50 m (innerorts), bzw. 2,00 m (außerorts) verlangt werden sollte. Das Gutachten greift zur Argumentation auf die bisherige Rechtsprechung und den Schutzgedanken aus § 1 StVO zurück (vgl. Müller 2018, 12–14).

2.4 Forschungsstand zu Seitenabständen

Das Thema Seitenabstände bei Überholvorgängen von Kfz zu Radfahrenden wurde bereits in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht. Im Folgenden wird eine Übersicht über den Forschungsstand innerhalb Deutschlands gegeben. Projekte außerhalb Deutschlands werden aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

Die vorliegenden Forschungsprojekte konzentrieren sich weitestgehend auf Erhebungen in Großstädten. Untersuchungen, die einzelne Städte betrachten liegen für Berlin, Stuttgart, Dresden, Karlsruhe und Pforzheim vor. Mit Weimar ist eine Mittelstadt vertreten. Innerhalb von Projekten, die Erhebungen mehrerer Städte zusammenfassen, sind ebenfalls vereinzelte Messstrecken in Mittelstädten vertreten. Die Technische Universität Braunschweig führte zudem Versuche im Fahrsimulator durch. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der vorliegenden Projekte, inklusive einer Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse. Zudem wird der Anteil der Überholvorgänge (ÜHV) mit weniger als 1,50 m Seitenabstand angegeben. In der StVO wird erst seit 2020 ein minimaler Seitenabstand von 1,50 m (innerorts) gefordert. Bereits vorher wurde dieser Wert in der Rechtsprechung zugrunde gelegt, weshalb alle vorliegenden Untersuchungen an dieser Stelle die Grenze zwischen akzeptablen und nicht akzeptablen Überholvorgängen ziehen. Die Projekte vor und nach der StVO-Novelle sind in Tabelle 1 durch eine horizontale Linie getrennt.

Organisation	Ort	Jahr	Art der Messung	% ÜHV < 150 cm	Indikatoren für enge ÜHV	Kein Einfluss auf den Seitenabstand
Bast (Ohm et al. 2015)	Diverse	2015	Verkehrs-beobachtung (Video)	k.A.[2]	-Geringe Fahrbahnbreite -Gegenverkehr	/
Diplomarbeit, TU Dresden (Langer 2016)	Dresden	2016	Kamera (ein Proband)	75 %	-Gegenverkehr -Radfahrenden mit Helm -Schutzstreifen -Geringe Kernfahrbahnbreite	-Kfz-Geschwindigkeit -Fahrzeugart
Tagesspiegel (Tagesspiegel o.J.)	Berlin	2018	Abstands-sensor (100 Probanden)	56 %	-Zwischen zehn und zwölf Uhr -Langsam fahrende Radfahrende -Geringer Abstand der Radfahrenden zu parkenden Autos -Radfahrende ohne Helm	-Radfahrenden mit/ohne Warnweste -Alter der Radfahrenden -Geschlecht der Radfahrenden
UDV (Richter et al. 2019)	Berlin	2019	Laser	50 %	-Überholender Schwerverkehr -Radfahrenden in der linken Hälfte von Schutz- und Radfahrstreifen -Keine Leitlinie in der Fahrbahnmitte	-Art der Radverkehrsführung -Gegenverkehr -zwei gleichzeitig überholende Pkw
TU Braunschweig (Huemer 2019)	Simulator	2019	Simulator (101 Probanden)	k.A.	-Gegenverkehr -Schutz- und Radfahrstreifen	/
2020: StVO-Novelle						
Bergische Universität Wuppertal, TU Dresden (Koppers et al. 2021)	Diverse	2021	Verkehrs-beobachtung (Video)	43 %	-Gegenverkehr	/
DHBW Stuttgart (Plavec und Schmock 2021)	Stuttgart	2021	Abstands-sensor (> 100 Probanden)	74 %	-Langsame Radfahrende -Niedrige zulässige Höchstgeschwindigkeit	/
Masterarbeit, Bauhaus-Universität Weimar (Mros 2021)	Weimar	2021	Abstands-sensor (ein Proband)	k.A.	-Schutzstreifen -Straßen mit Leitlinien -Weit links fahrende Radfahrende	/
Hochschule Karlsruhe (Merk et al. 2022)	Karlsruhe, Pforzheim	2022	Abstands-sensor (Anzahl Probanden unbekannt)	10 % (Alle Wege) 55 % (Haupt-verkehrs-straßen)	-Schmale Radverkehrsführung -Geringe Fahrbahnbreite -Gegenverkehr	-Art der Radverkehrsführung -unterschiedliche Höchst-geschwindigkeiten -zulässige Höchstgeschwindigkeit

Tabelle 1: Forschungsstand zu Seitenabständen

[2] „Typischer Seitenabstand“: 0,85 m bei Gegenverkehr, 1,05 m ohne Gegenverkehr (vgl. Ohm et al. 2015, S. 63f.)

Ein Großteil der Projekte kommt zu dem Ergebnis, dass ein hoher Anteil der Überholvorgänge zwischen Kfz und Radfahrenden zu eng durchgeführt wird. Die Spannweite der genannten Werte reicht dabei von 43 % bis zu 75 % (vgl. Koppers et al. 2021, S. 51; Langer 2016, S. 62). Die einzige Ausnahme bildet das Projekt der Hochschule Karlsruhe in Karlsruhe und Pforzheim, bei dem über alle Wege hinweg nur 10 % der Überholvorgänge zu eng durchgeführt wurden. Begründet wird dies mit der Routenwahl der Probanden, die die Messungen auf ihren Alltagswegen durchführten und dabei gezielt konfliktarme Routen wählten. Bei der alleinigen Betrachtung von Hauptverkehrsstraßen steigt der Wert auf 55 % (vgl. Merk et al. 2022, S. 592).

In den Projektergebnissen treten mehrere Faktoren gehäuft als Indikatoren für enge Überholvorgänge auf. So ermitteln mehrere Studien auftretenden **Gegenverkehr** als Auslöser für geringe Seitenabstände (vgl. Ohm et al. 2015, S. 63; Langer 2016, S. 71f.; Huemer 2019, S. 22; Koppers et al. 2021, S. 120). Einzig Richter et al. (vgl. 2019, S. 67) stellen keinen Einfluss des Gegenverkehrs fest. Die Breite der **Fahrbahn** (vgl. Merk et al. 2022, S. 590f.; Ohm et al. 2015, S. 64), bzw. der *Kernfahrbahn* (vgl. Langer 2016, S. 73) stellt ebenso einen Einflussfaktor dar. Je geringer die Breite ist, desto eher ist mit engen Überholvorgängen zu rechnen. Vorhandene **Schutzstreifen** werden ebenfalls häufig als Indikator für geringe Seitenabstände ermittelt (vgl. Ohm et al. 2015, S. 63; Langer 2016, S. 81; Huemer 2019, S. 22; Mros 2021, S. 65). Auch **Radfahrstreifen** scheinen engere Überholvorgänge als Mischverkehr zu bewirken (vgl. Huemer 2019, S. 22). Dieser Effekt verstärkt sich bei schmalen Schutz- und Radfahrstreifen (vgl. Merk et al. 2022, S. 590). Bezüglich des Verhaltens der Radfahrenden hat die **Fahrgeschwindigkeit** einen Einfluss auf den Seitenabstand. Langsam fahrende Radfahrende werden besonders eng überholt (vgl. Tagesspiegel o.J.; Plavec und Schmock 2021). Auch die **Position der Radfahrenden** hat einen Einfluss. Bei Schutz- und Radfahrstreifen lässt sich beobachten, dass umso mehr enge Überholvorgänge auftreten, je weiter links sich Radfahrende befinden. Die Kfz-Fahrenden orientieren sich in diesen Fällen an den Fahrbahnmarkierungen und verändern ihre Position nicht abhängig von der Position der Radfahrenden (vgl. Richter et al. 2019, S. 67f.; Mros 2021, S. 66).

Ob das Tragen eines Fahrradhelms Einfluss auf die Seitenabstände hat, ist unklar. Während Langer (vgl. 2016, S. 69) bei **Helmnutzung** besonders enge Seitenabstände beobachtet, zeigt sich im Radmesser-Projekt des Tagesspiegels (vgl. o.J.) das Gegenteil. Ebenfalls widersprüchlich sind die Ergebnisse bezüglich der örtlichen **zulässigen Höchstgeschwindigkeit**. Nach Plavec und Schmock (vgl. 2021) wird besonders auf Straßen mit einer niedrigen zulässigen Höchstgeschwindigkeit eng überholt. Merk et al. (vgl. 2022, S. 591) erkennen hingegen keinen Zusammenhang. Auch für das Vorhandensein einer **Leitlinie** in der Mitte der Fahrbahn gibt es keine klare Tendenz. Nach Mros (vgl. 2021, S. 66) treten in diesem Fall engere Seitenabstände auf, als beim Fehlen einer Leitlinie. Richter et al. (vgl. 2019, S. 68) kommen gegenteilig zum Ergebnis, dass auf Strecken ohne Leitlinie in der Fahrbahnmitte besonders eng überholt wird.

Faktoren, für die in keiner Untersuchung ein Einfluss auf Überholvorgänge festgestellt wurden, sind die Geschwindigkeit des überholenden Fahrzeugs sowie das Alter und das Geschlecht der Radfahrenden. Gleiches gilt für das Tragen einer Warnweste. Der Einfluss der **Verkehrsstärke** auf die auftretenden Seitenabstände wird in keiner Untersuchung explizit ermittelt. Ohm et al. (vgl. 2015, S. 61) beobachten zwischen der

Kfz-Verkehrsstärke und der Häufigkeit angenommener Überholvorgänge keinen Zusammenhang. Langer (vgl. 2016, S. 80) benennt die Verkehrsstärke als möglichen Faktor für die auftretenden Seitenabstände, kann aus den vorliegenden Daten jedoch keine Beurteilung dazu treffen.

Bei der Bewertung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse muss beachtet werden, dass diese abhängig vom jeweiligen Studiendesign sein können. Die Ergebnisse sind u.a. abhängig von der Streckenwahl und der Anzahl der Probanden. Zudem ist nicht klar, ob sich alle Aspekte der Ergebnisse auf andere Städte übertragen lassen (vgl. Merk et al. 2022, S. 592). Diese Zusammenfassung kann daher nur einen groben Überblick über das Thema geben.

2.5 Forschungshypothesen

Aus den bisherigen Abschnitten lässt sich zusammenfassend festhalten, dass im Radverkehr eine Divergenz zwischen objektiver und subjektiver Sicherheit besteht. Radverkehrsplanung einzig nach der objektiven Sicherheit auszurichten kann nicht dazu beitragen den Radverkehrsanteil zu erhöhen, was im Rahmen der Klimawende jedoch dringend notwendig erscheint. Baulich getrennte Radwege, die technische Entwurfsempfehlungen ausreichend berücksichtigen und damit das Potenzial für hohe objektive und subjektive Sicherheit bieten, lassen sich aufgrund beengter Platzverhältnisse in der Praxis oft nicht umsetzen. Als Alternative existieren Fahrbahnführungen, die bisher als unsicher wahrgenommen werden. Insbesondere Überholvorgänge lösen dort Stress für Radfahrende aus und führen zu einer verringerten Nutzung des Fahrrads (vgl. Merk et al. 2021, S. 776). Einer der bedeutendsten Aspekte von Überholvorgängen ist der dabei auftretende Seitenabstand. Durch die StVO-Novelle im Jahr 2020, in der für Kfz konkrete Mindestabstände beim Überholen von Radfahrenden festgesetzt wurden, ist dieses Thema aktuell besonders relevant. Diese Arbeit untersucht daher, welche Einflüsse auf die Seitenabstände zwischen überholenden Kfz und überholten Radfahrenden wirken.

Zur Untersuchung der Forschungsfrage werden folgende Hypothesen aufgestellt, die im Folgenden begründet werden:

1. Radfahrende auf Schutz- und Radfahrstreifen werden enger überholt als Radfahrende im Mischverkehr.
2. Höhere Kfz-Verkehrsstärken führen zu geringeren Seitenabständen.
3. Während der Spitzenverkehrszeiten treten kleinere Seitenabstände auf als zu Nebenverkehrszeiten.

In den bisherigen Forschungsprojekten wurden Schutz- und Radfahrstreifen als Indikator für geringe Seitenabstände ermittelt. Da die Führungsform des Radverkehrs einen hohen Einfluss auf die subjektive Sicherheit und damit auf den Radverkehrsanteil hat, ist dieses Kriterium als sehr wichtig zu bewerten. Es soll daher untersucht werden, ob die bisherigen Forschungsergebnisse bestätigt werden können und ob auch bei den durchgeführten Messfahrten ein Einfluss der Führungsform erkannt werden kann. **Hypothese 1** basiert auf den Aussagen der betrachteten Forschungsprojekte: *Radfahrende auf Schutz- und Radfahrstreifen werden enger überholt als Radfahrende im Mischverkehr.*

Die beiden folgenden Hypothesen basieren auf der in Kapitel 2.1.2 erläuterten Vorauswahl von geeigneten Führungsformen für Radverkehr der ERA 2010. Dort werden Straßen anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der Kfz-Verkehrsstärke in Belastungsbereiche eingeteilt, für die wiederum mögliche Führungsformen vorgegeben werden. Die Höchstgeschwindigkeit ist für Außenstehende leicht in Erfahrung zu bringen und tritt mit wenigen, diskreten Werten auf. Die Kfz-Verkehrsstärke ist nicht ohne Weiteres zu erkennen und variiert in einer größeren Bandbreite. Zudem liegen im bisherigen Forschungsstand keine Erkenntnisse über den Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke vor. Insgesamt stellt sich die Frage, ob sich die Grenzen der Belastungsbereiche in der Praxis erkennen lassen. Die ERA 2010 geht davon aus, dass eine Trennung zwischen Kfz- und Radverkehr umso mehr geboten ist, je höher die Verkehrsstärke einer Straße ist. Ursächlich für diesen Ansatz sind „Sicherheitsgründe“, welche jedoch nicht genauer erläutert werden (FGSV 2010, S. 20). Eine mögliche Interpretation ist, dass bei steigender Verkehrsstärke der Begegnungsfall zwischen Kfz- und Radverkehr unsicherer für die Beteiligten wird. Daraus wird **Hypothese 2** abgeleitet: *Höhere Kfz-Verkehrsstärken führen zu geringeren Seitenabständen*. Bei gleicher Radverkehrsführung und ansonsten gleichen Bedingungen wäre demnach zu erwarten, dass in einer Straße mit hoher Kfz-Verkehrsstärke engere Überholvorgänge auftreten als in einer Straße mit niedriger Kfz-Verkehrsstärke.

Die Belastungsbereiche nach ERA 2010 werden anhand der Kfz-Verkehrsstärke innerhalb der Spitzenstunde eines Querschnitts ermittelt. In der Praxis variiert die Kfz-Verkehrsstärke über den Verlauf eines Tages. Typischerweise ist der Nachmittag die Tageszeit mit der höchsten Verkehrsstärke. Auch der Morgen weist typischerweise eine überdurchschnittlich hohe Verkehrsstärke auf. Dies lässt sich durch die zu diesen Zeiten zurückgelegten Wege zwischen Wohnung und Arbeitsplatz erklären. Zwischen diesen Tageszeiten tritt Mittags gewöhnlicherweise eine geringere Verkehrsstärke auf (vgl. Klein 2021, S. 187). Wenn Hypothese 2 bestätigt werden kann, sind die geringsten Seitenabstände innerhalb einer Straße während der Spitzenstunden zu erwarten. In Zeiten mit geringerer Verkehrsstärke wären in diesem Fall höhere Seitenabstände zu erwarten. Daraus folgt **Hypothese 3**: *Während der Spitzenverkehrszeiten treten kleinere Seitenabstände auf als zu Nebenverkehrszeiten*.

3. Methodik

3.1 Vorgehensweise

3.1.1 Grundlegendes Vorgehen

Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, welche Einflüsse auf die Seitenabstände von Überholvorgängen zwischen Kfz und Radfahrenden wirken. Das Untersuchungsgebiet ist die Stadt Stuttgart. Die dafür notwendigen Daten wurden vom Autor dieser Arbeit, als einzigem Probanden, auf speziell dafür durchgeführten Fahrten gewonnen. Dies ermöglicht die gezielte Erhebung in systematisch ausgewählten Straßen sowie eine Vergleichbarkeit der Daten untereinander, aufgrund eines weitestgehend gleichbleibenden Fahrstils. Der Proband ist ein 36 Jahre alter Mann, mit einer Körpergröße von 1,78 m. Die Erhebung der Daten erfolgt mit einem OpenBikeSensor,

der Seitenabstände durch Ultraschall misst. Für die Auswertung werden im Rahmen dieser Arbeit folgende Begriffe definiert (siehe Abbildung 7):

- **Messstrecke**: Straßenzug zwischen zwei festgelegten Punkten, auf dem Erhebungen durchgeführt werden.
- **Fahrtrichtung**: Eine Messstrecke kann mit dem Fahrrad in zwei Richtungen befahren werden. Die Eigenschaften der Strecke können sich zwischen den beiden Fahrtrichtungen unterscheiden (z.B. Führungsform). Daher werden die Fahrtrichtungen im Folgenden separat ausgewertet.
- **Runde**: Das einmalige Befahren beider Fahrtrichtungen einer Messstrecke, während einer Messfahrt.
- **Teilrunde**: Das einmalige Befahren einer Fahrtrichtung, während einer Messfahrt.

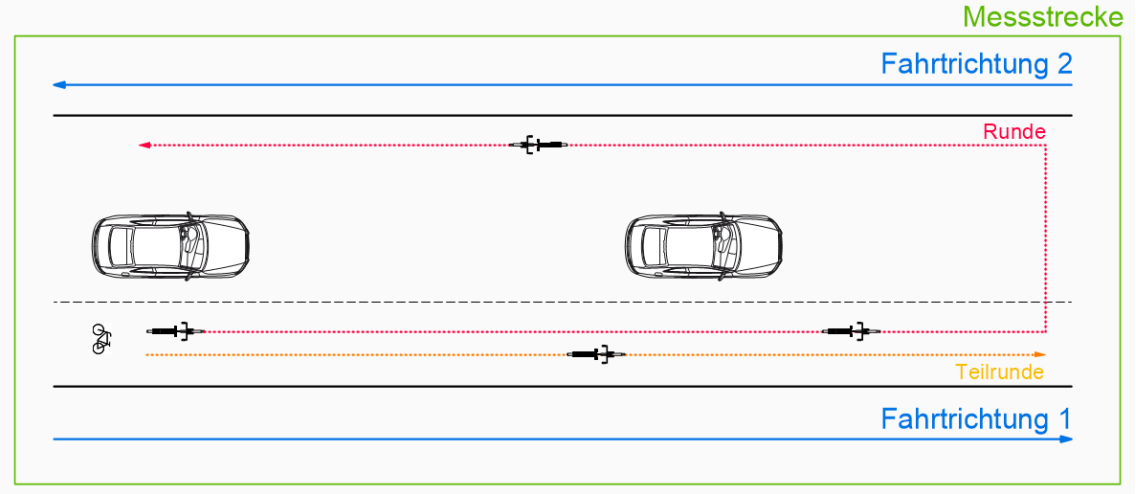


Abbildung 7: Darstellung der verwendeten Begriffe (Eigene Darstellung)

Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projekts ca. 790 km zurückgelegt und 4.369 Überholvorgänge auf 13 Messstrecken aufgezeichnet. Auf allen betrachteten Messstrecken wird der Radverkehr entweder im Mischverkehr oder auf Schutz- bzw. Radfahrstreifen geführt. Prinzipiell lassen sich für die Auswahl der Messstrecken auch baulich getrennte Radwege vorstellen, die nah an der Fahrbahn geführt werden und auf denen Radfahrende von engen Seitenabständen betroffen sind. Für die Erhebungen werden baulich getrennte Radwege jedoch ausgeschlossen, um den Umfang der Erhebungen zu begrenzen. Ebenfalls werden keine vierstreifigen und keine außerörtlichen Straßen sowie keine Fahrradstraßen fin die Untersuchung einbezogen, da dies den Erhebungsaufwand über Gebühr erhöhen würde.

Aufgrund der gewählten Erhebungsmethode mit Abstandssensor und ohne zusätzliche Videoüberwachung können folgende Faktoren nicht erhoben und betrachtet werden:

- Anzahl der abgelehnten Überholvorgänge
- Fahrzeugart der überholenden Kfz
- Geschwindigkeit der überholenden Kfz
- Gegenverkehr während Überholvorgängen

3.1.2 Zeitlicher Erhebungsumfang

Wahl der Erhebungszeiträume

Für die Wahl der Erhebungszeiträume wurde auf die Vorgaben der Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE), Ausgabe 2012 zurückgegriffen. Spezifische Vorgaben zur Messung von Seitenabständen sind in der Richtlinie nicht enthalten. Ersatzweise wurden die Vorgaben für Kfz-Verkehrszählungen betrachtet. Da die durchgeführten Messungen die Seitenabstände im alltäglichen Verkehr erfassen sollen, welcher auch durch Verkehrszählungen festgestellt wird, erscheint diese Vorgehensweise zulässig.

Als Tage für Messungen kommen nach EVE 2012 die Tage Dienstag, Mittwoch und Donnerstag in Frage. Weiterhin werden Verkehrszählungen nur in Normalwochen empfohlen, also in Wochen ohne Schulferien oder Feiertagen. Diese Empfehlungen wurden bei den Messfahrten berücksichtigt. Die Durchführung von Verkehrszählungen wird für den Zeitraum des Sommerhalbjahres empfohlen, also von März bis Oktober (vgl. FGSV 2012b, S. 17). Aufgrund des Projektzeitraums wurde von letzterer Empfehlung bei den Messfahrten abgewichen. Die Erhebungen wurden von September bis November 2022 durchgeführt. Das Wetter im November erwies sich während den Erhebungen als mild. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das Wetter keinen maßgeblichen Einfluss auf die erhobenen Daten ausübte. Weiterhin ist der Einfluss der Dunkelheit im November zu berücksichtigen. Vereinzelte Messfahrten nach dem Ende der Sommerzeit fanden teilweise in der Dunkelheit statt. Wie sich Dunkelheit auf Überholabstände auswirkt, ist nicht erforscht. Daten zum Wetter sowie zu Sonnenaufgang und -untergang an den Erhebungstagen werden in der Auswertung dokumentiert.

Für die Wahl der Erhebungszeiträume gibt die EVE 2012 mehrere mögliche Kombinationen von Zeiträumen vor. Die Wahl ist abhängig vom Ort der Zählung und der Lage der Spitzenstunde der betreffenden Straße. Für dieses Projekt werden innerörtliche Straßen betrachtet, deren Spitzenstunde nach 07:00 Uhr liegt. Daher wurden folgende Erhebungszeiträume gewählt (vgl. FGSV 2012b, S. 17):

- 07:00 bis 10:00 Uhr (im Folgenden: Morgens)
- 12:00 bis 14:00 Uhr (im Folgenden: Mittags)
- 15:00 bis 18:00 Uhr (im Folgenden: Nachmittags)

Auf jeder Messstrecke wurde jeder Erhebungszeitraum einmal erhoben. Die genauen Tage an denen die Messfahrten stattfanden, werden im Rahmen der Auswertung dokumentiert. Die drei Erhebungszeiträume jeder einzelnen Messstrecke wurden nicht an einem einzelnen Tag erfasst. Stattdessen wurden die Messfahrten für einzelne Strecken auf zwei bis drei verschiedene Tage aufgeteilt. Diese Tage folgten nicht notwendigerweise direkt aufeinander. Durch die Berücksichtigung der Vorgaben der EVE 2012 ist jedoch davon auszugehen, dass an jedem Erhebungstag Normalverkehr auftrat und keine relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Messfahrten bestanden.

Anzahl der Runden

Die gewählten Messstrecken wurden während der Erhebungszeiträume kontinuierlich und abwechselnd in beide Fahrtrichtungen befahren. Daraus ergibt sich eine Brutto-Fahrzeit von acht Stunden pro Messstrecke. Innerhalb jeder Stunde war eine Pause von ungefähr zehn Minuten vorgesehen. Auf jeder Messstrecke wurden daher so viele

Runden absolviert, dass der Proband nach ca. 50 Minuten wieder am Startpunkt ankam. Dies wurde über die gesamte Dauer der Erhebungszeiträume wiederholt, wobei darauf geachtet wurde während jeder Stunde die gleiche Anzahl an Runden zu befahren. Dadurch wurden beide Fahrtrichtungen (FR) einer Messstrecke gleich häufig befahren. Die Anzahl an gefahrenen Runden unterscheidet sich zwischen den einzelnen Messstrecken. Die Rundenzahl jeder Messstrecke ist u.a. abhängig von der Länge und der dortigen verkehrlichen Situation. Dass jede Messstrecke innerhalb der Erhebungszeiträume möglichst oft befahren wurde, diente dem Zweck möglichst viele Überholvorgänge aufzuzeichnen.

Als Beispiel sei eine Messstrecke genannt, auf der eine Runde innerhalb von ca. zehn Minuten absolviert werden kann. Diese Messstrecke wäre innerhalb einer Stunde fünf Mal befahren worden, woraus sich eine Fahrzeit von 50 Minuten und eine Pausenzeit von zehn Minuten ergeben hätte. In den darauffolgenden Stunden wäre diese Anzahl an Runden beibehalten worden, auch wenn sich z.B. durch einen verringerten Verkehrsfluss eine Fahrzeit von 55 Minuten und eine Pausenzeit von fünf Minuten ergeben hätte.

3.1.3 Streckenwahl

Vorgehensweise

Zu Beginn des Projekts wurden 13 Messstrecken innerhalb Stuttgarts ausgewählt. Die Anzahl der Messstrecken wurde so gewählt, dass diese möglichst hoch war und dabei innerhalb des Projektzeitraums erhoben werden konnten. Zudem sollten die drei betrachteten Führungsformen (Mischverkehr, Schutz- und Radfahrstreifen) innerhalb der Auswahl möglichst gleichmäßig vertreten sein. Für die Wahl der Messstrecken wurden weiterhin folgende Voraussetzungen festgelegt:

- Ausreichende Streckenlänge, um eine gewisse Anzahl an Überholvorgängen zu ermöglichen.
- Ausreichende Fahrbahnbreite, um StVO-konforme Überholvorgänge zu ermöglichen.
- Vorliegende Verkehrszählungen, inklusive der Kfz-Verkehrsstärke zur Spitzenstunde.

Eine Vorauswahl der Messstrecken wurde anhand der online verfügbaren Radfahrempfehlungen der Stadt Stuttgart getroffen[3]. Dort werden Straßen mit ausgewiesener Radverkehrsführung im Stadtplan gekennzeichnet. Potenziell in Frage kommende Straßen wurden daraufhin auf die genannten Voraussetzungen überprüft. Nach diesem Prozess verblieben 13 Messstrecken. Die gewählten Messstrecken werden im Folgenden getrennt nach Fahrtrichtung analysiert. Teil dieser Untersuchung sind elf Fahrtrichtungen im Mischverkehr, acht Fahrtrichtungen mit Schutzstreifen und sechs Abschnitte mit Radfahrstreifen.

Während Schutzstreifen und Radfahrstreifen nach ERA 2010 im Regelfall beidseitig anzulegen sind, wurden für die Erhebungen auch Straßen mit einseitigen Schutz- oder Radfahrstreifen ausgewählt. Solche Querschnitte sind in Stuttgart mehrfach vorhanden, wobei die Radverkehrsführung meistens in Richtung einer positiven Längsneigung verläuft. Doppellösungen, wie z.B. die Kombination von Mischverkehr auf der Fahrbahn und für den Radverkehr freigegebenen Gehweg oder die

[3] https://maps.stuttgart.de/stadtplan/

Kombination von Mischverkehr auf der Fahrbahn und einem Radweg ohne Benutzungspflicht sind nicht Teil der Auswahl.

Gewählte Messstrecken

Tabelle 2 zeigt, alphabetisch nach Straßennamen sortiert, die Übersicht der gewählten Messstrecken. Die vorliegenden Verkehrserhebungen wurden vom Tiefbauamt Stuttgart zur Verfügung gestellt (persönliche Kommunikation, 02.09.2022; 09.11.2022). Die zugrunde liegenden Verkehrszählungen wurden in den Jahren 2007 bis 2022 durchgeführt. Daraus folgt eine gewisse Unsicherheit, da sich die Werte im Zeitverlauf verändert haben können. Da sonst keine anderen Daten vorliegen und da auf keiner Messstecke seit Durchführung der dortigen Verkehrszählung bauliche Änderungen durchgeführt wurden, werden die vorliegenden Verkehrsmengen dennoch als Grundlage für die Analyse genommen.

Nr.	Straße	Stadtbezirk	FR1	FR2	Max. Höchst-geschw.	Verkehrsstärke (Spitzenstunde) [Kfz/h]
1a	Augsburger Straße	Untertürkheim	Radfahrstreifen	Geh-/Radweg[4]	50 km/h	1.147
1b	Imweg	Obertürkheim	Schutzstreifen	Schutzstreifen	50 km/h	1.107
2	Fellbacher Straße	Untertürkheim	Schutzstreifen	Mischverkehr	50 km/h	809
3a	Hegelstraße	Mitte	Mischverkehr	Mischverkehr	40 km/h	919
3b	Rosenbergstraße	Mitte	Mischverkehr	Mischverkehr	40 km/h	799
4a	Olgastraße (Süd)	Mitte	Schutzstreifen	Mischverkehr	40 km/h	697
4b	Olgastraße (Nord)	Mitte	Mischverkehr	Mischverkehr	40 km/h	702
5	Sigmaringer Straße	Möhringen	Schutzstreifen	Schutzstreifen	50 km/h	1.114
6	Waiblinger Straße	Bad Cannstatt	Radfahrstreifen	Radfahrstreifen	40 km/h	876 (FR1) 674 (FR2)
7	Waldburgstraße	Vaihingen	Schutzstreifen	Mischverkehr	50 km/h	304
8a	Zabergäustraße (West)	Zuffenhausen	Radfahrstreifen	Mischverkehr	50 km/h	989
8b	Zabergäustraße (Ost)	Zuffenhausen	Radfahrstreifen in Mittellage	Radfahrstreifen	50 km/h	1.846
9	Zeppelinstraße	West	Schutzstreifen	Mischverkehr	40 km/h	650

Tabelle 2: Auswahl der Messstrecken

Zur Übersicht wurde für jede Messstrecke ein separater Steckbrief erstellt. Die Steckbriefe enthalten die Lage und die relevanten Informationen zu den gewählten Messstrecken sowie die Dokumentation der durchgeführten Messfahrten. Zudem wird eine unkommentierte Auswertung jeder einzelnen Messstrecke wiedergegeben. Dies ermöglicht es die durchgeführten Erhebungen nachzuvollziehen. Anhang A.1 erläutert die Daten der Steckbriefe und deren Quellen. Die Steckbriefe sind den Anhängen A.2 bis A.14 zu entnehmen.

Anmerkungen zu den Messstrecken

Innerhalb der gewählten Messstrecken gibt es vier Streckenpaare. Dies sind Messstrecken, die entweder in der gleichen Straße (z.B. Olgastraße Süd und Nord) oder in zwei durch einen Knotenpunkt verknüpfte Straßen (z.B. Augsburger Straße und Imweg) liegen. Diese Streckenpaare wurden jeweils zusammen befahren. Dementsprechend wurden diese Messstrecken weniger oft befahren, als dies bei einer separaten Erhebung der Fall gewesen wäre. Dies spiegelt sich in einer gegenüber den restlichen Messstrecken geringeren Anzahl an aufgezeichneten Überholvorgängen wider. Eine separate Erhebung der Streckenpaare wäre ebenso denkbar gewesen. Eine Abwägung gegenüber beiden Vorgehensweisen fiel zugunsten einer

[4] Kein Teil der Untersuchung

gemeinsamen Erhebung aus, da innerhalb des festgelegten Projektzeitraums so mehr Messstrecken ausgewertet werden können.

Zwei der gewählten Messstrecken weisen Besonderheiten auf und lassen sich nicht als zweistreifige Straßen bezeichnen. Die Waiblinger Straße wird zweibahnig geführt. Zwischen beiden Fahrtrichtungen verläuft eine U-Bahn-Trasse. Diese Straße wird in die Untersuchung einbezogen, da in ihr Überholvorgänge ohne den Einfluss des Gegenverkehrs auftreten. Die zugrunde gelegte Verkehrsstärke bezieht sich hierbei nicht auf den Querschnitt, sondern auf die jeweilige Fahrtrichtung. Die Zabergäustraße (Ost) ist ein dreistreifiger Abschnitt, bestehend aus einem Fahrstreifen in Richtung Osten und zwei Richtungsfahrstreifen in Fahrtrichtung Westen. In östlicher Fahrtrichtung verläuft ein konventioneller Radfahrstreifen. Zwischen den beiden Richtungsfahrstreifen in westlicher Richtung verläuft ein Radfahrstreifen in Mittellage. Die Dreistreifigkeit relativiert auch die dortige, hohe Verkehrsstärke. Werden die Fahrzeuge, die den Rechtsabbiegestreifen befahren und sich damit nicht zwischen den beiden Radfahrstreifen befinden, herausgerechnet, beträgt die Verkehrsstärke der Messstrecke 1.353 Kfz/h. Dies wäre immer noch der höchste Wert aller Messstrecken und würde an der Zuteilung zum Belastungsbereich nichts ändern (Belastungsbereich III). Da der Rechtsabbiegestreifen nicht über die gesamte Messstrecke verläuft, wird im Weiteren der Wert von 1.846 Kfz/h angegeben. Beide genannten Messstrecken werden im Weiteren unter Vorbehalt anhand des Diagramms für zweistreifige Straßen den Belastungsbereichen zugeordnet.

Einordnung in die Belastungsbereiche

Abbildung 8 zeigt die Einordnung der gewählten Messstrecken in die verschiedenen Belastungsbereiche. Wie zu erkennen ist, befinden sich mehrere Messstrecken in den Grenzbereichen zwischen den Belastungsbereichen I und II sowie zwischen den Belastungsbereichen II und III. Somit existieren Straßen mit Schutzstreifen auf denen auch Mischverkehr umsetzbar wäre (Waldburgstraße), bzw. auf denen auch ein Radfahrstreifen möglich wäre (Sigmaringer Straße, Imweg). Umgekehrt wäre auf manchen Straßen mit Radfahrstreifen auch ein Schutzstreifen umsetzbar (Augsburger Straße, Zabergäustraße). Die Waiblinger Straße ist mit ihrer Verkehrsstärke deutlich unter dem Einsatzbereich für Radfahrstreifen anzusiedeln. Die Wahl von Radfahrstreifen lässt sich vermutlich durch die dortig ausgewiesene *Hauptradroute* 1 und die daraus folgende hohe Bedeutung des Radverkehrs erklären.

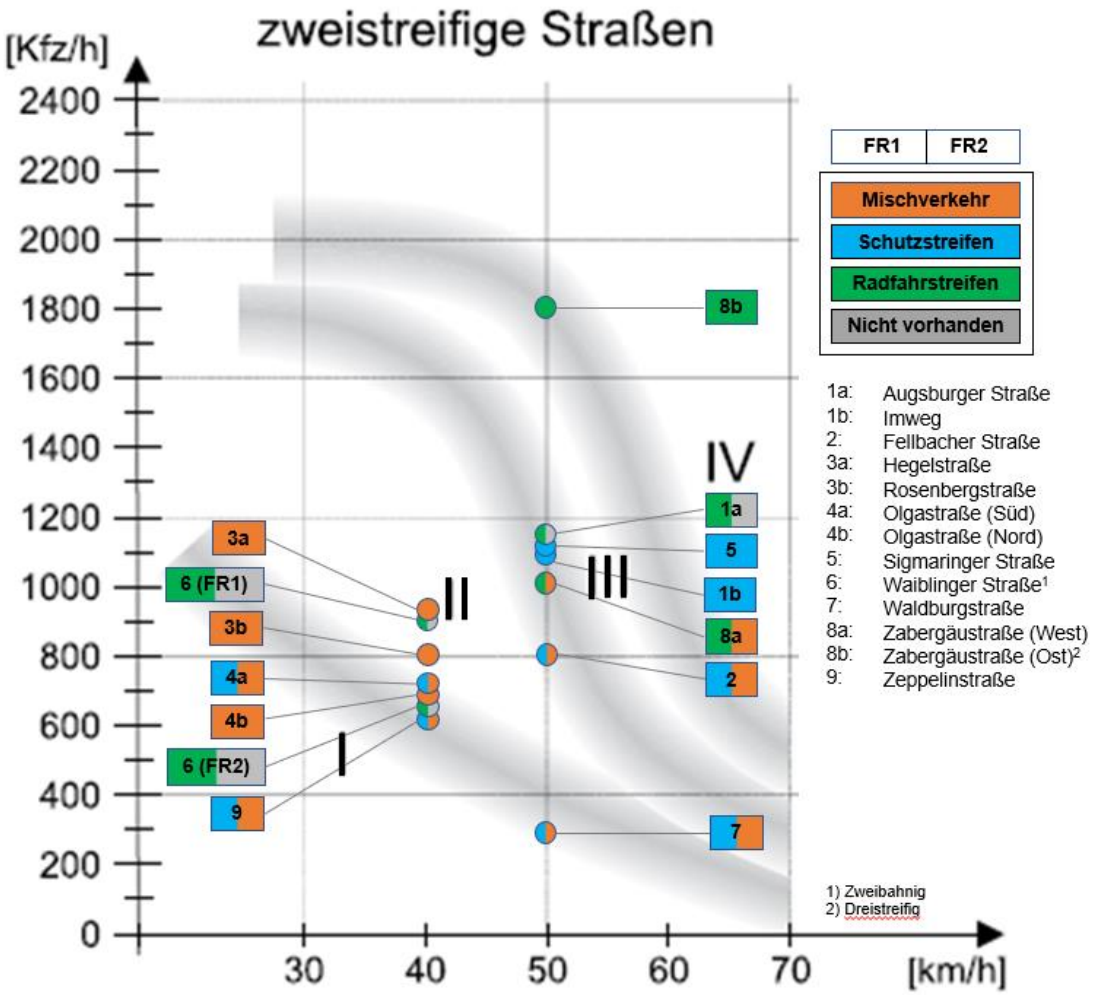


Abbildung 8: Zuordnung der Messstrecken zu Belastungsbereichen (Eigene Darstellung, nach FGSV 2010, S. 19)

3.2 Genutzte Messtechnik

3.2.1 Funktionsweise des OpenBikeSensors

Aufbau des OpenBikeSensors

Für die Messung der Seitenabstände wurde ein OpenBikeSensor genutzt, der diese unter Verwendung von Ultraschall misst. Entwickelt wurde dieses Gerät vom OpenBikeSensor e.V. mit dem Ziel „Schwachstellen und Verbesserungspotenzial in der Verkehrsinfrastruktur aufzuzeigen und diese in Kooperation mit Stadtplaner:innen zu beheben“ (OpenBikeSensor e.V. o.J.a). Der OpenBikeSensor wird nicht kommerziell vertrieben. Vielmehr steht eine Bauanleitung online zur freien Verfügung, sodass Interessierte sich einen eigenen Sensor bauen können. Der in diesem Projekt genutzte Sensor wurde nicht selbst gebaut, sondern für die Dauer der Erhebungen durch den OpenBikeSensor e.V. zur Verfügung gestellt.

Der OpenBikeSensor besteht aus zwei Teilen. Ein großes Gehäuse mit dem Ultraschallsensor wird an der Sattelstange des Messfahrrads montiert. Am Lenker wird ein kleines Gehäuse mit Display und Bedienknopf angebracht. Beide Teile sind mit

einem Kabel verbunden, das entlang des Fahrradrahmens geführt wird (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Messfahrrad mit montiertem OpenBikeSensor (Eigene Darstellung)

Der Ultraschallsensor, von dem die Messungen ausgehen, wird an der Sattelstange montiert. Für die Ermittlung des Seitenabstands ist jedoch der Abstand von Fahrzeugen zum linken Lenkerende maßgebend. In den Einstellungen des OpenBikeSensors lässt sich daher ein sogenannter Offset für die Breite des Bereichs von Lenkermitte bis linkem Lenkerende eingeben. Die gemessenen Seitenabstände werden automatisch um diesen Wert verringert. Für die Messfahrten dieser Arbeit wurde am Gerät ein Offset von 33 cm eingestellt, entsprechend den Maßen des genutzten Messfahrrads.

Bedienfeld und Display

Der Sensor misst während einer Fahrt kontinuierlich die links- und rechtsseitigen Abstände. Die Identifizierung von Überholvorgängen erfolgt dabei manuell, durch Drücken eines Knopfs am Bedienfeld des Sensors. Dazu haben Radfahrende nach einem Überholvorgang fünf Sekunden Zeit. Dies hat den Vorteil, dass die Bedienung nicht direkt während des Überholvorhangs erfolgen muss, was aus Sicherheitsaspekten sinnvoll erscheint. Das Display zeigt während des Betriebs folgende Informationen an:

- Seitenabstände links/rechts (Echtzeit): Zeigt die Ergebnisse der jeweils letzten Ultraschall-Messung in cm an. Der Lenker-Offset wird nicht berücksichtigt. Der Wert beträgt 999, wenn sich keine Objekte im Messbereich befinden.
- Seitenabstände links/rechts (zur Kennzeichnung festgehalten): Zeigt fünf Sekunden lang erkannte Seitenabstände in cm an. Über das Drücken des Bedienknopfes wird der Seitenabstand als Überholvorgang gekennzeichnet. Der Lenker-Offset wird berücksichtigt.
- Akkuladestand in Prozent.

Beispiel: Ein Kfz überholt das Messfahrrad mit 82 cm Abstand zum linken Lenkerende. Die halbe Lenkerbreite und damit der Offset betragen 33 cm. Als der zur

Kennzeichnung festgehaltene Seitenabstand wird 82 cm angezeigt, als Echtzeit-Seitenabstand 115 cm (Abstand Kfz zum Sensor: 82 cm + 33 cm). Nach Ende des Überholvorgangs verbleibt die Anzeige des zu kennzeichnenden Seitenabstands fünf Sekunden lang bei 82 cm. Die Anzeige des Echtzeit-Seitenabstands beträgt hingegen 999 cm, da sich zu diesem Zeitpunkt kein Objekt im Sensorbereich befindet (siehe Abbildung 10).

Abbildung 10: Display des OpenBikeSensors (eigene Darstellung)

Aufzeichnungen

Die Messungen des OpenBikeSensors werden im Dateiformat „Comma-separated values“ (CSV) auf eine Speicherkarte geschrieben. Nutzende können zur Auswertung ihrer Daten entweder die Speicherkarte entnehmen und auslesen oder die Daten automatisch auf eines von diversen Online-Portal hochladen. Von dort können die CSV-Dateien wiederum heruntergeladen werden. Portale sammeln die erhobenen Daten von Nutzenden und stellen diese aggregiert dar. Es existiert beispielsweise ein deutschlandweites Portal[5], aber auch einzelne Regionalgruppen, wie der ADFC Baden-Württemberg, betreiben eigene Portale[6]. Die während dieser Arbeit gesammelten Daten wurden auf Wunsch des OpenBikeSensors e.V. auf das Portal des High-Performance Computing Center Stuttgart (HLRS) hochgeladen[7].

Die vom OpenBikeSensor in der CSV-Datei gespeicherten Daten beinhalten für jeden Messvorgang u.a.:

- Gemessene Seitenabstände, links- und rechtsseitig
- Datum und Zeit
- GPS-Koordinaten
- GPS-Kurs
- Geschwindigkeit des Fahrrads

[5] http://portal.openbikesensor.org/
[6] http://obs.adfc-bw.de/
[7] http://openbikesensor.hlrs.de/

3.2.2 Test des OpenBikeSensors

Um sicherzustellen, dass die aufgezeichneten Daten valide sind und den tatsächlichen Seitenabständen entsprechen, wurde der genutzte OpenBikeSensor zu Projektbeginn getestet. Dazu wurde eine Messreihe durchgeführt, bei denen der Abstand zwischen dem OpenBikeSensor und einer Hauswand gemessen wurde. Dabei wurden die Abstände in 20 cm-Schritten im Bereich zwischen 20 cm und 280 cm gemessen. Die Ortstemperatur betrug zu diesem Zeitpunkt 15° C, Niederschlag trat nicht auf. Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse der Testreihe. Dargestellt ist die Differenz zwischen den tatsächlichen Abständen zur Wand und den vom OpenBikeSensor gemessenen Abstand. Ein negativer Wert bedeutet, dass der Messwert niedriger ausfällt als der tatsächliche Abstand. Bei einem positiven Wert misst das Gerät einen höheren als den realen Seitenabstand.

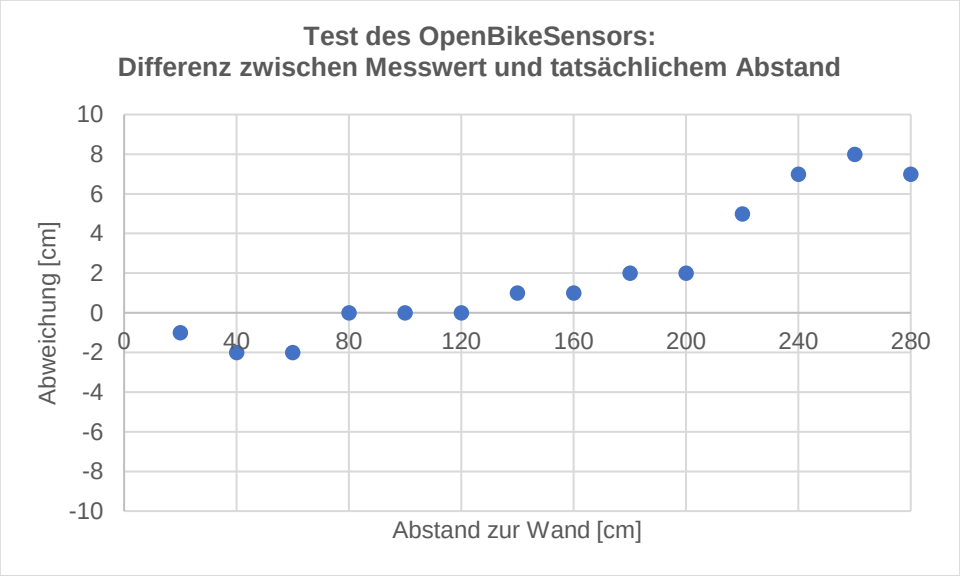


Abbildung 11: Test des OpenBikeSensors (Eigene Darstellung)

Die Ergebnisse zeigen, dass die Messwerte im Bereich bis 200 cm Abstand zur Wand um ±2 cm vom tatsächlichen Abstand abweichen. Dabei werden geringe Abstände eher unterschätzt, höhere Abstände werden eher überschätzt. Bei Abständen über 200 cm gibt der OpenBikeSensor deutlich höhere Werte aus als tatsächlich vorliegend. Die Abweichungen im unteren Abstandsbereich werden als tolerierbar hingenommen. In der späteren Auswertung werden die gemessenen Seitenabstände in verschiedene Klassen eingeteilt. Bei einer Abweichung von ±2 cm kann es in geringem Maße zu fehlerhaften Klassenzuteilungen kommen. Dies ist mit keiner bekannten Messtechnik vermeidbar. Die größeren Abweichungen ab Abständen von 200 cm erscheinen zunächst problematischer. Da im Straßenverkehr Seitenabstände ab 150 cm als akzeptabel gelten, ist es nicht notwendig in diesem Bereich weitere Klassen einzuteilen. Selbst mit den gemessenen Abweichungen kommt es nicht zu fehlerhaften Klassenzuteilungen.

Der maximale Messbereich des OpenBikeSensors beträgt nach Angaben des OpenBikeSensor e.V. (vgl. o.J.b) 285 cm. Bei den Messungen an einer Hauswand wurde ein maximaler Messbereich von 319 cm festgestellt, was bei den genutzten Einstellungen einem Abstand zum linken Lenkerende von 286 cm entspräche.

3.2.3 Kennzeichnung der Überholvorgänge

Bei Nutzung des OpenBikeSensors ist es erforderlich die auftretenden Überholvorgänge durch das Drücken eines Knopfs am Bedienfeld des Sensors zu bestätigen. Dieser Vorgang wird im Weiteren als Kennzeichnung bezeichnet. An dieser Stelle wird erläutert, welche Situationen während der Messfahrten als Überholvorgänge gekennzeichnet wurden. Grundsätzlich wurden alle Überholvorgänge durch Kfz gekennzeichnet, bei denen das Kfz am Probanden linksseitig vorbeifuhr. Die häufigsten Situationen sind dabei Folgende:

a) Bei Nutzung der Fahrbahn im Mischverkehr: Linksseitig überholendes Kfz auf demselben Fahrstreifen
b) Bei Nutzung eines Schutzstreifens: Linksseitig überholendes Kfz auf dem demselben Fahrstreifen
c) Bei Nutzung eines Radfahrstreifens: Linksseitig überholendes Kfz auf dem angrenzenden Fahrstreifen

Folgende Situationen wurden nicht als Überholvorgänge gekennzeichnet:

d) Entgegenkommende Fahrzeuge
e) Rechtsseitig überholende Fahrzeuge
f) Überholende Fahrräder
g) Bei Nutzung der Fahrbahn im Mischverkehr: Linksseitig positionierte Kfz auf einem separaten Fahrstreifen
h) Bei Nutzung eines Schutz- oder Radfahrstreifens: Linksseitig positionierte Kfz auf Fahrstreifen die nicht direkt an den Schutz- oder Radfahrstreifen angrenzen

Die Situationen a) bis h) sind in Abbildung 12 grafisch dargestellt.

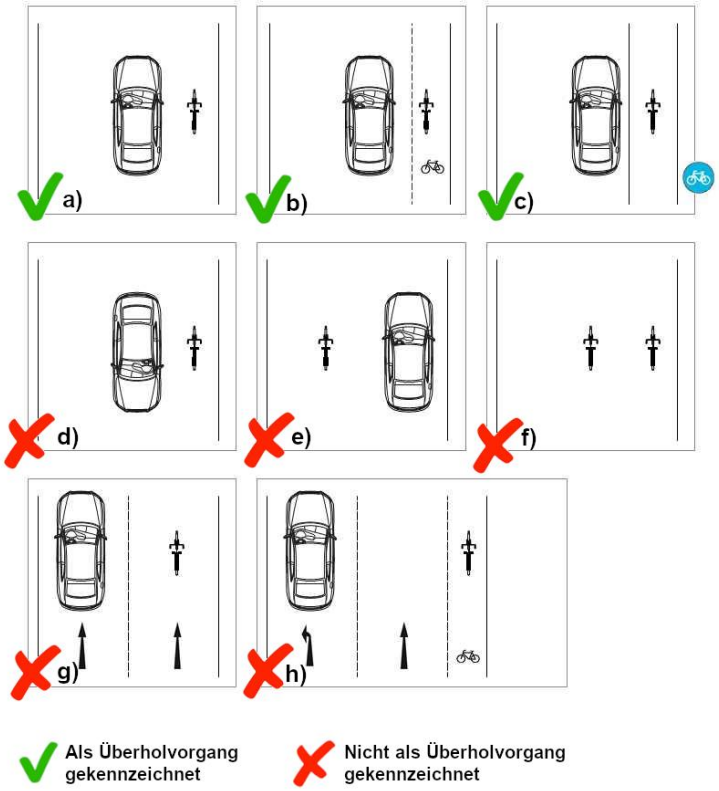


Abbildung 12: Regeln zur Kennzeichnung von Überholvorgängen (Eigene Darstellung)

§ 5 Abs. 8 StVO erlaubt Radfahrenden „die Fahrzeuge, die auf dem rechten Fahrstreifen warten, mit mäßiger Geschwindigkeit und besonderer Vorsicht rechts [zu] überholen“. Nach § 5 Abs. 4 Satz 4 StVO gilt an Kreuzungen und Einmündungen kein minimaler Seitenabstand beim Überholen, sofern Radfahrende „dort wartende Kraftfahrzeuge nach Absatz 8 rechts überholt haben oder neben ihnen zum Stillstand gekommen sind“. Bei den Messfahrten wurde daher kein Überholvorgang gekennzeichnet, wenn der Proband an Kreuzungen oder Einmündungen rechts neben wartenden Kfz zum Stillstand kam. In solchen Situationen wird der Seitenabstand größtenteils vom Verhalten des Radfahrenden bestimmt. Im Widerspruch zu § 5 Abs. 4 Satz 4 StVO wurde bei den Messfahrten jedoch ein Überholvorgang gekennzeichnet, wenn der Proband an Kreuzungen oder Einmündungen rechts wartende Kfz überholte und sich beim Anfahren des Kfz vor dem Fahrzeug befand, z.B. bei vorgezogenen Aufstellflächen. Wenn in diesem Fall das Kfz den Radfahrenden nach Beendigung des Wartevorgangs überholt, wird der Seitenabstand vom Kfz-Fahrenden bestimmt. Da geringe Seitenabstände ein sicherheitsrelevantes Kriterium sind, ist davon auszugehen, dass beschriebene Vorgänge Eingang in die Auswertung finden sollten.

Vereinzelt fanden auf Messfahrten Überholvorgänge statt, die vom OpenBikeSensor nicht erkannt wurden und bei denen kein Messwert auf dem Display angezeigt wurde. Diese Überholvorgänge wurden vom Probanden nicht gekennzeichnet. Bei den Messfahrten war zu beobachten, dass nicht erkannte Überholvorgänge insbesondere bei hohen Seitenabständen auftraten, was sich jedoch nicht im Nachhinein verifizieren lässt. Um Falschmessungen zu verhindern, wurden Überholvorgänge, bei denen der gemessene und der vom Probanden wahrgenommene Seitenabstand stark voneinander abwichen (> 1 m), ebenfalls nicht gekennzeichnet. Folglich fließen in die Auswertung etwas weniger Überholvorgänge ein, als tatsächlich während der Messfahrten auftraten. Die Anzahl der stattgefundenen, aber nicht gekennzeichneten Überholvorgänge lässt sich nicht eindeutig ermitteln. Nach Wahrnehmung des Probanden wurden weniger als 1 % der tatsächlichen Überholvorgänge aufgrund von Nicht- oder Falschmessung nicht gekennzeichnet.

3.3 Erscheinungsbild des Probanden

3.3.1 Ausrüstung und Bekleidung

Es wurde angestrebt jede Messfahrt unter gleichen Bedingungen durchzuführen. Daher wurden die vom Probanden genutzte Ausrüstung und Bekleidung über den Projektverlauf nicht geändert. Ebenfalls wurde ein einheitlicher Fahrstil angestrebt, um stets gleiche Voraussetzungen für Überholvorgänge zu schaffen.

Bei der Wahl der genutzten Ausrüstung und Bekleidung sind zwei Kriterien zu betrachten. Zum einen soll eine hohe Sicherheit für den Probanden gewährleistet werden. Zum anderen soll das Überholverhalten der Kfz-Fahrenden nicht durch die Ausrüstung und Bekleidung beeinflusst werden. Folgende Ausrüstung und Bekleidung wurde während der Messfahrten genutzt:

- Fahrrad: Ein schwarzes Trekking-Pedelec der Marke Winora, konform zur Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
- Fahrradhelm (Gelb)
- Warnweste (Gelb, ohne Ärmel)
- Reflektorbänder, horizontal um die Unterbeine gewickelt (Gelb, 4 cm breit)

- Alltagskleidung: Regenjacke, Jeans, Sportschuhe (jeweils wechselnde Farben),
- Rucksack (Schwarz/grau).

Bis auf die wechselnden Farben der Alltagskleidung wurde jede Messfahrt mit der identischen Ausrüstung durchgeführt. Das Licht des Fahrrads war durchgehend eingeschaltet.

Wie dem Forschungsstand zu entnehmen ist, liegen zu den meisten Bekleidungs- und Ausrüstungsgegenständen keine Erkenntnisse über ihren Einfluss auf Seitenabstände vor. Zum Einfluss eines Fahrradhelmes gibt es sich widersprechende Aussagen. Der Anteil an Radfahrenden, die einen Helm nutzen, variiert je nach Befragung. Die Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH (vgl. 2021, S. 55) ermittelt einen Anteil von 45 % an Radfahrenden, die immer oder meistens einen Fahrradhelm tragen. Die UDV (vgl. 2020, S. 17) ermittelt einen Wert von 29 % an Radfahrenden, die immer oder oft einen Helm tragen. In Beobachtungen zeigen sich Werte von 22-26 % (vgl. Richter et al. 2019, S. 61). Damit trägt die Mehrheit der Radfahrenden zwar keinen Helm, die Nutzung eines Helmes ist jedoch nicht unüblich. Daher ist davon auszugehen, dass die Nutzung eines Helms während der Messfahrten keine wesentliche Beeinflussung der Überholvorgänge darstellt. Für Warnwesten und Reflektorbänder liegen keine Informationen über die Tragequoten oder den Einfluss auf das Überholverhalten vor. Im Zweifelsfall ist die Erkennbarkeit des Probanden höher zu bewerten als ein mögliches abweichendes Überholverhalten gegenüber durchschnittlichen Radfahrenden.

3.3.2 Fahrstil

Für das Verhalten des Probanden wurde vor Beginn der Messfahrten eine Liste an Vorgaben ausgearbeitet. Durch Wiedergabe dieser Vorgabe soll das Fahrverhalten des Probanden möglichst nachvollziehbar dargestellt werden.

- Geschwindigkeit: Es wurde eine mittlere Fahrtgeschwindigkeit zwischen 15 und 20 km/h angestrebt. Dies entspricht der angestrebten Fahrtgeschwindigkeit für innergemeindliche Radhaupt- und Radverkehrsverbindungen gemäß ERA 2010 (vgl. FGSV 2010, S. 10).
- Abstand zum Fahrbahnrand (im Mischverkehr): Im Mischverkehr wurde ein Abstand von 75-100 cm zum rechten Fahrbahnrand angestrebt. Dies entspricht den gängigen Urteilen der Rechtsprechung (vgl. Peters 2011, S. 17–19).
- Abstand zum Fahrbahnrand (bei Schutz- und Radfahrstreifen): Beobachtungen zeigen, dass Radfahrende Schutz- und Radfahrstreifen im Allgemeinen mittig befahren (vgl. Richter et al. 2019, S. 62). Dieses Verhalten wurde während der Messfahrten angestrebt.
- Abstand zu parkenden Kfz: Nach Gerichtsurteilen haben Radfahrende sich so zu verhalten, dass öffnende Fahrzeugtüren keine Gefährdung für sie darstellen. Türen moderner Kfz variieren in der Breite zwischen 0,80 m und 1,50 m (vgl. Peters 2011, S. 17f.). Um den Platz für Überholvorgänge nicht zu verengen, wurde ein Abstand zwischen 1,00 m und 1,50 m angestrebt. Bei Schutz- und Radfahrstreifen parallel zu Längsparkständen, wurde, unter Reduzierung des Abstandes zu den parkenden Kfz, darauf geachtet den Schutz- oder Radfahrstreifen nicht zu verlassen.
- Ergibt sich zwischen am rechten Fahrbahnrand parkenden Kfz eine Lücke, wurde in diese nicht eingefahren. Am Ende einer solchen Parkreihe wurde der

Abstand zum Fahrbahnrand nur verringert, sofern im Streckenverlauf keine weiteren parkenden Fahrzeuge sichtbar waren.

- Im Zweifelsfall hatte die Sicherheit des Probanden oberste Priorität, weshalb in Einzelfällen von den Vorgaben abgewichen werden konnte.

Ob der vorgegebene Fahrstil während den Messfahrten eingehalten wurde, ist im Nachhinein nicht für alle Aspekte überprüfbar. Die gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeiten sind für die Fahrtrichtungen und Erhebungszeiträume in den Anhängen A.2 bis A.14 dokumentiert. Auf sechs der insgesamt 25 Fahrtrichtungen wurde die geplante Durchschnittsgeschwindigkeit während einiger der Erhebungszeiträume um maximal 2,7 km/h übertreten. Auf Fahrtrichtung 1 der Zeppelinstraße wurde die geplante Fahrtgeschwindigkeit um maximal 0,9 km/h unterschritten. Dies kann Einfluss auf die gekennzeichneten Seitenabstände gehabt haben (vgl. Tagesspiegel o.J.; Plavec und Schmock 2021). Die Abweichungen von der vorgegebenen Durchschnittsgeschwindigkeit sind jedoch gering, weshalb keine weitere Betrachtung zu deren Einfluss erfolgt.

Der mittlere Abstand zu rechtsseitig parkenden Fahrzeugen kann näherungsweise über die Aufzeichnungen des Sensors ermittelt werden. Dieser misst zeitgleich links- und rechtsseitige Abstände. Befand sich zum Zeitpunkt der Kennzeichnung eines Überholvorgangs ein Fahrzeug oder ein anderes Objekt rechts des Sensors, wurde der jeweilige Abstand mit aufgezeichnet. Auf den Fahrtrichtungen mit durchgängig rechtsseitig parkenden Fahrzeugen wurde im Mischverkehr ein durchschnittlicher rechtsseitiger Abstand von 1,15 m gemessen. Auf Fahrtrichtungen mit Schutzstreifen betrug dieser Wert durchschnittlich 0,89 m und auf Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen durchschnittlich 1,06 m. Dies muss nicht den realen Abständen entsprechen. Aus den Aufzeichnungen ist nicht erkennbar, ob die gemessenen Abstände ausschließlich durch parkende Fahrzeuge verursacht wurde. Überschlägig scheint die gesetzte Vorgabe für den Abstand zu parkenden Fahrzeugen jedoch eingehalten worden zu sein. Auf Fahrtrichtungen ohne oder mit wenigen rechtsseitig parkenden Fahrzeugen lässt sich die Entfernung zum Fahrbahnrand nicht auf diese Weise ermitteln.

3.4 Einschränkungen der Messfahrten

Der größte Teil der Messfahrten konnte wie geplant durchgeführt werden. Auf einigen Messstrecken kam es jedoch zu Einschränkungen. Die Einschränkungen werden im Folgenden dargestellt. Zusätzlich wird erläutert, wie mit den unter Einschränkungen aufgezeichneten Daten umgegangen wird. Der im Rahmen dieses Projekts aufgestellte Zeitplan erwies sich als eng getaktet, mit wenig Puffer für Abweichungen. Daher konnten die Messstrecken auf denen Einschränkungen auftraten nicht wiederholt erhoben werden.

Augsburger Straße/Imweg

Am 21.09.2022 sollte der morgendliche Erhebungszeitraum der Messstrecken Augsburger Straße und Imweg absolviert werden. Während der laufenden Erhebung trat eine hohe Anzahl an durch den Sensor nicht erkannten Überholvorgängen auf. Eine Überprüfung ergab, dass der Sensor fast durchgängig einen vermeintlichen Gegenstand in 19 cm Entfernung (Abstand zum Sensorgehäuse) erkannte. Dies änderte sich auch nicht durch eine Neupositionierung oder durch das Aus- und wieder Einschalten des Sensors. Die Messfahrt wurde abgebrochen und die bis dahin

erhobenen Daten nicht in die Auswertung einbezogen. Am nächsten Tag trat der Fehler ohne erkennbaren Grund nicht mehr auf, weshalb alle weiteren Messfahrten wie geplant durchgeführt werden konnten.

Der morgendliche Erhebungszeitraum sollte am 18.10.2022 nachgeholt werden. Zu diesem Zeitpunkt war eine Baustelle im Imweg eingerichtet, die bis zum 08.12.2022 zu einer teilweisen Sperrung der Straße führte. Abbildung 13 stellt die Situation dar.

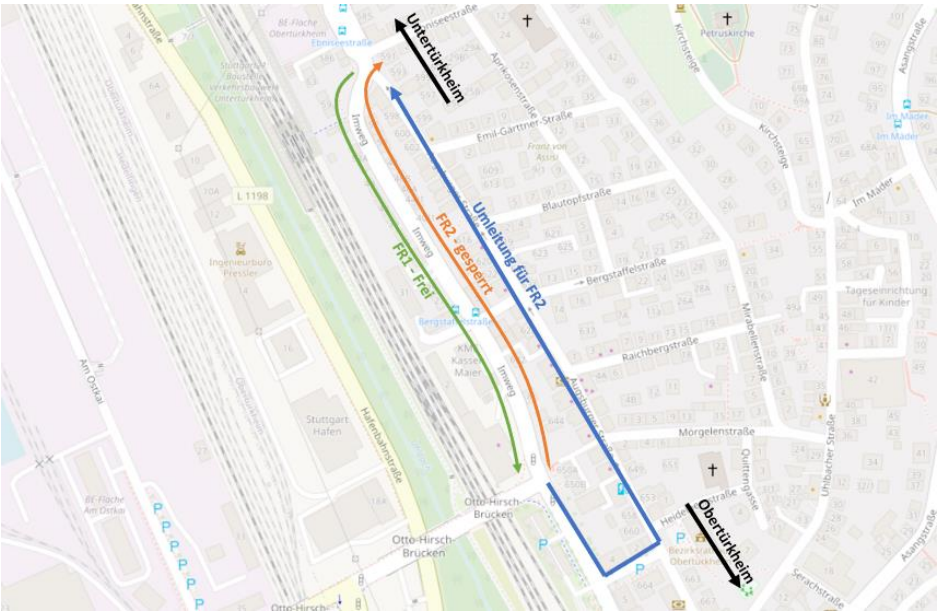


Abbildung 13: Baustelle Imweg (Eigene Darstellung, nach OpenStreetMap o.J.)

Die Messstrecke wurde trotz Baustelle aufgezeichnet. Für den morgendlichen Erhebungszeitraum liegen im Imweg daher keine Messwerte für FR2 vor. Für die Messwerte von FR1 ist von einer Beeinflussung der Seitenabstände durch die Baustelle und den fehlenden Gegenverkehr auszugehen. Die Daten des morgendlichen Erhebungszeitraums werden in die Auswertung des gesamten Tages daher nicht einbezogen.

In der nördlich angrenzenden Augsburger Straße konnte der Verkehr regulär stattfinden. Fahrzeuge aus südlicher Richtung wurden per Umleitung am Imweg vorbei in die Augsburger Straße geführt. Inwieweit die Umleitung zu Verlagerungen im Netz führte, ist nicht klar. Um auf der sicheren Seite zu sein, wird der morgendliche Erhebungszeitraum der Augsburger Straße analog zum Imweg behandelt. Die zusammengefassten Daten des morgendlichen Erhebungszeitraums der beiden Messstrecken sind zur Vollständigkeit in den jeweiligen Steckbriefen (Anhänge A.2 und A.3) zu finden.

Hegelstraße/Rosenbergstraße

Während des Projektzeitraums fanden im Bereich der Messstrecken Hegelstraße und Rosenbergstraße Bauarbeiten auf dem Gelände der DHBW Stuttgart statt. Durch aufgestellte Bauzäune war die Fahrbahnbreite um ca. 1 m (Hegelstraße), bzw. 0,50 m (Rosenbergstraße) reduziert. Eine Verlagerung des Verkehrs durch die Bauarbeiten ist nicht zu erwarten. Die Erhebung wurde wie geplant durchgeführt und ausgewertet. Es gab keine relevanten Veränderungen des Baustellenbereichs zwischen den einzelnen Erhebungszeiträumen.

Sigmaringer Straße

Der morgendliche Erhebungszeitraum der Sigmaringer Straße sollte am 15.11.2022 durchgeführt werden. Zu diesem Zeitraum befand sich eine Baustelle am Knotenpunkt Sigmaringer Straße/Gammertinger Straße (siehe Abbildung 14). Fahrzeuge aus Richtung Vaihinger Straße und Gammertinger Straße konnten nicht in die Sigmaringer Straße einfahren und wurden großräumig umgeleitet. Die Folge war gegenüber den anderen Erhebungszeiträumen eine deutlich reduzierte Anzahl an Fahrzeugen, die die Sigmaringer Straße in FR2 befuhren. Analog zum Imweg wird der morgendliche Erhebungszeitraum nicht in die Auswertung des gesamten Tages einbezogen. Eine Zusammenfassung findet sich in Anhang A.9

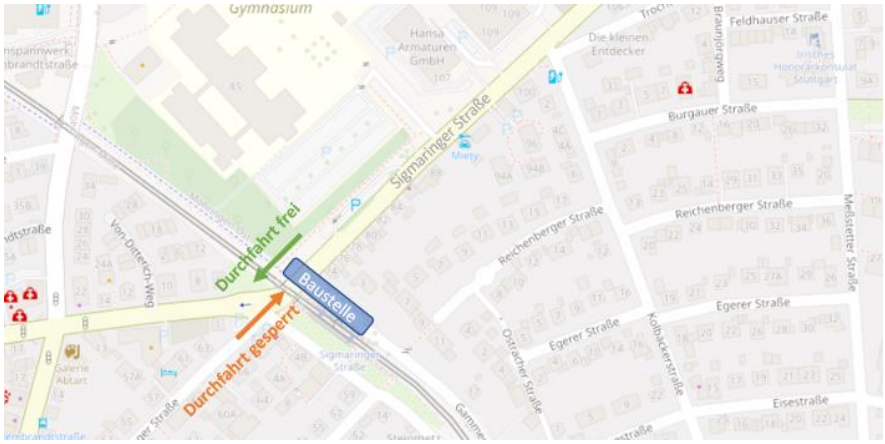


Abbildung 14: Baustelle Sigmaringer Straße (Eigene Darstellung, nach OpenStreetMap o.J.)

Waiblinger Straße

Die Waiblinger wurde am 27.09.22 (Morgens, Mittags) und am 20.10.22 (Nachmittags) erhoben. An beiden Tagen kam es sporadisch zu leichtem Regen. Der OpenBikeSensor ist nicht wasserdicht und sollte bei Regen nicht verwendet werden. Daher wurde die Erhebung während der Regenphasen unterbrochen. Dies führte dazu, dass die Messstrecke innerhalb jeder Stunde unterschiedlich oft abgefahren wurde. Dies beeinflusst die Anzahl der gekennzeichneten Überholvorgänge je Erhebungszeitraum. Von einer Beeinflussung der erhobenen Werte ist nicht auszugehen.

4. Auswertung

4.1 Vorgehensweise

Nach Durchführung der Messfahrten müssen die erhobenen Daten aufbereitet und ausgewertet werden. Der OpenBikeSensor speichert die Ergebnisse einzelner Messfahrten im CSV-Format. Diese wurden nach Ende der Erhebungen auf das Portal des HLRS hochgeladen. Dort durchlaufen die Daten einen Algorithmus namens FACE. Dieser bearbeitet die Daten in vier Schritten (vgl. OpenBikeSensor e.V. o.J.c):

- **F**iltering: Überholvorgänge mit ungültigen Daten (z.B. fehlende Seitenabstände) werden herausgefiltert.
- **A**nnotation: Überholvorgänge werden mittels OpenStreetMap-Daten Straßen zugeordnet. Dabei werden Überholvorgänge auf Basis der aufgezeichneten

GPS-Daten der jeweils nächstgelegenen Straße und einer Fahrtrichtung zugeordnet (Snapping).

- **C**onsolidating: Alle Daten werden im Json-Format zusammengefasst.
- **E**xport: Die konsolidierten Daten werden exportiert und visualisiert.

Nach Durchlaufen des FACE-Algorithmus wurden die aufbereiteten Daten manuell aus dem HLRS-Portal exportiert. In einem weiteren Schritt wurde eine Plausibilitätskontrolle der Daten durchgeführt, in der diese manuell auf ungültige Messwerte geprüft wurden. Hohe Messwerte, die außerhalb des Messbereichs des OpenBikeSensors lagen oder außergewöhnlich geringe Messwerte, waren in den exportierten Dateien jedoch nicht vertreten. Gekennzeichnete Überholvorgänge, bei denen kein linksseitiger Messwert aufgezeichnet wurde, wurden von FACE automatisch entfernt.

Während der Messfahrten wurden beide Fahrtrichtungen einer Messstrecke abwechselnd befahren. Jeder Erhebungszeitraum einer Messstrecke wurde mittels OpenBikeSensor in einer kontinuierlichen Aufzeichnung erhoben. Die Zuordnung der gekennzeichneten Überholvorgänge zu den Fahrtrichtungen erfolgt durch FACE automatisch anhand der aufgezeichneten GPS-Daten. Da diese einer gewissen Ungenauigkeiten unterliegen, wurden die Aufzeichnungen manuell überprüft. Während der Messfahrten wurden vom Probanden mit einer Uhr die Fahrzeiten gestoppt. Nach jeder beendeten Teilrunde wurde die jeweilige Dauer der Teilrunde festgehalten. In Kombination mit der Startzeit lässt sich so nachvollziehen welche der Fahrtrichtungen einer Messstrecke zu welchen Uhrzeiten befahren wurde. Diese Information wurde für die Auswertung mit den aufgezeichneten Uhrzeiten der Überholvorgänge verglichen und die von FACE vorgenommene Zuordnung zur Fahrtrichtung bei Bedarf korrigiert.

Die bearbeiteten Aufzeichnungen werden mit Microsoft Excel und dem Add-In XLSTAT ausgewertet. Im Rahmen der Auswertung werden die Erhebungsdaten statistischen Tests unterzogen. Bei den vorliegenden Daten wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Variable Seitenabstand normalverteilt ist. Die dazu durchgeführten Tests und die Argumentation sind Anhang B.1 zu entnehmen.

Zusätzlich werden die Überholvorgänge mit der Software QGIS auf einer Karte visualisiert und in Abhängigkeit vom gemessenen Seitenabstand farblich dargestellt. So ist es möglich zu erkennen an welchen Stellen einer Messstrecke verstärkt enge Überholvorgänge auftreten. Die Positionen der Überholvorgänge wurden mittels GPS aufgezeichnet und können daher technologiebedingt Ungenauigkeiten unterliegen. Dies ist bei der Betrachtung der Karten zu berücksichtigen. Zusätzlich wurden manche Überholvorgänge vom FACE-Algorithmus einer falschen Straße zugeordnet. Diese Überholvorgänge wurden in die Auswertung, aber nicht in die grafische Darstellung einbezogen. Die Karten sind Teil der Steckbriefe, in den Anhängen A.2 bis A.14.

4.2 Übersicht

Ergebnisse der Fahrtrichtungen

Im Folgenden soll ein Überblick über die wichtigsten Kennzahlen der einzelnen Fahrtrichtungen gegeben werden. Tabelle 3 zeigt für jede Fahrtrichtung die Mittelwerte und die Mediane der aufgezeichneten Seitenabstände an. Weiterhin enthalten sind die Anteile an Überholvorgängen unter 1,50 m sowie die Werte der jeweils geringsten und höchsten Seitenabstände. Sortiert ist die Tabelle dabei absteigend nach dem Mittelwert. Die Messwerte der Fahrtrichtungen sind in den Anhängen A.2 bis A.14 grafisch dargestellt.

Nr.	Straße	FR	Anzahl ÜHV	Mittelwert [m]	Median [m]	%ÜHV < 1,50 m	Min. ÜHV [m]	Max. ÜHV [m]	Verkehrsstärke (Spitzenstunde) [Kfz/h]
2	Fellbacher Straße	FR2	261	1,80	1,79	24,9 %	0,77	2,81	809
6	Waiblinger Straße	FR2	402	1,76	1,74	18,4 %	0,68	2,74	674
7	Waldburgstraße	FR2	141	1,75	1,74	21,3 %	0,38	2,72	304
3a	Hegelstraße	FR2	52	1,69	1,67	26,9 %	0,88	2,64	919
3a	Hegelstraße	FR1	119	1,68	1,67	32,8 %	0,57	2,70	919
1b	Imweg	FR1	49	1,67	1,66	36,7 %	0,51	2,84	1.107
7	Waldburgstraße	FR1	187	1,67	1,64	31,6 %	0,33	2,77	304
1b	Imweg	FR2	62	1,66	1,66	38,7 %	0,73	2,77	1.107
2	Fellbacher Straße	FR1	422	1,66	1,64	35,3 %	0,26	2,69	809
8b	Zabergäustraße (Ost)	FR1	105	1,64	1,62	43,8 %	0,77	2,53	1.846
9	Zeppelinstraße	FR1	294	1,62	1,63	37,8 %	0,50	2,72	650
9	Zeppelinstraße	FR2	139	1,59	1,59	42,4 %	0,24	2,74	650
3b	Rosenbergstraße	FR1	29	1,56	1,58	41,4 %	1,03	2,23	799
4b	Olgastraße (Nord)	FR2	21	1,56	1,47	57,1 %	0,62	2,61	702
6	Waiblinger Straße	FR1	309	1,55	1,51	47,9 %	0,39	2,61	876
4b	Olgastraße (Nord)	FR1	30	1,52	1,50	50,0 %	0,50	2,24	702
1a	Augsburger Straße	FR1	171	1,49	1,45	55,0 %	0,48	2,76	1.147
4a	Olgastraße (Süd)	FR2	53	1,48	1,49	50,9 %	0,71	2,64	697
5	Sigmaringer Straße	FR1	296	1,48	1,46	56,8 %	0,44	2,32	1.114
5	Sigmaringer Straße	FR2	347	1,47	1,45	55,0 %	0,64	2,84	1.114
3b	Rosenbergstraße	FR2	52	1,46	1,43	55,8 %	0,70	2,18	799
4a	Olgastraße (Süd)	FR1	148	1,45	1,34	63,5 %	0,41	2,86	697
8a	Zabergäustraße (West)	FR1	221	1,41	1,36	59,7 %	0,69	2,51	989
8a	Zabergäustraße (West)	FR2	83	1,39	1,44	63,9 %	0,43	2,30	989
8b	Zabergäustraße (Ost)	FR2	88	1,39	1,40	67,0 %	0,40	2,10	1.846
	ALLE ÜBERHOLVORGÄNGE[8]		4.081	1,59	1,57	42,2 %	0,24	2,86	-
	Mischverkehr			**Schutzstreifen**			**Radfahrstreifen**		

Tabelle 3: Zusammenfassung der Messdaten

Die Mittelwerte der erhobenen Messstrecken befinden sich im Bereich zwischen 1,39 m (Zabergäustraße West und Ost, FR2) und 1,80 m (Fellbacher Straße, FR2). Insgesamt weisen neun der 25 Fahrtrichtungen einen Mittelwert von weniger als 1,50 m auf. In Anbetracht der Tatsache, dass die StVO innerorts einen minimalen Seitenabstand von 1,50 m verlangt, ist dieses Ergebnis negativ zu bewerten. Auch bei Fahrtrichtungen deren Mittelwert über 1,50 m liegt, wird ein gewisser Anteil an Überholvorgängen nicht regelkonform durchgeführt. Die Waiblinger Straße (FR1) ist die Fahrtrichtung mit der geringsten Anzahl an zu eng durchgeführten

[8] Ohne die morgendlichen Erhebungszeiträume der Messstrecken Augsburger Straße, Imweg und Sigmaringer Straße

Überholvorgängen. Dennoch ist selbst dort fast jeder fünfte Überholvorgang verkehrswidrig. Bei elf von 25 Fahrtrichtungen wird mindestens jeder zweite Überholvorgang zu eng durchgeführt.

Auf zehn der 25 Fahrtrichtungen wurden Seitenabstände von weniger als 0,50 m gemessen. Auf fast allen anderen Fahrtrichtungen beträgt der niedrigste gemessene Seitenabstand weniger als 1,00 m. Nur in der Rosenbergstraße wurde kein Überholvorgang mit weniger als 1,00 m Seitenabstand gemessen, wobei hier der geringe Stichprobenumfang zu berücksichtigen ist. Die maximalen Seitenabstände liegen für alle Messstrecken bei mindestens 2,10 m. Dies zeigt, dass auf jeder Strecke nicht nur StVO-konforme Überholvorgänge möglich sind, sondern auch Raum für höhere Seitenabstände vorhanden ist. Insgesamt zeigen die erhobenen Daten, dass in Bezug auf Überholvorgänge eine nicht unerhebliche Diskrepanz zwischen den Vorgaben der StVO und dem Verhalten der Verkehrsteilnehmer besteht. Daraus lässt sich ein Handlungsbedarf ableiten, um die Sicherheit des Radverkehrs zu stärken.

Einordnung in den Forschungsstand

Die Ergebnisse der Messfahrten können den Ergebnissen vergleichbarer Forschung gegenübergestellt werden, um eine Einordnung in den Forschungsstand zu ermöglichen. Für einige Messstrecken dieses Projekts liegen Daten aus dem Projekt Kesselnetz der DHBW vor. Ein Vergleich kann die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Projekte deutlich machen. Tabelle 4 zeigt die Gegenüberstellung. Die Kategorien folgen hierbei der Einteilung des Projekts Kesselnetz. Ebenfalls analog zum Projekt Kesselnetz wurden nur Strecken berücksichtigt auf denen mindestens fünf Überholvorgänge gekennzeichnet wurden.

Nr.	Straße	Messsfahrten			Projekt Kesselbox		
		n	% ÜHV < 1,50 m	% ÜHV < 1,20 m	n	% ÜHV < 1,50 m	% ÜHV < 1,20 m
1a	Augsburger Straße, FR1	171	55 %	21 %	7	71 %	29 %
6	Waiblinger Straße, FR1	309	48 %	11 %	7	71 %	29 %
6	Waiblinger Straße, FR2	402	18 %	6 %	8	63 %	0 %

Tabelle 4: Vergleich mit dem Projekt Kesselnetz (vgl. Plavec 2022)

Über alle Messstrecken und Kategorien hinweg tritt im Projekt Kesselnetz ein höherer Anteil an engen Überholvorgängen auf. Einzig in der Waiblinger Straße (FR2) wurden bei vorliegender Erhebung mehr Überholvorgänge unter 1,20 m erfasst als im Projekt Kesselnetz. Zu berücksichtigen ist die geringe Fallzahl im Projekt Kesselnetz.

Auch im Vergleich mit den restlichen, in Kapitel 2.4 dargestellten Projekten fallen die Ergebnisse der Messfahrten moderat aus. Der Anteil an Seitenabständen unter 1,50 m beträgt auf den durchgeführten Messfahrten insgesamt ca. 42 %. Koppers et al. ermitteln einen vergleichbar hohen Anteil von 43 % (vgl. 2021, S. 51). Alle anderen dargestellten Projekte ermitteln höhere Werte (bis zu 75 %). Beim Vergleich unterschiedlicher Projekte sind die unterschiedlichen Erhebungsmethoden und die lokalen Einflüsse zu betrachten. Dennoch bleibt festzuhalten, dass in vorliegendem Projekt vergleichsweise wenig enge Seitenabstände gemessen wurden.

4.3 Einfluss der Führungsform

4.3.1 Zusammenfassung aller Messstrecken

Im Rahmen dieses Projekts wurden Messstrecken mit drei verschiedenen Führungsformen des Radverkehrs betrachtet. Zur Untersuchung von Hypothese 1 sollen die Ergebnisse dieser drei Führungsformen untereinander verglichen werden. Tabelle 5 zeigt die Zusammenfassung der Erhebungsergebnisse für die betrachteten Führungsformen.

	n	Mittelwert [m]	Median [m]	% ÜHV < 1,50 m	% ÜHV < 1,00 m	% ÜHV < 0,50 m
Mischverkehr	980	1,65	1,63	36,2 %	5,0 %	0,4 %
Schutzstreifen	1.805	1,57	1,54	45,1 %	5,8 %	0,4 %
Radfahrstreifen	1.296	1,58	1,56	42,7 %	5,7 %	0,2 %
ALLE ÜHV	4.081	1,59	1,57	42,2 %	5,6 %	0,3 %

Tabelle 5: Vergleich der Ergebnisse nach Führungsform

Die Führungsform Mischverkehr weist gegenüber Schutz- und Radfahrstreifen einen höheren Mittelwert, einen höheren Median und einen geringeren Anteil an Überholvorgängen mit weniger als 1,50 m Seitenabstand auf. Bei Überholvorgängen mit Seitenabständen von weniger als 1,00 m bzw. weniger als 0,50 m treten für alle Führungsformen ähnliche Werte auf. Diese Ergebnisse lassen sich auch in den Boxplots für die einzelnen Führungsformen erkennen (siehe Abbildung 15).

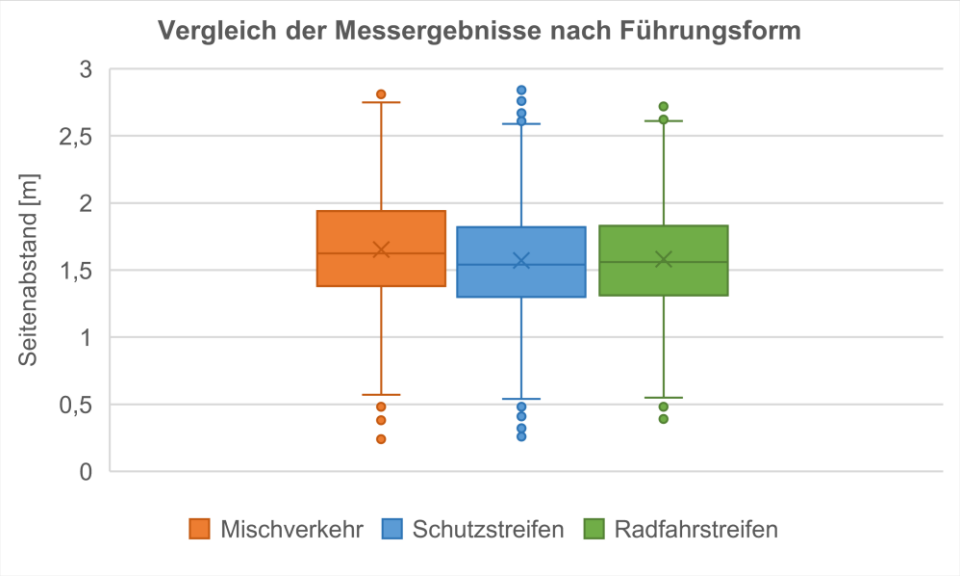


Abbildung 15: Vergleich der Messergebnisse nach Führungsform (Eigene Darstellung)

Während die Boxplots der Schutz- und Radfahrstreifen miteinander vergleichbar sind, deuten die Ergebnisse des Mischverkehrs auf höhere Seitenabstände hin. Bei allen Führungsformen treten sowohl sehr hohe als auch sehr niedrige Seitenabstände auf. Die Gefahr von engen Überholvorgängen lässt sich also nicht durch die Wahl einer bestimmten Führungsform vermeiden.

Die Messergebnisse der verschiedenen Führungsformen werden mit einer einfaktoriellen „analysis of variance“ (ANOVA), zu Deutsch Varianzanalyse, weiter untersucht. Dieses Verfahren kann angewandt werden, um mehrere Gruppen von Stichproben miteinander zu vergleichen. Als abhängige Variable wird an dieser Stelle

der Seitenabstand, als unabhängige Variable die Führungsform gewählt. Die einfaktorielle ANOVA bestätigt, dass es einen statistisch signifikanten Unterschied im Seitenabstand zwischen mindestens zwei der Gruppen gibt ($F(2, 4078) = 13.625$, $p < 0.0001$).

Um Hypothese 1 zu verifizieren, werden die Gruppen mittels Tukey-HSD-Test post-hoc verglichen. Der Tukey-HSD-Test zeigt, dass sich der Mittelwert (MW) der Seitenabstände zwischen den Gruppen Mischverkehr und Schutzstreifen signifikant unterscheidet ($MW_{Mischverkehr}$ = 1,65 m, $MW_{Schutzstreifen}$ = 1,57 m; $p < 0.0001$, 95% C.I. = [0.043, 0.118]). Zwischen den Gruppen Mischverkehr und Radfahrstreifen liegt ebenfalls ein signifikanter Unterschied vor ($MW_{Mischverkehr}$ = 1,65 m, $MW_{Radfahrstreifen}$ = 1,58 m; $p < 0.0001$, 95% C.I. = [0.031, 0.111]). Zwischen den Mittelwerten der Seitenabstände der Gruppen Schutzstreifen und Radfahrstreifen besteht kein signifikanter Unterschied ($MW_{Schutzstreifen}$ = 1,57 m, $MW_{Radfahrstreifen}$ = 1,58 m; $p = 0.803$, 95% C.I. = [-0.025, 0.044]). Die Effektstärke beträgt $\eta^2 = 0{,}01$. Der Einfluss der Führungsform auf die auftretenden Seitenabstände ist daher als gering einzustufen (vgl. Ortmann 2021).

4.3.2 Betrachtung der einzelnen Messstrecken

Mit Ausnahme der Augsburger Straße besteht jede befahrene Messstrecke aus zwei Fahrtrichtungen. Während bei einigen Messstrecken auf beiden Fahrtrichtungen die gleiche Führungsform vorliegt, unterscheiden sich die Führungsformen beider Fahrtrichtungen auf anderen Messstrecken. Auch wenn sich Fahrtrichtungen in ihrer Führungsform unterscheiden, sind die meisten anderen Einflussgrößen gleich (z.B. Linienführung, Nutzungen etc.). Daher bietet sich ein Vergleich zwischen den beiden Fahrtrichtungen für jede Messstrecke an. Wenn nur dort, wo sich die Führungsform auf beiden Fahrtrichtungen unterscheiden, signifikant unterschiedliche Seitenabstände auftreten, kann die Führungsform als maßgeblicher Einflussfaktor benannt werden.

Um dies zu überprüfen, wurden die Messergebnisse der Fahrtrichtungen für jede Messstrecke untereinander mit einem Welch-Test verglichen. Der Welch-Test prüft die Hypothese, dass die Mittelwerte zweier Stichproben gleich sind. Tabelle 6 stellt eine Übersicht der Ergebnisse dar. Die detaillierten Testergebnisse sind in Anhang B.2 zu finden.

Messstrecke		Mittelwert Seitenabstände FR1	Mittelwert Seitenabstände FR2	Signifikanter Unterschied (Welch-Test)
1a	Augsburger Straße	1,49 m	-	-
1b	Imweg	1,67 m	1,66 m	Nein
2	Fellbacher Straße	1,66 m	1,80 m	**Ja**
3a	Hegelstraße	1,68 m	1,69 m	Nein
3b	Rosenbergstraße	1,56 m	1,46 m	Nein
4a	Olgastraße (Süd)	1,45 m	1,48 m	Nein
4b	Olgastraße (Nord)	1,52 m	1,56 m	Nein
5	Sigmaringer Straße	1,48 m	1,47 m	Nein
6	Waiblinger Straße	1,55 m	1,76 m	**Ja**
7	Waldburgstraße	1,67 m	1,75 m	Nein
8a	Zabergäustraße (West)	1,41 m	1,39 m	Nein
8b	Zabergäustraße (Ost)	1,64 m	1,39 m	**Ja**
9	Zeppelinstraße	1,62 m	1,59 m	Nein
Mischverkehr		Schutzstreifen	Radfahrstreifen	

Tabelle 6: Vergleich der Fahrtrichtungen jeder Messstrecke nach Führungsform

Auch wenn die Seitenabstände bei den meisten Messstrecken auf beiden Fahrtrichtungen unterschiedliche Mittelwerte aufweisen, zeigen sich nur bei drei Messstrecken signifikante Unterschiede. Zwei dieser Messstrecken weisen auf jeder Fahrtrichtung die gleiche Führungsform auf. Dabei handelt es sich um die in Kapitel 3.1.3 hervorgehobenen Messstrecken: Die zweibahnige Waiblinger Straße und die dreistreifige Zabergäustraße (Ost)

Die dritte Messstrecke mit einem signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Seitenabstände beider Fahrtrichtungen ist die Fellbacher Straße. Dort wird der Radverkehr in Richtung der positiven Längsneigung (FR1) mit Schutzstreifen und in Richtung der negativen Längsneigung (FR2) im Mischverkehr geführt. Das gleiche Prinzip wird auch auf den Messstrecken Olgastraße (Süd), Waldburgstraße und Zeppelinstraße angewandt. Warum nur in der Fellbacher Straße ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten beiden Fahrtrichtungen nachweisbar ist, ist nicht unmittelbar zu erkennen.

Insgesamt scheint sich anhand der Führungsformen zweier Fahrtrichtungen nicht vorhersagen lassen, ob sich die auftretenden Seitenabstände signifikant unterscheiden. Obwohl die Führungsform, wie gezeigt, einen Einfluss auf die Seitenabstände hat, kann sie nicht als alleiniges Kriterium herangezogen werden. Dies gilt insbesondere, da der Einfluss der Führungsform als gering einzustufen ist. Im Folgenden sind daher weitere potenzielle Einflussfaktoren zu untersuchen.

4.4 Einfluss der Verkehrsstärke

4.4.1 Zusammenfassung

Wie in Kapitel 2.1.2 dargestellt, ist die Höhe der Verkehrsstärke einer Straße nach ERA 2010 ein Kriterium für die Wahl der Führungsform. Vereinfacht gesagt ist umso mehr eine Trennung von Kfz- und Fahrradverkehr geboten, umso höher die Verkehrsstärke des Querschnitts ist. Zur Überprüfung von Hypothese 2 soll im Folgenden untersucht werden, ob sich diese Vorgabe aus einem Zusammenhang zwischen Kfz-Verkehrsstärke und auftretenden Seitenabständen herleiten lässt. Abbildung 16 zeigt für jede der untersuchten Fahrtrichtungen den Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der erhobenen Seitenabstände und der Verkehrsstärke der jeweiligen Fahrtrichtungen. Jeder Punkt im Diagramm stellt eine Fahrtrichtung dar.

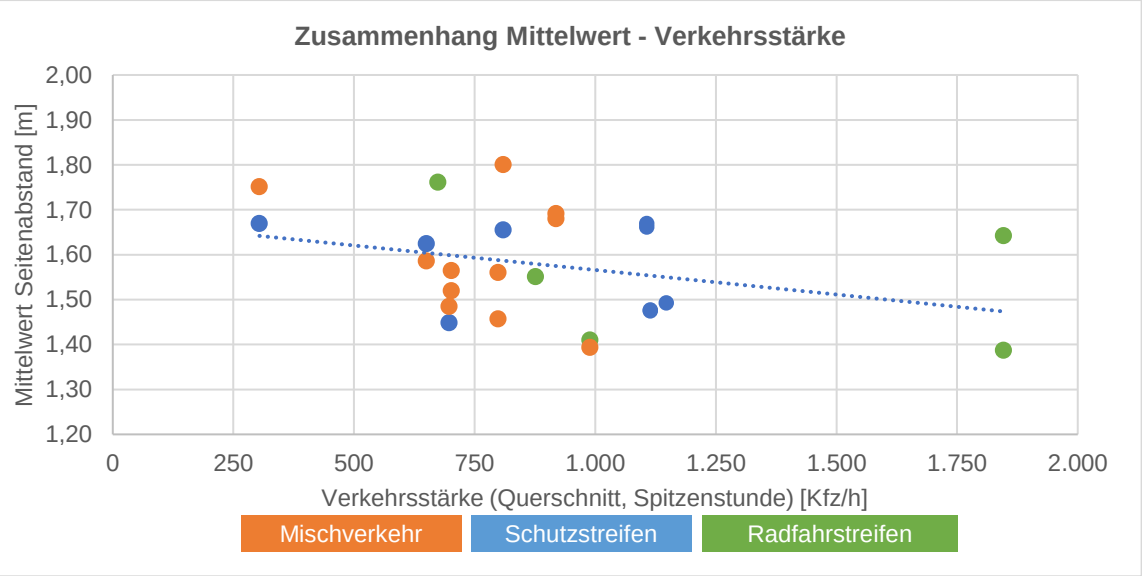


Abbildung 16: Zusammenhang Mittelwert der Seitenabstände und Verkehrsstärke (Eigene Darstellung)

Über alle Messstrecken hinweg, zeigt sich mit zunehmender Verkehrsstärke eine leichte Tendenz zu geringeren Seitenabständen. Den ERA 2010 entsprechend, werden Schutz- und Radfahrstreifen eher bei höheren Verkehrsstärken eingerichtet als Mischverkehr. Dieses Vorgehen spiegelt sich auch bei den untersuchten Fahrtrichtungen wider. Da, wie gezeigt, die Führungsform einen Einfluss auf die Seitenabstände hat, könnte dies den Verlauf der dargestellten Trendlinie erklären. Weitere potenzielle Einflussgrößen, wie z.B. die Fahrbahnbreite oder das Vorhandensein einer Leitlinie in der Fahrbahnmitte werden in dieser Betrachtung jedoch zunächst ausgeblendet und könnten ebenfalls Einfluss auf die auftretenden Seitenabstände nehmen.

In Kapitel 3.1.3 wurde bereits erläutert, dass die vorliegenden Verkehrszählungen teilweise nicht aktuell sind. In Ermangelung anderer Daten, werden die vorliegenden Werte für die Auswertung genutzt. Alternativ scheint es zunächst denkbar zu sein, die Anzahl an Überholvorgängen jeder Fahrtrichtung als Hilfswert zu verwenden. Ein Vergleich zwischen der Anzahl an gekennzeichneten Überholvorgängen und den Daten der Verkehrszählungen wird in den Anhängen A.2 bis A.14 vorgenommen. Mit den vorliegenden Werten lässt sich die Genauigkeit der vorliegenden Verkehrszählungen jedoch nicht beurteilen. Die Anzahl an Überholvorgängen ist abhängig von der Gestaltung und der Streckenführung einer Messstrecke. Während

auf breiten, geraden Messstrecken einfach überholt werden kann, fällt dies auf schmalen, kurvenreichen Messstrecken schwerer. Um den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Anzahl an Überholvorgängen zu ermitteln, müsste die Zahl der nicht angenommenen Überholvorgänge betrachtet werden. Hierfür wäre eine videogestützte Erhebung notwendig.

Es ist zu prüfen, ob der grafisch erkennbare Zusammenhang zwischen Seitenabständen und Verkehrsstärken statistisch signifikant ist. Hierfür wurde eine lineare Regression durchgeführt. Mit diesem Instrument lässt sich der Einfluss einer unabhängigen Variable (hier die Verkehrsstärke) auf eine abhängige Variable (hier der Mittelwert der Seitenabstände) identifizieren (vgl. Rooch 2014, S. 191). Die lineare Regression ergibt als Ergebnis jedoch, dass die Verkehrsstärke keinen signifikanten Einfluss auf den Mittelwert der Seitenabstände ausübt ($R^2 = 0.108$, $F(1,23) = 2.971$, $p = 0.108$)

4.4.2 Belastungsbereiche der Strecken mit Mischverkehr

Bei gemeinsamer Betrachtung aller Fahrtrichtungen lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Kfz-Verkehrsstärke und den auftretenden Seitenabständen erkennen. Da in den ERA 2010 die Verkehrsstärke zusammen mit der maximalen Höchstgeschwindigkeit Grundlage für die Einteilung von Strecken in Belastungsbereiche ist, soll diese Zuordnung im Folgenden überprüft werden. Dazu werden die Fahrtrichtungen und der jeweilige Mittelwert der dort erhobenen Seitenabstände nach Führungsform getrennt in das entsprechende Diagramm eingetragen. So sollen gegebenenfalls bestehende Zusammenhänge und Unterschiede zwischen den Messstrecken der einzelnen Belastungsbereiche aufgezeigt werden. Abbildung 17 zeigt die Einordnung der Fahrtrichtungen mit Mischverkehr.

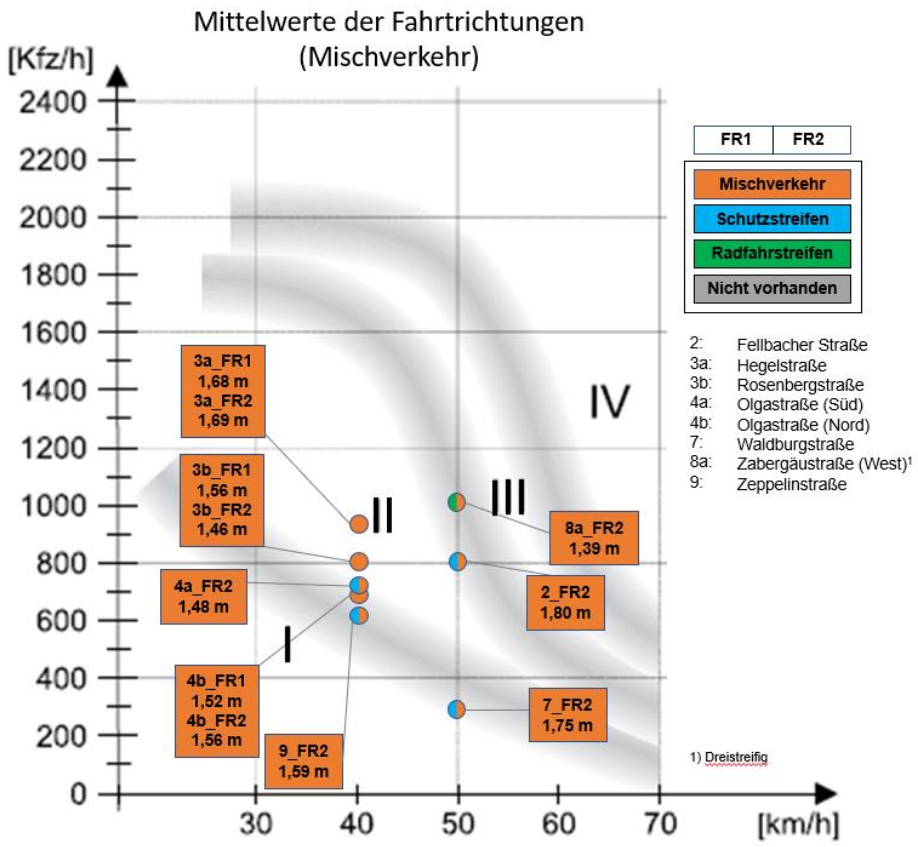


Abbildung 17: Mittelwerte Fahrtrichtungen, Mischverkehr (Eigene Darstellung, nach FGSV 2010, S. 19)

Die meisten betrachteten Fahrtrichtungen mit Mischverkehr befinden sich im Belastungsbereich II. In diesem Belastungsbereich ist eigentlich kein Mischverkehr vorgesehen. Die ERA 2010 gibt jedoch an, dass auch im Belastungsbereich II die Führung im Mischverkehr „bei geringem Schwerverkehr, Gefällestrecken über 3 % Längsneigung, übersichtlicher Linienführung und geeigneten Fahrbahnbreiten […] zweckmäßig sein“ kann (FGSV 2010, 18). Das Kriterium der übersichtlichen Linienführung trifft auf alle dargestellten Fahrtrichtungen, mit Ausnahme der Waldburgstraße (7_FR2) und der Zeppelinstraße (9_FR2) zu. Erstere befindet sich jedoch ohnehin im Belastungsbereich I. Zudem weisen beide dieser Fahrtrichtungen eine negative Längsneigung von über 3 % auf, weshalb sie nach ERA 2010 ebenfalls für Mischverkehr in Frage kommen. Die Führungsformen der betrachteten Fahrtrichtungen sind, bezogen auf das vorliegende Diagramm, von der Stadt Stuttgart nachvollziehbar gewählt.

Die Darstellung zeigt keinen klar erkennbaren Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Seitenabstände einer Fahrtrichtung und der Verkehrsstärke oder der maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeit. In der Hegelstraße (3a_FR1, 3a_FR2) treten trotz höherer Verkehrsstärke im Schnitt höhere Seitenabstände auf als z.B. in der Olgastraße (4a_FR2, 4b_FR1, 4b_FR2). Die höchsten Seitenabstände treten in der Fellbacher Straße (2_FR2) und der Waldburgstraße (7_FR2) auf, in denen die maximal zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h beträgt. Die Hypothese, dass mit steigender Verkehrsstärke geringere Seitenabstände auftreten, lässt sich für Mischverkehr daher nicht bestätigen.

4.4.3 Belastungsbereiche der Strecken mit Schutzstreifen

Wie bereits für die Fahrtrichtungen im Mischverkehr, werden im Folgenden die Fahrtrichtungen mit Schutzstreifen in Belastungsbereiche eingeordnet. Abbildung 18 zeigt die Lage der entsprechenden Fahrtrichtungen im Diagramm zur Ermittlung der Belastungsbereiche.

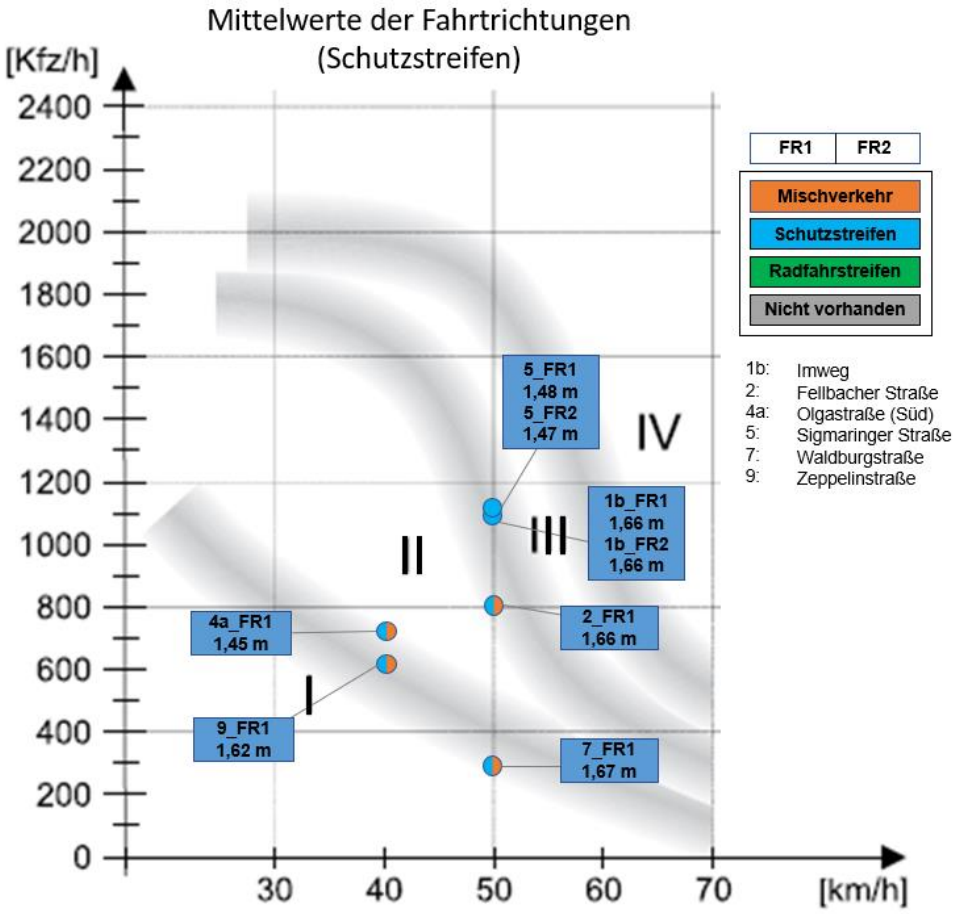


Abbildung 18: Mittelwerte Fahrtrichtungen, Schutzstreifen (Eigene Darstellung, nach FGSV 2010, S. 19)

Bis auf die Waldburgstraße (7_FR1) befinden sich alle betrachteten Fahrtrichtungen in Belastungsbereich II. Dieser Belastungsbereich sieht Schutzstreifen als mögliche Führungsform vor. Die Waldburgstraße (7_FR1), kann dem Belastungsbereich I zugeordnet werden, weshalb grundsätzlich Mischverkehr gewählt werden sollte. Die Fahrtrichtung weist jedoch eine durchschnittliche Längsneigung von 4,4 % auf. Für Strecken des Belastungsbereichs I ist als Randbedingung vorgegeben, dass „bei starken Steigungen […] die Führung auf der Fahrbahn gegebenenfalls durch die Führung „Gehweg“ mit dem Zusatz „Radfahrer frei“ ergänzt werden“ kann (vgl. FGSV 2010, S. 18). Dass dem entgegen bei der Planung ein Schutzstreifen gewählt wurde, kann sowohl mit der Funktion als Hauptradroute als auch mit den dortigen schmalen Gehwegen zu tun haben. Die Sigmaringer Straße (5_FR1, 5_FR2) befindet sich an der Grenze zum Belastungsbereich III und käme damit auch für Radfahrstreifen infrage. Durch die übersichtliche Linienführung und den geringen Schwerverkehrsanteil (1 %) lässt sich die Wahl von Schutzstreifen rechtfertigen.

Im Gegensatz zu den Fahrtrichtungen mit Mischverkehr lässt sich bei den Fahrtrichtungen mit Schutzstreifen zumindest vordergründig ein Einfluss der Verkehrsstärke auf die Seitenabstände erkennen. Bei den Fahrtrichtungen mit maximal zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h weisen die Fahrtrichtungen mit hohen Verkehrsstärken die geringsten Seitenabstände auf. Gleiches gilt für die Fahrtrichtungen mit maximal zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Dennoch wären beim Imweg (1b_FR1, 1b_FR2) und bei der Waldburgstraße (7_FR1) aufgrund der unterschiedlichen Verkehrsstärke ein größerer Unterschied in den jeweiligen Mittelwerten der Seitenabständen zu erwarten. Zwischen Imweg (1b_FR1, 1b_FR2) und Sigmaringer Straße (5_FR1, 5_FR2), deren Verkehrsstärke ähnlich hoch ist, wäre ein geringerer Unterschied zu erwarten. Die Verkehrsstärke scheint also auch bei den Schutzstreifen nicht das maßgebende Kriterium für die auftretenden Seitenabstände zu sein.

4.4.4 Belastungsbereiche der Strecken mit Radfahrstreifen

Analog zur bisherigen Vorgehensweise, werden nun die Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen den Belastungsbereichen zugeordnet. Die Lage der Fahrtrichtungen im entsprechenden Diagramm ist in Abbildung 19 dargestellt.

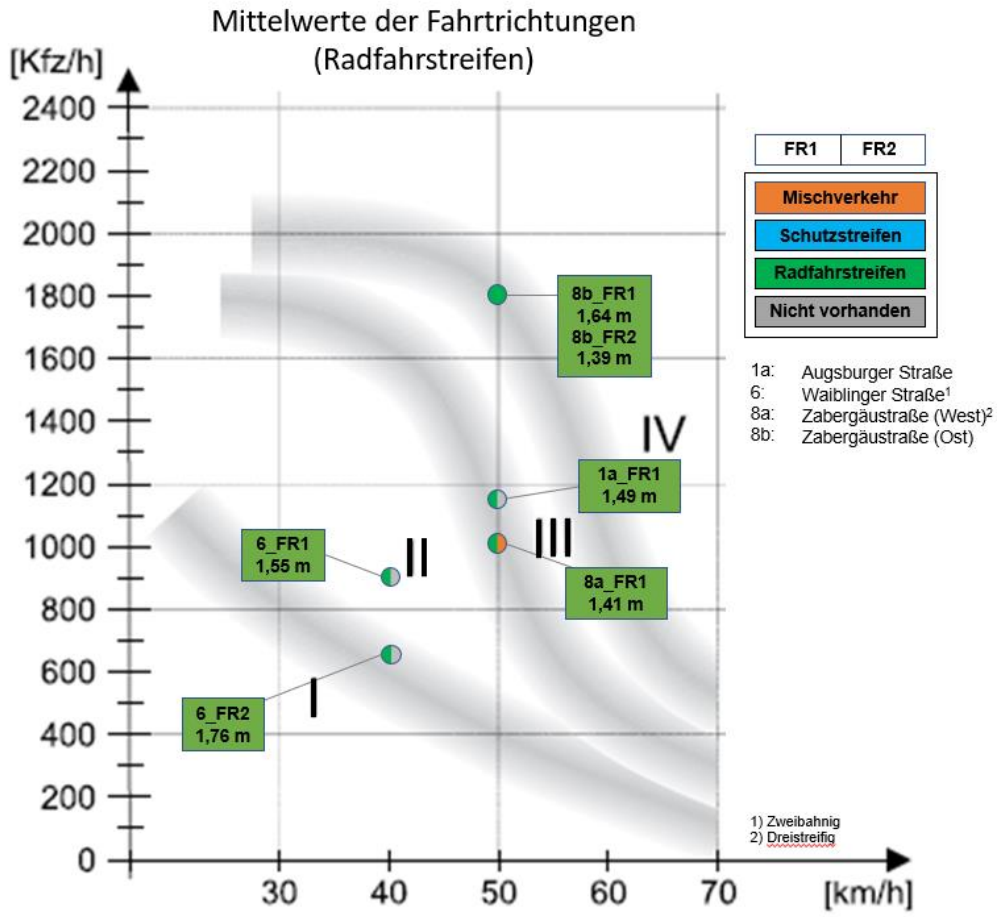


Abbildung 19: Mittelwerte Fahrtrichtungen, Radfahrstreifen (Eigene Darstellung, nach FGSV 2010, S. 19)

Die Fahrtrichtungen der Zabergäustraße (8a_FR1, 8b_FR1, 8b_FR2) und der Augsburger Straße (1a_FR1) befinden sich im Belastungsbereich III, bzw. im Grenzbereich zu Belastungsbereich II. Somit ist für diese Strecken ein Radfahrstreifen

eine der möglichen Führungsformen (vgl. FGSV 2010, S. 18). Die Waiblinger Straße hingegen ist dem Belastungsbereich II zuzuordnen. Der Grund für die Wahl der Radfahrstreifen dürfte die an dieser Stelle verlaufende Hauptradroute 1 und die damit verbundene hohe Bedeutung für den Radverkehr sein.

Tendenziell lässt sich für die Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen bei steigender Verkehrsstärke eine Abnahme der Seitenabstände erahnen. Ausnahme ist Fahrtrichtung 1 der Zabergäustraße (Ost), deren Radfahrstreifen in Mittellage geführt wird. Es kann vermutet werden, dass diese besondere Führungsform Einfluss auf die Seitenabstände hat. Durch die geringe Anzahl an erhobenen Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen wird die Vergleichbarkeit untereinander an dieser Stelle jedoch erschwert. Insgesamt kein Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke und den erhobenen Seitenabständen vorzuliegen.

4.5 Vergleich der Erhebungszeiträume

Bisher ließ sich in den Untersuchungen kein Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und den erhobenen Seitenabständen bestätigen. Indirekt könnte jedoch ein Zusammenhang über den Vergleich der erfassten Erhebungszeiträume erkannt werden. Die Erhebungszeiträume werden im Folgenden untereinander verglichen, um Hypothese 3 zu untersuchen.

Die Messstrecken Augsburger Straße, Imweg und Sigmaringer Straße waren morgens von Baustellen beeinträchtigt. Zu diesen Zeiten kann nicht von einem ungestörten Verkehr ausgegangen werden. Um eine saubere Analyse zu gewährleisten, wurden keine Erhebungszeiträume dieser Messstrecken in diesem Kapitel einbezogen. Tabelle 7 zeigt die zusammengefassten Ergebnisse der drei Erhebungszeiträume.

	n	Mittelwert [m]	Median [m]	% ÜHV < 1,50 m	% ÜHV < 1,00 m	% ÜHV < 0,50 m
Morgens	1.081	1,62	1,63	37,7 %	5,6 %	0,6 %
Mittags	722	1,60	1,62	36,7 %	5,5 %	0,3 %
Nachmittags	1.353	1,59	1,61	40,9 %	6,9 %	0,2 %
GESAMT[9]	3.156	1,60	1,62	38,9 %	6,2 %	0,4 %

Tabelle 7: Vergleich der einzelnen Erhebungszeiträume

Wie zu erwarten war, wurden nachmittags die meisten Überholvorgänge gekennzeichnet, da zu dieser Zeit üblicherweise auch die höchste Verkehrsstärke auftritt. Morgens wurden insgesamt mehr Überholvorgänge gekennzeichnet als mittags. Der morgendliche Erhebungszeitraum hat eine Länge von drei Stunden, der mittägliche Erhebungszeitraum jedoch eine Länge von zwei Stunden. Pro Stunde wurden morgens und mittags somit durchschnittlich gleich viele Überholvorgänge gekennzeichnet.

Die zusammengefassten Messwerte der Erhebungszeiträume unterscheiden sich für die Mediane und Mittelwerte nur wenig. Nachmittags scheinen etwas mehr Überholvorgänge unter 1,50 m aufzutreten als zu anderen Zeiten. Abbildung 20 stellt die Messwerte der Erhebungszeiträume als Boxplots dar.

[9] Ohne die Messstrecken Augsburger Straße, Imweg und Sigmaringer Straße

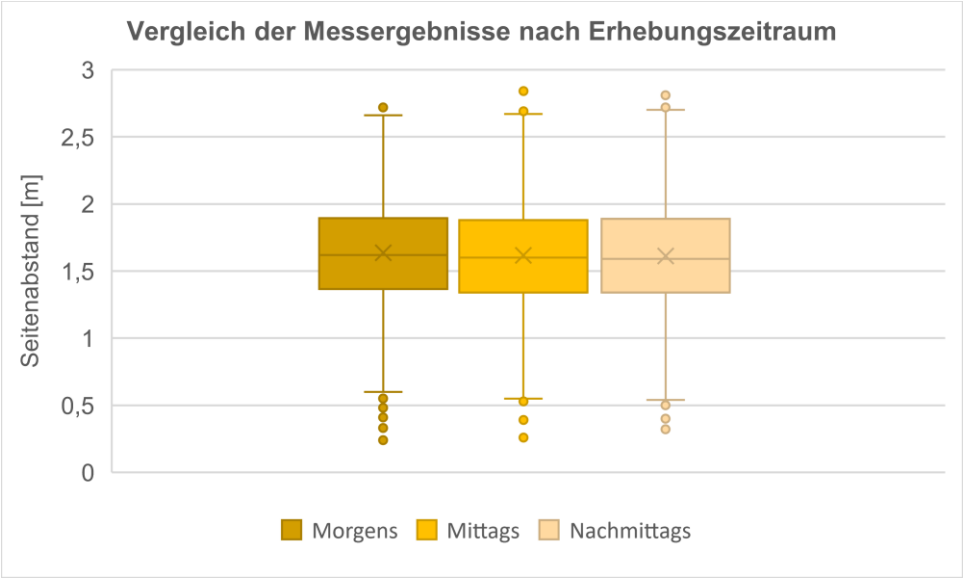


Abbildung 20: Vergleich der einzelnen Erhebungszeiträume (Eigene Darstellung)

Auch in der grafischen Darstellung sind wenige Unterschiede zu erkennen. Um dies zu bestätigen, wird eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt. Als abhängige Variable wird der Seitenabstand, als unabhängige Variable der Erhebungszeitraum gewählt. Die einfaktorielle ANOVA zeigt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Seitenabständen der drei Erhebungszeiträume gibt ($F(2, 3153) = 0.973$, $p < 0.378$).

Wird jede der erhobenen Fahrtrichtungen einzeln betrachtet, fallen teilweise große Unterschiede zwischen den Erhebungszeiträumen auf. Tabelle 8 zeigt für jede Fahrtrichtung die Mittelwerte der erhobenen Seitenabstände der drei Erhebungszeiträume. Die grafische Darstellung ist den Steckbriefen in den Anhängen A.2 bis A.14 zu entnehmen. Die Erhebungszeiträume werden für jede Fahrtrichtung anhand des Mittelwerts der erhobenen Seitenabstände separat miteinander verglichen. Derjenige Erhebungszeitraum mit dem höchsten Wert wurde in Tabelle 8 grün, derjenige mit dem niedrigsten Wert wurde rot eingefärbt. Die Spannweite, also die Differenz dieser beiden Werte ist zusätzlich mit angegeben. Je höher dieser Wert ist, desto stärker unterscheiden sich die Seitenabstände der Erhebungszeiträume einer Fahrtrichtung.

	FR	Mittelwert Seitenabstände Morgens	Mittelwert Seitenabstände Mittags	Mittelwert Seitenabstände Nachmittags	Spannweite
2	FR1	1,66 m	1,68 m	1,64 m	0,04 m
	FR2	1,83 m	1,74 m	1,81 m	0,09 m
3a	FR1	1,57 m	1,74 m	1,73 m	0,17 m
	FR2	1,84 m	1,59 m	1,67 m	0,25 m
3b	FR1	1,77 m	1,39 m	1,45 m	0,38 m
	FR2	1,49 m	1,46 m	1,41 m	0,08 m
4a	FR1	1,52 m	1,49 m	1,36 m	0,16 m
	FR2	1,46 m	1,60 m	1,43 m	0,17 m
4b	FR1	1,62 m	1,40 m	1,33 m	0,29 m
	FR2	1,41 m	1,58 m	1,60 m	0,19 m
6	FR1	1,53 m	1,51 m	1,58 m	0,07 m
	FR2	1,78 m	1,73 m	1,71 m	0,07 m
7	FR1	1,56 m	1,63 m	1,77 m	0,21 m
	FR2	1,73 m	1,67 m	1,81 m	0,14 m
8a	FR1	1,44 m	1,46 m	1,34 m	0,12 m
	FR2	1,47 m	1,36 m	1,35 m	0,12 m
8b	FR1	1,69 m	1,89 m	1,49 m	0,40 m
	FR2	1,47 m	1,39 m	1,34 m	0,13 m
9	FR1	1,67 m	1,69 m	1,56 m	0,13 m
	FR2	1,64 m	1,49 m	1,55 m	0,15 m

Tabelle 8: Mittelwerte der Seitenabstände nach Erhebungszeiträumen

Auf den ersten Blick scheinen mehr Fahrtrichtungen morgens höhere Seitenabstände als nachmittags aufzuweisen. Es existieren jedoch auch Fahrtrichtungen, bei denen es sich andersherum verhält. Welcher Erhebungszeitraum einer Fahrtrichtung die höchsten und welcher die niedrigsten Seitenabstände aufweist scheint keiner Logik zu folgen. Da sich die Anzahl der gekennzeichneten Überholvorgänge zwischen den einzelnen Fahrtrichtungen stark unterscheidet, soll geprüft werden ob hierbei ein Zusammenhang besteht. Abbildung 21 stellt für jede Fahrtrichtung die Spannweite der Erhebungszeiträume in Verhältnis zur Anzahl an gekennzeichneten Überholvorgängen auf der jeweiligen Fahrtrichtung dar.

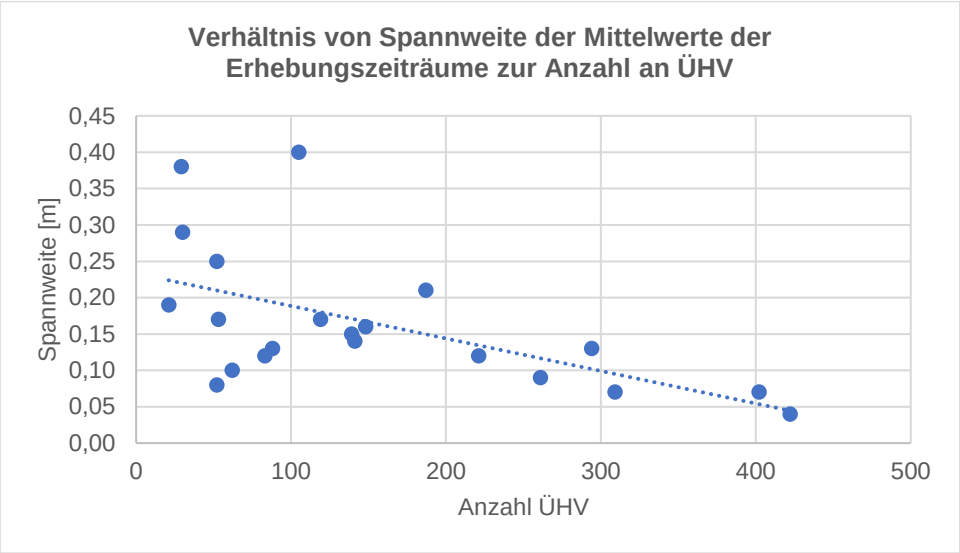


Abbildung 21: Verhältnis von Spannweite zur Anzahl an ÜHV (Eigene Darstellung)

Aus Abbildung 21 ist ersichtlich, dass die Spannweite der Fahrtrichtungen umso geringer ist, je mehr Überholvorgänge gekennzeichnet wurden. Aus dieser Darstellung ist die These abzuleiten, dass sich für jede Fahrtrichtung die Mittelwerte der Seitenabstände aller Erhebungszeiträume bei steigender Anzahl an Überholvorgängen untereinander angleichen. Große Unterschiede zwischen den Erhebungszeiträumen treten eher bei kleinen Stichproben auf.

Eine lineare Regression mit der Anzahl an gekennzeichneten Überholvorgängen je Fahrtrichtung als unabhängige Variable und der Spannweite als abhängige Variable bestätigt dies. Es existiert ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($R^2 = 0.203$, $F(1,23) = 5.842$, $p < 0.024$). Als Regressionsgleichung ergibt sich:

$$Spannweite = 0{,}2226 - 0{,}0003 * Anzahl\ \text{ÜHV}$$

Daher ist anzunehmen, dass die Tageszeit keinen Einfluss auf die Höhe der auftretenden Seitenabstände hat. Hypothese 3 kann nicht bestätigt werden.

Im vorangegangenen Abschnitt wurde ein möglicher Einfluss der Verkehrsstärke auf die erhobenen Seitenabstände untersucht. Hypothese 2, dass eine hohe Verkehrsstärke zu niedrigen Seitenabständen führt, konnte nicht bestätigt werden. Auch die Ergebnisse dieses Abschnitts sprechen gegen Hypothese 2. Die Seitenabstände sind unabhängig von tageszeitlich bedingten Schwankungen der Verkehrsstärke. Daher kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Verkehrsstärke der Spitzenstunde, die in der ERA 2010 Eingang findet, einen nennenswerten Einfluss auf die Seitenabstände von Überholvorgängen hat.

4.6 Einfluss der Fahrbahnbreite

4.6.1 Begriffsbestimmung

In den vorherigen Kapiteln wurde gezeigt, dass die Führungsform des Radverkehrs einen Einfluss auf die auftretenden Seitenabstände hat. Dieser Einfluss kann jedoch nicht maßgebend für die Seitenabstände sein. Ein Einfluss der Verkehrsstärke konnte zudem nicht nachgewiesen werden. Vergleichbare Forschungsprojekte benennen darüber hinaus die Fahrbahnbreite, das Auftreten von Gegenverkehr sowie die

Fahrtgeschwindigkeit und die Position der Radfahrenden als mögliche Einflussfaktoren (siehe Kapitel 2.4). Im Folgenden soll der Einfluss der Fahrbahnbreite auf die erhobenen Seitenabstände untersucht werden, da nur dieser Faktor anhand der gewählten Erhebungsmethode betrachtet werden kann. Insbesondere sollen auch die Vorgaben der ERA 2010 zu diesem Thema mit in die Analyse einbezogen werden. Da diese für jede der betrachteten Führungsformen individuelle Vorgaben macht, werden die Fahrstrecken in diesem Abschnitt nach Führungsform getrennt analysiert.

Während der Messfahrten fiel auf, dass an einigen der Messstrecken Fahrzeuge längs am Fahrbahnrand parkten. Durch dauerhaft parkende Fahrzeuge wird die nutzbare Fahrbahnbreite reduziert. Um dem Rechnung zu tragen und um eine verständliche Darstellung zu gewährleisten, werden an dieser Stelle die in diesem Kapitel verwendeten Begriffe definiert (siehe Abbildung 22):

- **Fahrbahnbreite**: Gesamte Breite der baulich angelegten Fahrbahn. Inklusive der Breite von Schutz- und Radfahrstreifen und der Breite parkender Fahrzeuge.
- **Kernfahrbahnbreite**: Breite der Fahrbahn, abzüglich der Breite von Schutz- und Radfahrstreifen.
- **Effektive Fahrbahnbreite**: Breite der Fahrbahn, abzüglich der Breite von in Fahrtrichtung verlaufenden Schutz- und Radfahrstreifen sowie der Breite parkender Fahrzeuge. Inklusive der Breite von in Gegenrichtung verlaufender Schutz- und Radfahrstreifen.

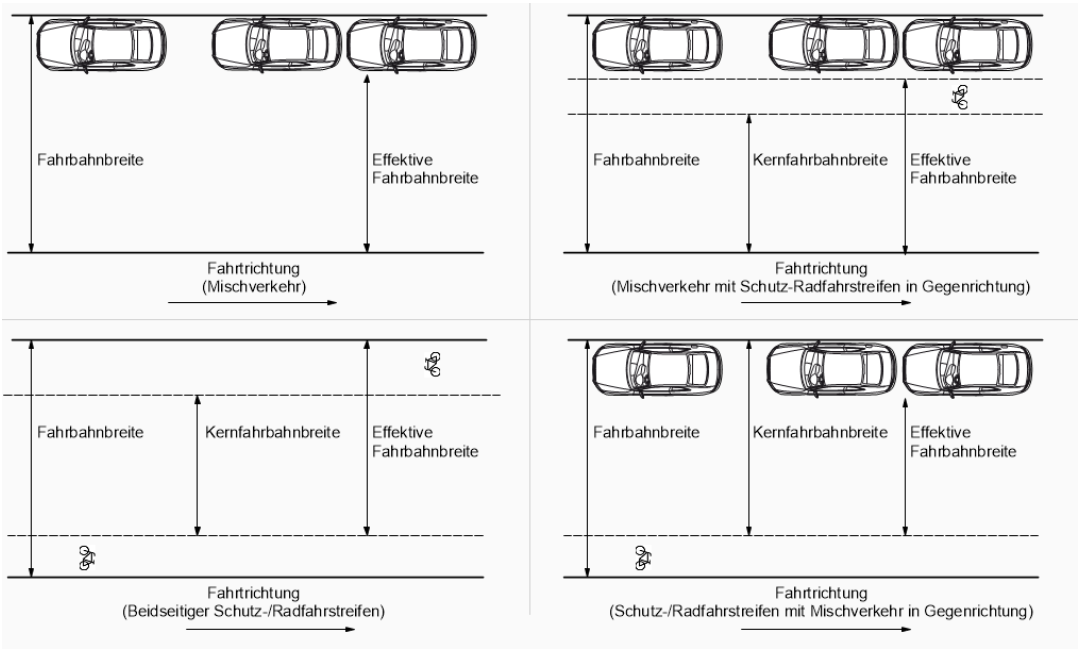


Abbildung 22: Begriffsdefinition zum Thema Fahrbahnbreite (Eigene Darstellung)

In Gegenrichtung verlaufende Schutz- und Radfahrstreifen werden an dieser Stelle der effektiven Fahrbahnbreite zugerechnet. Schutzstreifen dürfen vom Kfz-Verkehr nur im Bedarfsfall befahren werden (vgl. FGSV 2010, S. 22). Ob Überholvorgänge den Bedarf zum Befahren eines entgegengesetzten Schutzstreifens rechtfertigen, ist nicht klar. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Möglichkeit von Kfz-Fahrenden genutzt wird. Radfahrstreifen gehören nach geltendem Regelwerk nicht zur Fahrbahn und dürfen vom Kfz-Verkehr in Längsrichtung nicht befahren werden (vgl. FGSV 2010,

S. 23). Da sie jedoch ohne physische Trennung parallel zur Fahrbahn verlaufen, ist ebenfalls davon auszugehen, dass Kfz-Fahrende sie bei Bedarf dennoch befahren.

Die Fahrbahnbreiten werden über den Online-Kartendienst Google Maps ermittelt. Da diese Art der Messung nicht zentimetergenau erfolgt, werden die Ergebnisse in Klassen eingeteilt. Zudem kann die Fahrbahnbreite im Verlauf einer Messstrecke variieren. Als Grundlage wird die Fahrbahnbreite gewählt, die über den größten Teil der Messstrecke hinweg auftritt. Die folgende Analyse kann daher nur eine Annäherung an das Thema sein. Für eine detailliertere Auswertung ist weitere Forschung notwendig.

4.6.2 Einfluss der Fahrbahnbreite im Mischverkehr

Die Einsatzgrenzen, welche die ERA 2010 für Mischverkehr bezüglich der Fahrbahnbreiten vorgibt, wurden in Kapitel 2.1.2 vorgestellt. Für Fahrbahnbreiten zwischen 6,00 und 7,00 m gilt Mischverkehr bei Verkehrsstärken über 400 Kfz/h als problematisch. Bei kleineren Fahrbahnbreiten kann bei Gegenverkehr nicht überholt werden. Bei größeren Fahrbahnbreiten kann nach Aussage der Richtlinie auch bei Gegenverkehr mit genügend Sicherheitsabstand überholt werden. (vgl. FGSV 2010, S. 22)

Tabelle 9 zeigt die Fahrbahnbreiten und die Mittelwerte der Seitenabstände der Fahrtrichtungen mit Mischverkehr an. Sortiert wurde die Tabelle absteigend nach dem Mittelwert der erhobenen Seitenabstände. Die Fahrbahnbreite der Hegelstraße und der Rosenbergstraße wurde unter Berücksichtigung der dortigen Baustelle ermittelt.

Nr.	Straße	FR	Mittelwert Seitenabstände	Fahrbahnbreite	Kernfahrbahn	Effektive Fahrbahnbreite
2	Fellbacher Straße	FR2	1,80 m	> 8 m	> 8 m	7-8 m
7	Waldburgstraße	FR2	1,75 m	7-8 m	6-7 m	5-6 m
3a	Hegelstraße	FR2	1,69 m	> 8 m	-	7-8 m
3a	Hegelstraße	FR1	1,68 m	> 8 m	-	7-8 m
9	Zeppelinstraße	FR2	1,59 m	> 8 m	7-8 m	7-8 m
4b	Olgastraße (Nord)	FR2	1,56 m	> 8 m	-	6-7 m
3b	Rosenbergstraße	FR1	1,56 m	> 8 m	-	6-7 m
4b	Olgastraße (Nord)	FR1	1,52 m	> 8 m	-	6-7 m
4a	Olgastraße (Süd)	FR2	1,48 m	> 8 m	7-8 m	7-8 m
3b	Rosenbergstraße	FR2	1,46 m	> 8 m	-	6-7 m
8a	Zabergäustraße (West)	FR2	1,39 m	> 8 m	7-8 m	6-7 m

Tabelle 9: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen mit Mischverkehr

Es fällt auf, dass von den sechs Fahrtrichtungen mit den geringsten Mittelwerten fünf eine effektive Fahrbahnbreite zwischen 6,00 und 7,00 m aufweisen. Bei all diesen Fahrtrichtungen tritt zudem eine Verkehrsstärke von mehr als 400 Kfz/h auf. Die ERA 2010 gibt nicht vor, wie die Fahrbahnbreite zu messen ist. Unter der Annahme, dass sich die ERA 2010 auf die gesamte, bauliche Fahrbahnbreite bezieht, befindet sich keine dieser Fahrtrichtungen im problematischen Bereich. Bei Betrachtung der effektiven Fahrbahnbreite verhält sich dies gegenteilig. Es ist daher davon auszugehen, dass bei Planung von Radinfrastruktur die effektive Fahrbahnbreite betrachtet sollte. Eine Konkretisierung der Richtlinie wird empfohlen.

4.6.3 Einfluss der Fahrbahnbreite bei Schutzstreifen

Die ERA 2010 verlangt zwischen Schutzstreifen eine Kernfahrbahnbreite von mindestens 4,50 m. Bei hohen Verkehrsstärken werden 5,00 m empfohlen (vgl. FGSV 2010, S. 23). Von den untersuchten Messstrecken sind nur zwei mit beidseitigen Schutzstreifen ausgestattet. Die Daten des Imwegs und der Sigmaringer Straße sind in Tabelle 10 dargestellt.

Nr.	Straße	FR	Mittelwert Seiten-abstände	Breite Schutz-streifen	Fahrbahnbreite	Kernfahrbahn	Effektive Fahrbahnbreite
1b	Imweg	FR1	1,67 m	1,50-1,60 m	> 8 m	5-6 m	5-6 m
1b	Imweg	FR2	1,66 m	1,50-1,60 m	> 8 m	5-6 m	5-6 m
5	Sigmaringer Straße	FR1	1,48 m	1,80-1,90 m	> 8 m	6-7 m	7-8 m
5	Sigmaringer Straße	FR2	1,47 m	1,80-1,90 m	> 8 m	6-7 m	7-8 m

Tabelle 10: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen mit zweiseitigen Schutzstreifen

Beide Messstrecken erfüllen die Anforderungen der ERA 2010 für die Kernfahrbahnbreite (> 4,50 m). Auffällig ist, dass die Sigmaringer Straße trotz breiterer Schutzstreifen und breiterer Kernfahrbahn engere Seitenabstände als der Imweg aufweist. Da beide Messstrecken die gleiche Führungsform aufweisen und für die Verkehrsstärke kein Einfluss auf die auftretenden Seitenabstände nachgewiesen wurde, können diese beiden Faktoren nicht ursächlich für besagten Unterschied sein. Ob die höheren Breiten der Sigmaringer Straße gegenüber des Imwegs ursächlich für die Unterschiede in den auftretenden Seitenabständen ist, lässt sich ohne weitere Forschung nicht beantworten.

Teil der Erhebungen sind zudem vier Messstrecken, die auf einer Fahrtrichtung einen Schutzstreifen und auf der anderen Fahrtrichtung Mischverkehr aufweisen. Die Kennwerte der betreffenden Fahrtrichtungen sind in Tabelle 11 dargestellt.

Nr.	Straße	FR	Mittelwert Seiten-abstände	Breite Schutz-streifen	Fahrbahnbreite	Kernfahrbahn	Effektive Fahrbahnbreite
7	Waldburg-straße	FR1	1,67 m	1,50-1,60 m	7-8 m	6-7 m	4-5 m
2	Fellbacher Straße	FR1	1,66 m	1,50-1,60 m	> 8 m	> 8 m	6-7 m
9	Zeppelin-straße	FR1	1,62 m	1,50-1,60 m	> 8 m	7-8 m	5-6 m
4a	Olgastraße (Süd)	FR1	1,45 m	1,50-1,60 m	> 8 m	7-8 m	5-6 m

Tabelle 11: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen einseitigen Schutzstreifen

Auch die in Tabelle 11 dargestellten Fahrtrichtungen erfüllen die Mindestkriterien der Kernfahrbahnbreite nach ERA 2010. Zudem erfüllen alle Schutzstreifen das dort angegebene Regelmaß von 1,50 m. Bis auf die Olgastraße (Süd) weisen die Fahrtrichtungen untereinander ähnlich hohe Mittelwerte der erhobenen Seitenabstände auf. Um belastbare Aussagen zum Zusammenhang zwischen Fahrbahn-, bzw. Schutzstreifenbreite und den auftretenden Seitenabständen zu machen, ist die Zahl der betrachteten Fahrtrichtungen zu gering.

4.6.4 Einfluss der Fahrbahnbreite bei Radfahrstreifen

Im Gegensatz zu Straßen mit Radfahrstreifen verlangt die ERA 2010 für Straßen mit Radfahrstreifen keine Mindestbreite der Kernfahrbahn. Stattdessen wird für den angrenzenden Fahrstreifen eine Mindestbreite von 2,75 m, bzw. eine Regelbreite von 3,25 m vorgegeben (vgl. FGSV 2010, S. 24). Insgesamt liegen Erhebungen aus sechs

Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen vor. Die Kennwerte dieser Fahrtrichtungen sind in Tabelle 12 dargestellt. Die Waiblinger Straße wird zweibahnig geführt. Daher sind die genannten Breiten dieser Messstrecke anders zu bewerten als diejenigen der einbahnigen Messstrecken. Zudem ist auf diesen Fahrtrichtungen kein Gegenverkehr zu erwarten, was die auftretenden Seitenabstände beeinflussen dürfte. Die Daten der Waiblinger Straße werden der Vollständigkeit halber mit angegeben, sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren.

Nr.	Straße	FR	Mittelwert Seiten-abstände	Breite Radfahr-streifen	Fahrbahnbreite	Kernfahrbahn	Effektive Fahrbahnbreite
6	*Waiblinger Straße*	*FR2*	*1,76 m*	*1,90-2,00 m*	*5-6 m*	*3-4 m*	*3-4 m*
8b	Zabergäustraße (Ost)	FR1	1,64 m	1,70-1,80 m	> 8 m	6-7 m	7-8 m
6	*Waiblinger Straße*	*FR1*	*1,55 m*	*1,90-2,00 m*	*5-6 m*	*3-4 m*	*3-4 m*
1a	Augsburger Straße	FR1	1,49 m	1,60-1,70 m	7-8 m	5-6 m	5-6 m
8a	Zabergäustraße (West)	FR1	1,41 m	1,40-1,50 m	> 8 m	7-8 m	5-6 m
8b	Zabergäustraße (Ost)	FR2	1,39 m	1,50-1,60 m	> 8 m	6-7 m	7-8 m

Tabelle 12: Fahrbahnbreiten der Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen

Die Radfahrstreifen der Augsburger Straße und der Zabergäustraße (West) grenzen jeweils an einen Fahrstreifen mit einer Breite von ca. 2,75-3,00 m. Die Fahrstreifenbreite entspricht damit der Mindest-, jedoch nicht der Regelbreite nach ERA 2010. Die Breite der an die Radfahrstreifen der Zabergäustraße (Ost) angrenzenden Fahrstreifen entsprechen der Regelbreite. Zudem entsprechen, mit Ausnahme der Waiblinger Straße, keine der betrachteten Radfahrstreifen der Mindestbreite von 1,85 m. Ein Einfluss der effektiven Fahrbahnbreite oder der Kernfahrbahnbreite auf die Mittelwerte der erhobenen Seitenabstände ist nicht zu erkennen. Die Zahl der betrachteten Fahrtrichtungen mit Radfahrstreifen ist gering. Um mögliche Zusammenhänge zwischen auftretenden Seitenabständen und Fahrbahnbreiten aufzudecken, müssten mehr Fahrtrichtungen betrachtet werden.

Fahrtrichtung 1 der Waiblinger Straße weist an zwei Stellen einen verengten Radfahrstreifen auf. Östlich des Knotenpunkts Waiblinger Straße/Daimlerstraße beträgt die Breite des Radfahrstreifens ca. 1,30-1,40 m. Östlich des Knotenpunkts Waiblinger Straße/Taubenheimstraße beträgt die Breite des Radfahrstreifens nur ca. 1,00-1,10 m. Der Karte in Anhang A.10 ist zu entnehmen, dass der größte Teil der Überholvorgänge mit weniger als 0,50 m Seitenabstand an diesen beiden Stellen durchgeführt wurde. Auf Fahrtrichtung 2 der Waiblinger Straße bleibt die Breite des Radfahrstreifens über die gesamte Länge konstant. Dies erklärt den Unterschied in den Mittelwerten der erhobenen Seitenabständen zwischen den Fahrtrichtungen der Waiblinger Straße.

5. Fazit

Untersuchung der Forschungshypothesen

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu erfassen welche Einflussfaktoren auf die Seitenabstände zwischen überholenden Kfz und überholten Radfahrenden wirken.

Dazu wurden 4.369 Überholvorgänge auf insgesamt 13 Messtrecken in Stuttgart erhoben. Aufgrund von Verkehrsbeeinflussungen durch Baustellen konnten nur 4.081 dieser Überholvorgänge ausgewertet werden. Insgesamt wurden 42,2 % der ausgewerteten Überholvorgänge mit einem Seitenabstand von weniger als 1,50 m durchgeführt. Der Mittelwert der ausgewerteten Seitenabstände betrug 1,59 m. Um die Forschungsfrage zu untersuchen, wurden drei Hypothesen aufgestellt, die im Rahmen der Arbeit überprüft wurden:

Hypothese 1 – Radfahrende auf Schutz- und Radfahrstreifen werden enger überholt als Radfahrende im Mischverkehr: Diese Hypothese konnte anhand der erhobenen Daten bestätigt werden. Die gekennzeichneten Überholvorgänge im Mischverkehr weisen im Mittel signifikant höhere Seitenabstände auf als diejenigen der Schutz- und Radfahrstreifen. Zwischen den Messstrecken mit Schutz- und Radfahrstreifen ist kein Unterschied in den auftretenden Seitenabständen zu erkennen. Der Effekt ist jedoch zu gering, um die Führungsform als maßgebende Einflussgröße von Seitenabständen zu benennen.

Hypothese 2 – Höhere Kfz-Verkehrsstärken führen zu geringeren Seitenabständen: Diese Hypothese konnte nicht bestätigt werden. In der grafischen Darstellung kann ein schwacher Trend erkannt werden, der aber statistisch nicht signifikant ist und zudem auch von anderen Einflussfaktoren verursacht sein kann. Auch bei getrennter Analyse der Fahrtrichtungen nach Führungsform zeigen sich keine erkennbaren Zusammenhänge zwischen der Kfz-Verkehrsstärke und den auftretenden Seitenabständen.

Hypothese 3 – Während der Spitzenverkehrszeiten treten geringere Seitenabstände auf als zu Nebenverkehrszeiten: Diese Hypothese muss verworfen werden. Über alle Fahrtrichtungen hinweg, zeigen sich sowohl morgens, mittags als auch nachmittags nahezu keine Unterschiede in den gekennzeichneten Seitenabständen. Beim Betrachten einzelner Fahrtrichtungen treten Unterschiede zwischen den jeweiligen Erhebungszeiträumen auf. Diese sind jedoch umso geringer, umso mehr Überholvorgänge auf einer Fahrtrichtung gekennzeichnet wurden. Mit steigender Größe einer Stichprobe sinken die Unterschiede zwischen den Erhebungszeiträumen und tendieren gegen null. Die Tageszeit hat also keinen Einfluss auf das Überholverhalten im Straßenverkehr.

Von den untersuchten Einflussfaktoren hat einzig die Führungsform einen signifikanten Einfluss auf die auftretenden Seitenabstände. Da der Effekt jedoch gering ist, müssen weitere mögliche Einflussfaktoren betrachtet werden. Daher wurden die gewählten Messstrecken weiterhin mit Hinblick auf die Fahrbahnbreite betrachtet. Diese scheint einen Einfluss auf die auftretenden Seitenabstände zu haben. Es zeigt sich, dass nicht allein die bauliche Fahrbahnbreite als Kriterium herangezogen werden sollte, um Einsatzgrenzen für einzelne Führungsformen festzulegen. Vielmehr sollte die effektive Fahrbahnbreite, die sich aus der baulichen Fahrbahnbreite abzüglich der Breite für parkende Fahrzeuge ergibt, berücksichtigt werden. Für Fahrtrichtungen im Mischverkehr zeigen die erhobenen Daten, dass eine Fokussierung auf die bauliche Fahrbahnbreite das Auftreten von engen Überholvorgängen begünstigen kann. Die Anzahl an untersuchten Fahrtrichtungen mit Schutz- und Radfahrstreifen ist zu gering, um den Einfluss der Fahrbahnbreite auf die auftretenden Seitenabstände zu erkennen.

Das Thema der Fahrbahnbreite wurde zudem anhand überschlägiger Werte betrachtet, weshalb weitere Forschung empfohlen wird.

Einordnung in den Forschungsstand

Im Vergleich zu anderen Forschungsprojekten wurde in dieser Arbeit ein geringerer Anteil an regelwidrigen Überholvorgängen festgestellt. Rund 42 % der gemessenen Seitenabstände waren niedriger als 1,50 m und entsprachen damit nicht den Vorgaben der StVO. In den vorliegenden Forschungsprojekten fiel dieser Wert meist höher aus und erreichte Werte von bis zu 75 %. Mögliche Gründe für diesen Unterschied sind die Streckenwahl und lokale Besonderheiten. Aber auch der Fahrstil der Probanden kann eine Erklärung bieten. Innerhalb dieses Projekts wurden die Seitenabstände von einem einzigen Probanden erhoben. Dies ermöglichte eine vom Fahrstil unbeeinflusste Betrachtung der untersuchten Einflussgrößen. Projekte, die Seitenabstände durch eine Vielzahl an Probanden erheben, erfassen möglicherweise ein ausgeglicheneres Gesamtbild. Der Proband dieser Arbeit wählte einen nach außen hin offensiv wirkenden Fahrstil. Ob Radfahrende mit einem anderen Fahrstil noch häufiger eng überholt werden, bleibt in zukünftiger Forschung zu klären.

Die Ergebnisse zum Einfluss der Führungsform stimmen mit den Erkenntnissen des Forschungsstands überein. Der Großteil der betrachteten Forschungsprojekte ermittelt im Mischverkehr höhere Seitenabstände als auf Schutz- und Radfahrstreifen (vgl. Ohm et al. 2015, S. 63; Langer 2016, S. 81; Huemer 2019, S. 22; Mros 2021, S. 65). Der Einfluss der Verkehrsstärke und der Tageszeiten auf auftretende Seitenabstände wurde in keinem der betrachteten Forschungsprojekte untersucht. Durch die durchgeführten Erhebungen lässt sich feststellen, dass diese beiden Faktoren nahezu keinen Einfluss auf die auftretenden Seitenabstände haben.

Reflexion der Methodik

Die Daten dieses Projekts wurden auf speziell ausgewählten Messstrecken erhoben, die nicht notwendigerweise repräsentativ für das gesamte Stadtgebiet stehen. Radfahrende in Stuttgart erleben auf ihren Alltagswegen, je nach Streckenwahl, daher möglicherweise andere Seitenabstände. Gerade die Ergebnisse des ebenfalls in Stuttgart durchgeführten Projekts Kesselnetz weisen darauf hin, dass je nach Streckenwahl und Fahrstil unterschiedliche Seitenabstände auftreten können.

Aufgrund der gewählten Erhebungsmethode konnten in diesem Projekt nicht alle Einflussgrößen von Überholvorgängen erfasst werden. Dabei handelt es sich um das Auftreten von Gegenverkehr bei Überholvorgängen, der Anzahl an abgelehnten Überholvorgängen, die Fahrzeugart der überholenden Fahrzeuge sowie die Geschwindigkeit von überholenden und überholten Fahrzeugen. Mit Erhebungen, die diese Faktoren erfassen, könnten weitere Erkenntnisse zum Thema Überholvorgänge gewonnen werden. Die in dieser Arbeit eingeflossenen Datengrundlagen weisen zudem an zwei Stellen Unsicherheiten auf. Zum einen lagen nicht für alle Messstrecken aktuelle Verkehrszählungen vor. Zum anderen wurden die Fahrbahnbreiten überschlägig abgemessen werden. Eine Wiederholung der Auswertung mit verifizierten Daten, kann gegebenenfalls weitere Erkenntnisse liefern.

Handlungsempfehlungen und Forschungsbedarf

Insgesamt leitet sich aus den Ergebnissen der Erhebungen ein dringender Handlungsbedarf ab. Dass 42 % aller Überholvorgänge verkehrswidrig durchgeführt werden, ist für den Radverkehr als negativ zu bewerten. Geringe Seitenabstände

führen zu einer niedrigen subjektiven Sicherheit. Um im Rahmen der Klimawende den Radverkehr zu stärken, ist die subjektive Sicherheit ein entscheidender Stellhebel. Die Betrachtung der Seitenabstände ist jedoch nur ein Teilaspekt des übergeordneten Themas Radverkehrssicherheit.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bedeuten nicht, dass der Radverkehr bei hohen Verkehrsstärken ohne Trennung zum Kfz-Verkehr auf der Fahrbahn geführt werden sollte. Der Anteil an engen Überholvorgängen steigt nicht mit der Verkehrsstärke. Dennoch sind hohe Verkehrsstärken als negativ für Radfahrende zu bewerten. Je höher die Verkehrsstärke einer Straße ist, desto mehr Überholvorgänge von Kfz gegenüber Radfahrenden sind dort zu erwarten. Bei einem gegebenen Anteil an zu eng ausgeführten Überholvorgängen, steigt mit der Verkehrsstärke auch die absolute Anzahl an zu eng ausgeführten Überholvorgängen. Somit erhöht sich zum einen die Wahrscheinlichkeit für Unfälle und zum anderen der subjektive Stress der Radfahrenden (vgl. Merk et al. 2021, S. 773f.).

Die subjektive Sicherheit von Radfahrenden ist auf baulich getrennten Radwegen am höchsten. Dort treten jedoch hohe Unfallraten auf. Schon in früheren Untersuchungen zeigte sich, dass die Sicherheit von Radverkehrsführungen von Einzelmerkmalen abhängig ist. Insbesondere die Nichtberücksichtigung von technischen Entwurfsempfehlungen begünstigt hohe Unfallraten (vgl. Alrutz et al. 2015, S. 20; ebd., S. 86). Auf Radwegen, die unter Berücksichtigung von technischen Entwurfsempfehlungen angelegt werden, ist sowohl eine hohe objektive als auch eine hohe subjektive Sicherheit zu erwarten. Da dies in der Planungspraxis nicht immer möglich ist, sind Fahrbahnführungen eine Alternative. Innerhalb dieser Gruppe von Radverkehrsführungen treten im Mischverkehr höhere Seitenabstände auf als auf Schutz- und Radfahrstreifen. Die subjektive Sicherheit wird im Mischverkehr jedoch als gering wahrgenommen. Um den Radverkehrsanteil zu erhöhen, scheinen Schutz- und Radfahrstreifen geeigneter, da sie als sicherer empfunden werden.

Um Schutz- und Radfahrstreifen auch objektiv sicher zu gestalten, ist eine tiefergehende Betrachtung der einzelnen Gestaltungsmerkmale und deren Zusammenwirken notwendig. In der Auswertung der Messfahrten zeigt sich ein Einfluss der Fahrbahnbreite. Im Mischverkehr sind besonders enge Überholvorgänge bei effektiv nutzbaren Fahrbahnbreiten zwischen 6 und 7 m zu erkennen. Um vergleichbare Zusammenhänge für Strecken mit Schutz- oder Radfahrstreifen zu ermitteln, wurden zu wenige Messstrecken mit diesen Führungsformen erhoben. Hier empfiehlt sich weitere Forschung zum Thema Fahrbahnbreite. Zudem sollte die Reduzierung der effektiv nutzbaren Fahrbahnbreite durch parkende Fahrzeuge berücksichtigt werden.

Es konnte gezeigt werden, dass die in den ERA 2010 genannten „Sicherheitsgründe“ (FGSV 2010, S. 20), die eine Trennung von Kfz- und Radverkehr bei hohen Verkehrsstärken erforderlich macht, nicht aus geringen Seitenabständen resultieren. Die Vorauswahl von Führungsformen, die anhand der Kfz-Verkehrsstärke und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit einer Straße getroffen wird, ist unter dem Aspekt der Seitenabstände nicht zu beanstanden. In weiterer Forschungsarbeit sind die darauffolgenden Schritte des Planungsprozesses der ERA 2010 zu prüfen. Es gilt zu klären, ob die Verfahrensschritte „Prüfung der Realisierbarkeit“ und „Vergleich der geeigneten Führungsformen“ Radverkehrsführungen begünstigen, die zu engen

Seitenabständen führen. Auch hier ist eine genauere Kenntnis der Einflüsse von einzelnen Gestaltungsmerkmalen auf die auftretenden Seitenabstände notwendig.

Um eine umfassende Betrachtung des Themas zu ermöglichen, kann es auch zielführend sein, die Perspektive der Kfz-Fahrenden zu betrachten. Eine psychologische Betrachtung kann zeigen, welche Einflüsse auf das Verhalten von Kfz-Fahrenden wirken (z.B. Straßenumfeld, Stress, persönliche Einstellungen), wie dies die Durchführung von Überholvorgängen beeinflusst und mit welchen Maßnahmen enge Überholvorgänge verhindert werden können.

Literaturverzeichnis

Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC) (2020a): ADFC Fahrradklima-Test - Ergebnistabelle. Online verfügbar unter https://fahrradklima-test.adfc.de/fileadmin/BV/FKT/Download-Material/Ergebnisse_2020/ADFC-Fahrradklima-Test_2020_Ergebnistabelle_Druck_Gesamt_A3.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC) (2020b): ADFC Fahrradklima-Test - Ergebnistabelle (Prozentwerte). Online verfügbar unter https://fahrradklima-test.adfc.de/fileadmin/BV/FKT/Download-Material/Ergebnisse_2020/ADFC-Fahrradklima-Test_2020_Ergebnistabelle_Druck_PROZENTWERTE_Gesamt_A3.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC) (2021): Wie kontrolliert die Polizei den Überholabstand von Radfahrenden? Online verfügbar unter https://bw.adfc.de/artikel/wie-kontrolliert-die-polizei-den-ueberholabstand-von-radfahrenden, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Alrutz, Dankmar; Bohle, Wolfgang; Maier, Reinhold; Enke, Markus; Pohle, Maria; Zimmermann, Frank et al. (2015): Einfluss von Radverkehrsaufkommen und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen. Forschungsbericht Nr. 29. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer (UDV). Online verfügbar unter https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/232421/1/DS1388.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Alrutz, Dankmar; Bohle, Wolfgang; Müller, Holger; Prahlow, Heike (2009): Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (Verkehrstechnik, Heft V 184). Online verfügbar unter https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/191/file/V184.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Bohle, Wolfgang (2021): Radverkehr. In: Dirk Vallée, Engel Barbara und Walter Vogt (Hg.): Stadtverkehrsplanung Band 3. Entwurf, Bemessung und Betrieb. 3. Auflage. 3 Bände. Berlin: Springer-Verlag, S. 377–406.

Bundesgesetzblatt (2020): Vierundfünfzigste Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften (Jahrgang 2020 Teil I Nr. 19). Online verfügbar unter https://dejure.org/ext/5472780a8b67aa6ecf571c37ec5ba9d2, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) (2022): Nationaler Radverkehrsplan 3.0. Fahrradland Detschland 2030. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Eggs, Johannes (2019): Mobilität in Deutschland - MiD Kurzreport Europäische Metropolregion Stuttgart. Hg. v. infas, DLR, IVT, infas 360. Online verfügbar unter https://www.region-stuttgart.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=8081&token=cb093f89526e2e4e40ad4820aa6e08386416d8f0, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

FixMyCity (2020): Studie zur subjektiven Sicherheit im Radverkehr. Ergebnisse und Datensatz einer Umfrage mit über 22.000 Teilnehmenden. Online verfügbar unter https://radwege-check.de/auswertung, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2006): Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen. Ausgabe 2006. Köln: FGSV Verlag.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2010): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. Ausgabe 2010. Köln: FGSV Verlag.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2012a): Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko). Ausgabe 2012. Köln: FGSV Verlag.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2012b): Empfehlungen für Verkehrserhebungen. Ausgabe 2012. Köln: FGSV Verlag.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2020): Begriffsbestimmungen für das Straßen- und Verkehrswesen. Online verfügbar unter https://www.fgsv-verlag.de/pub/media/pdf/005_1.v.pdf, zuletzt aktualisiert am 12.01.2023.

Geller, Roger (2009): Four Types Of Cyclists. Online verfügbar unter https://www.portland.gov/sites/default/files/2022/Four%20Types%20of%20Cyclists%20updated%202009.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Hagemeister, Carmen (2013): Objektive Sicherheit versus subjektives Sicherheitsgefühl. Vortrag: Nationaler Verkehrskongress 2013. Technische Universität Dresden. Münster, 13.05.2013. Online verfügbar unter https://www.udv.de/resource/blob/74640/6737406577425b5380c5e131fce16ff1/18-verbesserung-der-verkehrssicherheit-aelterer-vt-data.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Hantschel, Sebastian (2022): Einflussfaktoren auf die Akzeptanz und die Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen. Dissertation. Online verfügbar unter https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A82073/attachment/ATT-0/, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Hardinghaus, Michael; Cyganski, Rita (2019): Attraktive Radinfrastruktur. Routenpräferenzen von Radfahrenden. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Online verfügbar unter https://elib.dlr.de/129462/1/190527_DLR_Broschuere_DINA4_Online.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Huemer, Anja (2019): Wie beeinflusst die Infrastruktur für Radfahrer das Überholverhalten von Autofahrern? Online verfügbar unter https://www.adfc.de/fileadmin/user_upload/Im-Alltag/Fahrradklimatest/Download/2018/Fachveranstaltung_Vortrag_A.K.Huemer_TU_Braunschweig.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Johannsen, Heiko (2013): Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion. Grundlagen der Unfallaufklärung. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Klein, Timotheus (2021): Neue Tagesganglinien des Quell- und Zielverkehrs – Auswertung der MiD-Daten zum nutzungsspezifischen Tagesgang der Verkehrsnachfrage. In: *Straßenverkehrstechnik,* 3.2021, S. 183–189.

Koppers, Anne; Ruf, Stefanie; Gerlach, Jürgen; Hagemeister, Carmen; Leven, Tanja (2021): Radfahren bei beengten Verhältnissen – Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit. Online verfügbar unter https://www.svpt.uni-wuppertal.de/fileadmin/bauing/svpt/Forschung/Projekte/Forschungsbericht_Piktogramme__3_.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Landeshauptstadt Stuttgart (o.J.): Stadtplan. Online verfügbar unter https://maps.stuttgart.de/stadtplan/, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Langer, Ralf (2016): Seitlicher Überholabstand von Radfahrern durch den motorisierten Verkehr – Empirische Analyse mit Hilfe von Kameradaten. Diplomarbeit (Verkehrsökologische Schriftenreihe, Heft 6/2016). Online verfügbar unter https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A30081/attachment/ATT-1/, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Laureshyn, Aliaksei; Svensson, Ase; Hydén, Christer (2010): Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. In: *Accident Analysis and Prevention* 2010, 42, S. 1637–1646.

Mahne-Bieder, Johannes; Popp, Monika; Rau, Henrike (2019): Barriers to cycling: A typology of non-cyclists in Germany. Hg. v. RadAktiv. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Johannes-Mahne-Bieder/publication/336134779_RadAktiv_Barriers_to_cycling_A_typology_of_non-cyclists_in_Germany/links/5d91caf8a6fdcc2554a6b1e9/RadAktiv-Barriers-to-cycling-A-typology-of-non-cyclists-in-Germany.pdf?origin=publication_detail, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Merk, Jule; Eckart, Jochen; Röder, Annika (2022): Der Einfluss der Infrastruktur auf den Überholabstand von Kraftfahrzeugen zu Radfahrenden. In: *Straßenverkehrstechnik,* 8.2022, S. 587–593.

Merk, Jule; Eckart, Jochen; Zeile, Peter (2021): Subjektiven Verkehrsstress objektiv messen – ein EmoCycling-Mixed-Methods-Ansatz. In: *CITIES 20.50 – Creating Habitats for the 3rd Millennium: Smart – Sustainable – Climate Neutral. Proceedings of REAL CORP 2021, 26th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society,* , S. 767–778. Online verfügbar unter http://repository.corp.at/805/1/CORP2021_72.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Mros, Wiebke (2021): Aufbau und Anwendung eines Messverfahrens zur Erhebung und Auswertung der seitlichen Überholabstände zwischen Kfz- und Radverkehr im Innerortsbereich sowie Analyse ausgewählter Einflussfaktoren. Masterarbeit. Online verfügbar unter https://diy.vcd.org/fileadmin/user_upload/DIYII/Angebote/Abschlussarbeiten/Abschlussarbeiten/2021_Mros_Wiebke_Masterthesis_Seitliche_UEberholabstaende.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Müller, Dieter (2018): Rechtsgutachten zu markierten Radverkehrsführungen. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer (UDV). Online verfügbar unter

https://www.udv.de/resource/blob/79404/b72b1b4bac76afabacecb6a3c647084a/86-rechtsgutachten-zu-markierten-radverkehrsfuehrung-data.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Nobis, Claudia (2019): Mobilität in Deutschland - MiD - Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr. Hg. v. infas, DLR, IVT, infas 360. Online verfügbar unter http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Analyse_zum_Rad_und_Fussverkehr.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Oberlandesgericht Oldenburg (2021): Unfall beim Überholvorgang mit einem Fahrrad. Online verfügbar unter https://oberlandesgericht-oldenburg.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/unfall-beim-uberholvorgang-mit-einem-fahrrad-204473.html, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Ohm, Dirk; Fiedler, Frank; Zimmermann, Frank; Kraxenberger, Tobias; Maier, Reinhold; Hantschel, Sebastian; Otto, Michael (2015): Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (Verkehrstechnik, Heft V 257). Online verfügbar unter https://bast.opus.hbz-nrw.de/files/1346/V257b.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

OpenBikeSensor e.V. (o.J.a): OpenBikeSensor. Online verfügbar unter https://www.openbikesensor.org/, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

OpenBikeSensor e.V. (o.J.b): Aufzeichnung einer Messfahrt. Online verfügbar unter https://www.openbikesensor.org/docs/user-guide/recording/, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

OpenBikeSensor e.V. (o.J.c): obs-face. Online verfügbar unter https://github.com/openbikesensor/OpenBikeSensor-Scripts/blob/main/docs/obs-face.md, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

OpenStreetMap (o.J.): OpenStreetMap. Online verfügbar unter https://www.openstreetmap.org/, zuletzt aktualisiert am 12.01.2023.

Ortmann, Magdalene (2021): Partielles Eta Quadrat. Online verfügbar unter https://ortmann-statistik.de/glossar/partielles-eta-quadrat/, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Peters, Ervin (2011): Seitliche Sicherheitsabstände. Grundlagen und Strategien zur Verkehrssicherheitsarbeit. Hg. v. Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC). Online verfügbar unter https://sichtfahrgebot.de/download/Seitenabstand.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Plavec, Jan Georg (2022): Radfahren in Stuttgart - Hier wird zu eng überholt. Stuttgarter Zeitung. Online verfügbar unter https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.radfahren-in-stuttgart-hier-wird-zu-eng-ueberholt.aa39fbcd-bafd-4b89-ad82-262aa2cdd19c.html, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Plavec, Jan Georg; Schmock, Franziska (2021): Stuttgarter Radler werden meist zu eng überholt. Stuttgarter Zeitung. Online verfügbar unter https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.radfahren-in-stuttgart-radler-werden-meist-zu-eng-ueberholt.99a4a6ba-686b-4b24-bb52-03f60164ee50.html, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Polizeipräsidium Stuttgart (2022): Bilanz zur Unfalllage 2021. Online verfügbar unter https://ppstuttgart.polizei-bw.de/wp-content/uploads/sites/3/2022/03/Unfallbilanz-2021-barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Reutter, Thomas (2021): Sicherheit im Radverkehr - Eng überholt statt ernst genommen. 09.06.2021. Online verfügbar unter https://www.tagesschau.de/inland/gesellschaft/radfahren-101.html, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Richter, Thomas; Beyer, Oliver; Ortlepp, Jörg; Schreiber, Marcel (2019): Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen. Forschungsbericht Nr. 59. Unfallforschung der Versicherer (UDV). Online verfügbar unter https://www.udv.de/resource/blob/79848/e71c28f5c831cc59208d4a642f985703/59-sicherheit-und-nutzbarkeit-markierter-radverkehrsfuehrungen-data.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Rooch, Aeneas (2014): Statistik für Ingenieure. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Datenauswertung endlich verständlich. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH (2021): Fahrrad-Monitor Deutschland 2021. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/fahrrad-monitor-2021.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Statistisches Landesamt (Destatis) (2021): Verkehrsunfälle - Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2020. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-zweirad-5462408207004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Statistisches Landesamt (Destatis) (2022): Verkehrsunfälle - Zeitreihen 2021. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/verkehrsunfaelle-zeitreihen-pdf-5462403.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Tagesspiegel (o.J.): Nahverkehr. Online verfügbar unter https://interaktiv.tagesspiegel.de/radmesser/kapitel7.html, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Umweltbundesamt (2022): Radverkehr. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Unfallforschung der Versicherer (UDV) (2020): Verkehrsklima in Deutschland 2020. Unfallforschung kompakt Nr. 105. Online verfügbar unter https://www.udv.de/resource/blob/79268/a8c113336ef24a34e4b79ccfac8e4ea3/105-verkehrsklima-in-deutschland-2020-data.pdf, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Steckbriefe der Messstrecken XVI
Anhang A.1: Erläuterung der Steckbriefe XVI
Anhang A.2: 1a Augsburger Straße XVIII
Anhang A.3: 1b Imweg XX
Anhang A.4: 2 Fellbacher Straße XXV
Anhang A.5: 3a Hegelstraße XXIX
Anhang A.6: 3b Rosenbergstraße XXXIII
Anhang A.7: 4a Olgastraße (Süd) XXXVII
Anhang A.8: 4b Olgastraße (Nord) XLI
Anhang A.9: 5 Sigmaringer Straße XLV
Anhang A.10: 6 Waiblinger Straße XLIX
Anhang A.11: 7 Waldburgstraße LIII
Anhang A.12: 8a Zabergäustraße (West) LVII
Anhang A.13: 8b Zabergäustraße (Ost) LXI
Anhang A.14: 9 Zeppelinstraße LXV
Anhang B: Statistische Tests LXIX
Anhang B.1: Test auf Normalverteilung LXIX
Anhang B.2: Welch-Tests der Messstrecken LXXI

Anhang A: Steckbriefe der Messstrecken

Anhang A.1: Erläuterung der Steckbriefe

In den Anhängen A.2 bis A.14 werden die erhobenen Messstrecken in Form von Steckbriefen präsentiert. Die Steckbriefe bieten einen Überblick über die wichtigsten Eigenschaften der Messstrecken und über die Messergebnisse. Ergänzend zu den Auswertungen des Berichts, sind sie eine Informationsquelle für eine weitergehende Betrachtung des Themas. Im Folgenden werden die Inhalte der Steckbriefe erläutert und deren Quellen angegeben:

Grundlagen

Fotos der Messstrecke:	Eigene Aufnahmen.
Beginn/Ende der Messstrecke:	FR1 verläuft von Beginn bis Ende, FR2 in entgegengesetzter Richtung.
Länge Messstrecke:	Ermittelt anhand Google Maps.
Durchschnittliche Längsneigung:	Berechnet anhand des Höhenunterschieds zwischen Beginn und Ende der Messstrecke, dividiert durch die Länge.
Zulässige Höchstgeschwindigkeit, Leitlinie, Parken, Busverkehr, Nutzungen:	Ermittelt durch Sichtungen vor Ort.
Hauptradroute:	vgl. Landeshauptstadt Stuttgart o.J.
Breite Schutzstreifen/Radfahrstreifen:	Vor Ort mit Zollstock gemessen.
Breite Fahrbahn/Kernfahrbahn:	Ermittelt anhand Google Maps.

Die Breitenmaße der Fahrbahn, der Kernfahrbahn und der Radverkehrsführung sind annähernd genaue Werte. Da die Maße über den Verlauf einer Messstrecke variieren können, ist eine stellvertretende Breite angegeben, die über den größten Teil der Messstrecke auftritt.

Verkehrszählungen

Die Verkehrszählungen wurden vom Tiefbauamt Stuttgart zur Verfügung gestellt (persönliche Kommunikation, 02.09.2022; 09.11.2022). Alle Werte in den Steckbriefen beziehen sich auf die Spitzenstunde des Querschnitts. Eine Ausnahme ist die Waiblinger Straße, bei welcher sich die Werte auf die Spitzenstunde der einzelnen Fahrtrichtungen beziehen. Zur Verfügung standen Knotenpunktzählungen. Die tatsächlichen Verkehrsstärken können abseits des Knotenpunkts von den genannten Verkehrsstärken abweichen. Anhand der Beobachtungen während der Messfahrten wird an keiner Stelle von großen Abweichungen gegenüber den Verkehrszählungen ausgegangen. Für die Auswertung wird daher von einer über die gesamte Messstrecke konstanten Verkehrsstärke ausgegangen.

Die vorliegenden Verkehrszählungen wurden an Knotenpunkten durchgeführt, die sich direkt auf den Messstrecken befinden. Ausnahmen sind die Messstrecken Sigmaringer Straße und Waiblinger Straße. Dort wurden die Verkehrszählungen an nahegelegenen

Knotenpunkten, auf derselben Straße durchgeführt. Zwischen Ort der Verkehrszählungen und der jeweiligen Messstrecke bestehen dabei nur wenige Möglichkeiten für zu- und abfließenden Verkehr, weshalb die vorliegenden Daten als akkurat betrachtet werden. Einzig der Radverkehrsanteil auf den beiden Messstrecken wird der Distanz zwischen dem Ort der Verkehrszählung und der Messstrecke als unbekannt angenommen (Sigmaringer Straße: Verkehrszählung außerorts; Waiblinger Straße: Verkehrszählung an Knotenpunkt mit anderer Radverkehrsführung als auf der Messstrecke).

Daten Messfahrten

Temperatur, Windstärke, Niederschlag:	vgl. Amt für Umweltschutz Stuttgart 2022
Sonnenauf-/untergang:	vgl. Müller 2023
Fahrtgeschwindigkeit:	Eigene Aufzeichnungen. Die Messfahrten wurden mit einer GPS-Uhr der Marke Polar aufgezeichnet und mit dem Dienst Strava ausgewertet. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten berücksichtigen verkehrsbedingte Standzeiten beim Befahren der Fahrtrichtungen, jedoch nicht Standzeiten, die durch das Wenden zwischen Fahrtrichtungen auftraten. Diese wurden aus den Aufzeichnungen herausgerechnet. Auf einigen Messstrecken kann durch Fehler in den Aufzeichnungen der GPS-Uhr keine Fahrtgeschwindigkeit angegeben werden.
Gefahrene Distanz:	Theoretische Distanz, die sich aus der Multiplikation der Länge einer Messstrecke und der Anzahl an Runden ergibt. Die tatsächlich gefahrene Distanz ist aufgrund der durchgeführten Wendemanöver zwischen den Fahrtrichtungen etwas höher.
∑ ÜHV	Aufzeichnungen des OpenBikeSensors.
Ø ÜHV/km	∑ ÜHV dividiert durch Länge Messstrecke.

ÜHV der Erhebungszeiträume

Parallel zu den Messergebnissen der Erhebungszeiträume, erfolgt ein Vergleich der gekennzeichneten Überholvorgänge mit den Daten der Verkehrszählung. Dargestellt sind:

∑ ÜHV	Aufzeichnungen des OpenBikeSensors.
∑ Kfz	Verkehrszählungen des Tiefbauamts Stuttgart (persönliche Kommunikation, 02.09.2022; 09.11.2022).

Die Werte beziehen sich jeweils auf die gesamte Dauer des Erhebungszeitraums und werden über Prozentangaben ins Verhältnis zueinander gesetzt. Die Anzahl der Kfz jedes Erhebungszeitraums wird mit 100 % festgelegt. Zu beachten ist, dass die Messstrecken der Streckenpaare (siehe Kapitel 3.1.3) über einen geringeren Zeitraum befahren wurden als die restlichen Messstrecken und daher vergleichsweise wenige Überholvorgänge aufweisen.

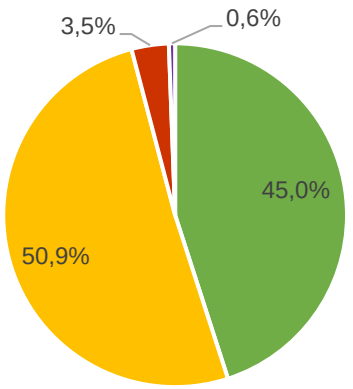
Anhang A.2: 1a Augsburger Straße

1a Augsburger Straße			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Untertürkheim		
Beginn	KP Mettinger Straße/Strümpfelbacher Straße		
Ende	KP Imweg/Ebniseestraße		
Länge Messstrecke	1,3 km	**Ø Längsneigung**	0 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Ja
Parken FR1	Längs		
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Gewerbe/ Industrie
Hauptradroute	Neckartalweg		
Breite Radfahrstreifen	1,60-1,70 m (FR1)		
Breite Fahrbahn	7-8 m	**Breite Kernfahrbahn**	5-6 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	1.147 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:30-17:30
Jahr	2018	**Ort**	KP Imweg/ Ebniseestraße
SV-Anteil	1 %	**Fahrrad-Anteil**	6 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	18.10.22	29.09.22	29.09.22
Ø Temperatur	18 °C	13 °C	14 °C
Ø Windstärke	10 km/h	2 km/h	4 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:48 Uhr	-	19:07 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	18,3 km/h	22,2 km/h	22,2 km/h
∑ ÜHV	66	59	112
Anzahl Runden	12	8	12
Gefahrene Distanz	15,6 km	10,4 km	15,6 km
Ø ÜHV/km	4,2 ÜHV/km	5,7 ÜHV/km	7,2 ÜHV/km

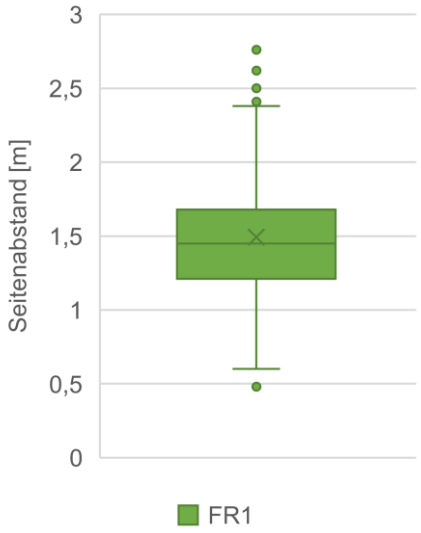
1a Augsburger Straße

Klassifizierung der ÜHV (Nur Mittags und Nachmittags)

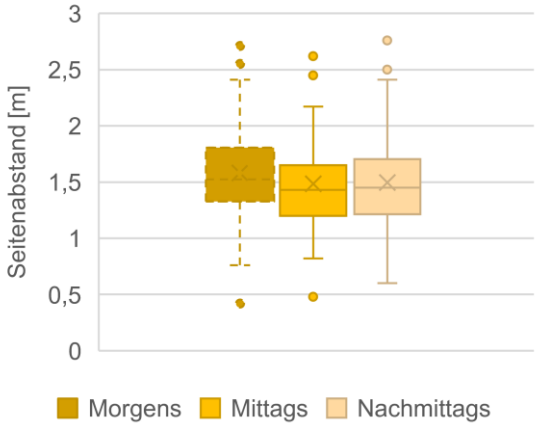
FR1: Radfahrstreifen



FR1: n=171



ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	66 (8,5 %)	774 (100 %)
Mittags	59 (9,3 %)	637 (100 %)
Nachmittags	112 (8,5 %)	1.317 (100 %)

1a Augsburger Straße [Nur Mittag und Nachmittag]

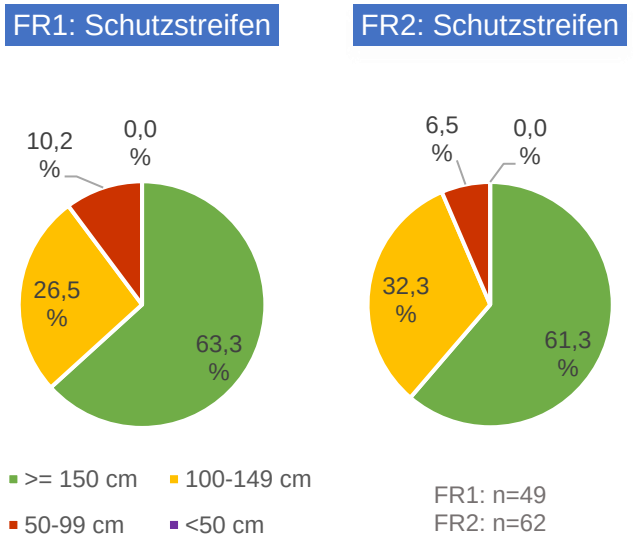
XX

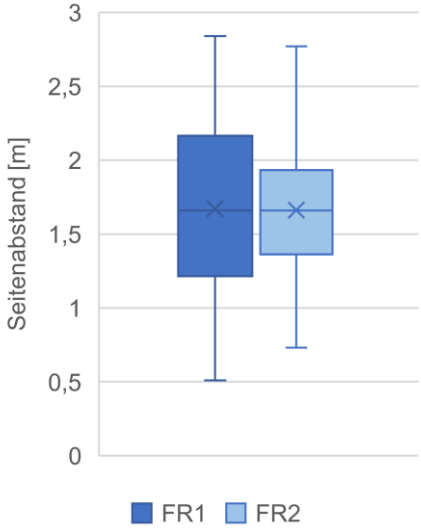
Anhang A.3: 1b Imweg

1b Imweg			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Obertürkheim		
Beginn	KP Augsburger Straße/Ebniseestraße		
Ende	KP Göppinger Straße/Otto-Hirsch-Brücken		
Länge Messstrecke	0,45 km	**Ø Längsneigung**	1,4 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Nein	**Parken FR2**	Teilweise, längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen
Hauptradroute	Neckartalweg		
Breite Schutzstreifen	1,50-1,60 m (FR1/FR2)		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	5-6 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	1.107 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:30-17:30
Jahr	2018	**Ort**	KP Augsburger Str. /Ebniseestraße
SV-Anteil	1 %	**Fahrrad-Anteil**	3 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	18.10.22	29.09.22	29.09.22
Ø Temperatur	18 °C	13 °C	14 °C
Ø Windstärke	10 km/h	2 km/h	4 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:48 Uhr	-	19:07 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	16,9 km/h	19,1 km/h	20,8 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	-	21,1 km/h	22,7 km/h
∑ ÜHV	16	43	68
Anzahl Runden	12 (Nur FR1)	8	12
Gefahrene Distanz	5,4 km	7,2 km	10,8 km
Ø ÜHV/km	3,0 ÜHV/km	6,0 ÜHV/km	6,3 ÜHV/km

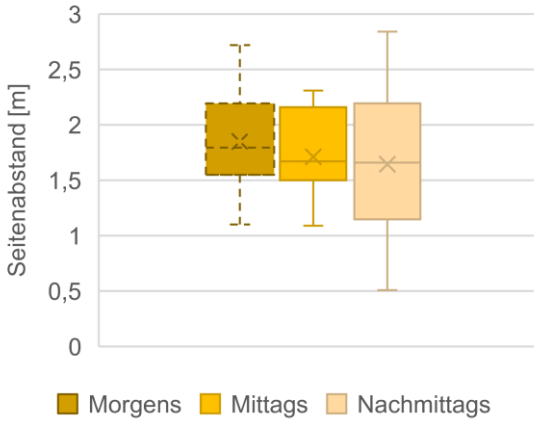
1b Imweg

Klassifizierung der ÜHV (Nur Mittags und Nachmittags)



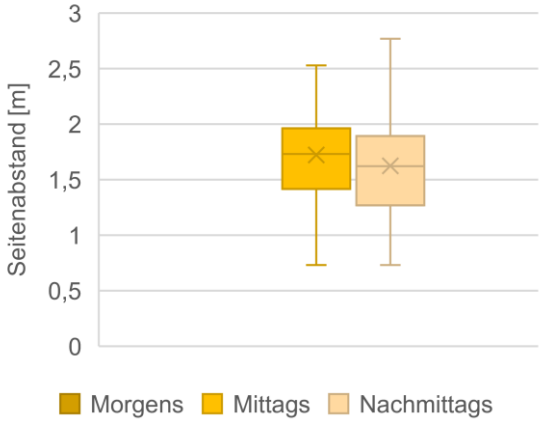


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)

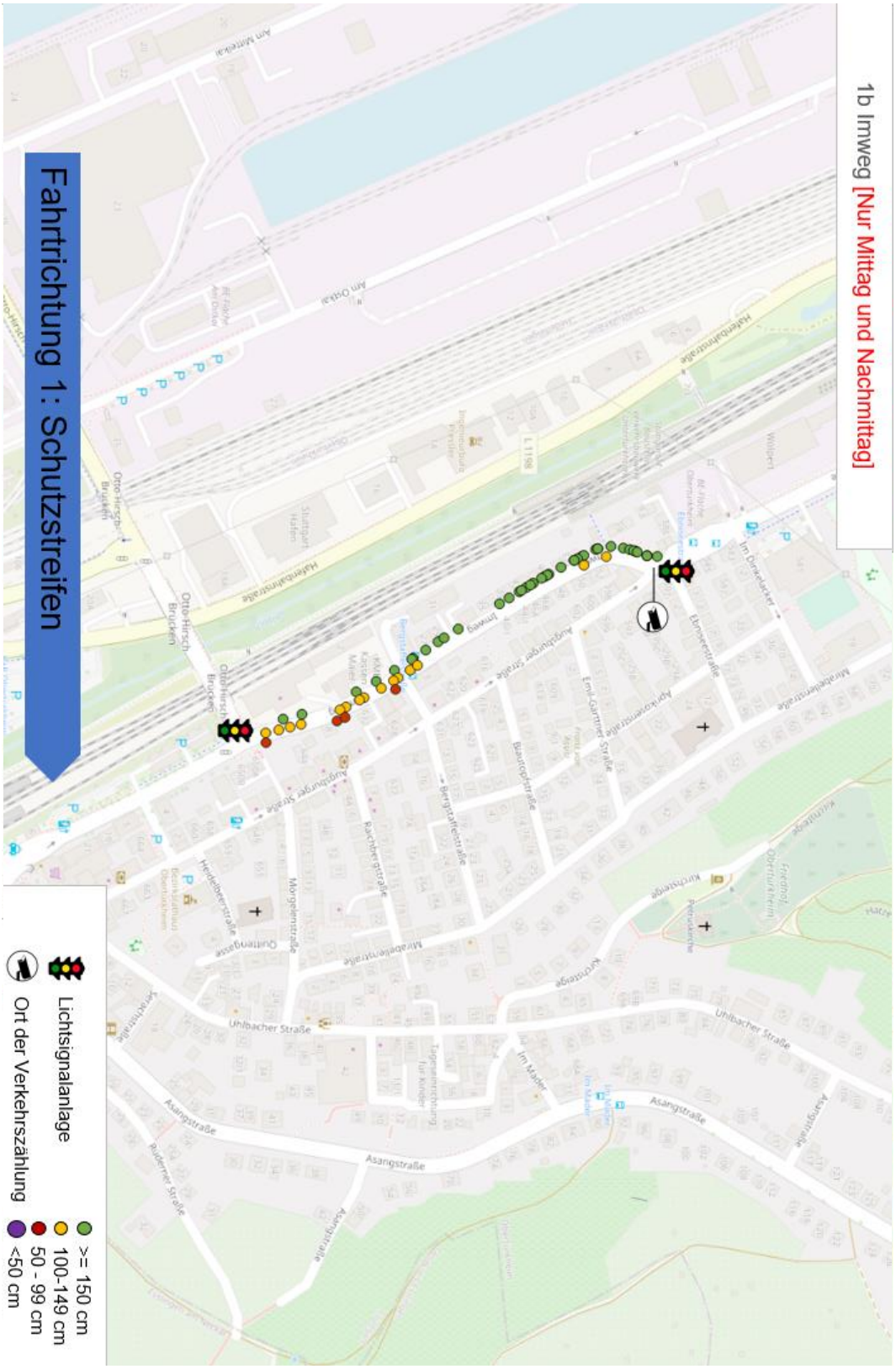


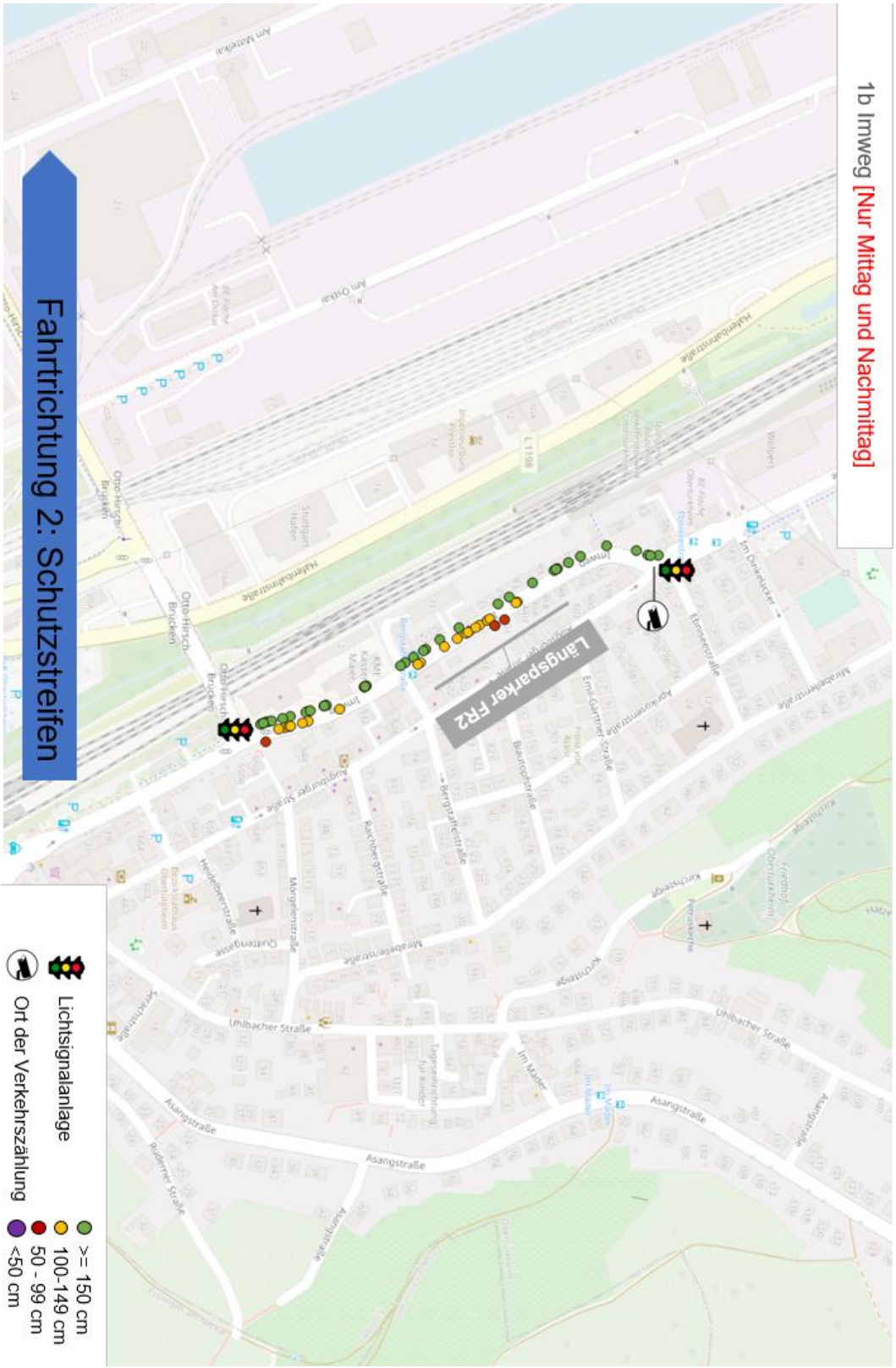
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	*16 (5,7 %)*	*837 (100 %)*
Mittags	19 (2,9 %)	656 (100 %)
Nachmittags	30 (2,2 %)	1.335 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)

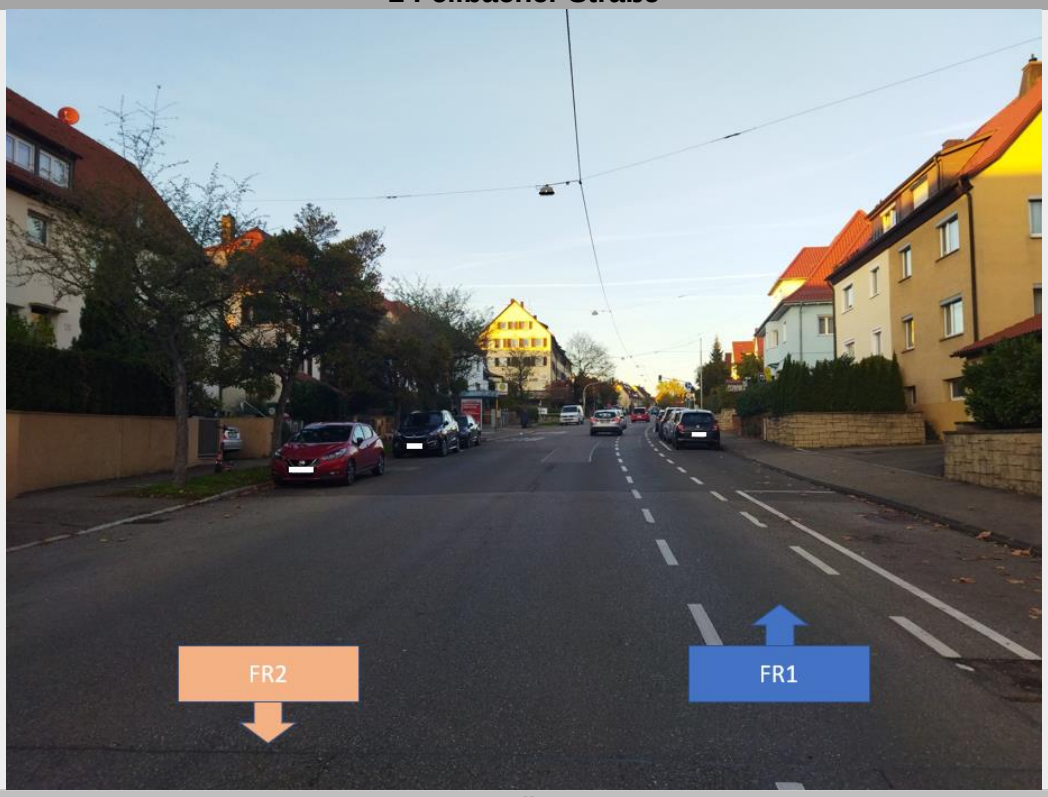


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	-	*1.098 (100 %)*
Mittags	24 (3,8 %)	626 (100 %)
Nachmittags	38 (2,2 %)	1.698 (100 %)

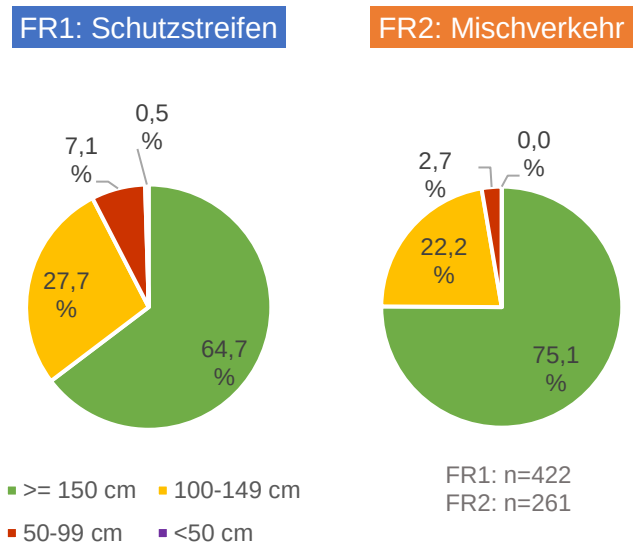

1b Imweg [Nur Mittag und Nachmittag]
Fahrtrichtung 1: Schutzstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

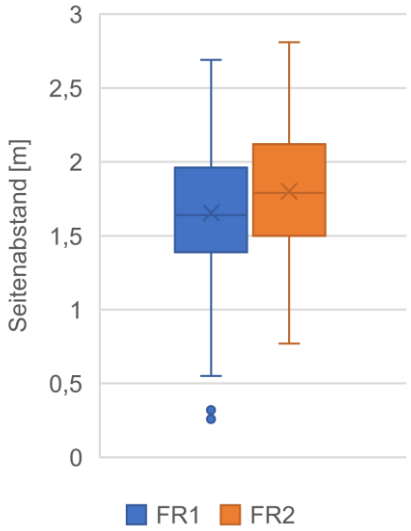

1b Imweg [Nur Mittag und Nachmittag]
Langsparker FR2
Fahrtrichtung 2: Schutzstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

Anhang A.4: 2 Fellbacher Straße

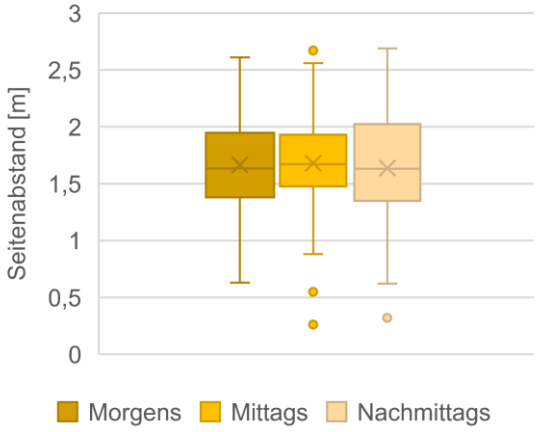
2 Fellbacher Straße			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Untertürkheim		
Beginn	KP Kappelbergstraße		
Ende	KP Dietbachstraße		
Länge Messstrecke	0,85 km	**Ø Längsneigung**	2,0 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Längs	**Parken FR2**	Teilweise, längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen
Hauptradroute	-		
Breite Schutzstreifen	1,50-1,60 m (FR1, nördl. KP Kilianstraße) 1,20-1,30 m (FR1, südl. KP Kilianstraße)		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	> 8 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	809 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:00-17:00
Jahr	2014	**Ort**	KP Dietbachstr.
SV-Anteil	2 %	**Fahrrad-Anteil**	1 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	20.09.22	20.09.22	10.11.22
Ø Temperatur	10 °C	14 °C	15 °C
Ø Windstärke	4 km/h	7 km/h	5 km/h
∑ Niederschlag	0,7 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:07 Uhr	-	16:50 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	18,6 km/h	17,5 km/h	16,3 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	19,7 km/h	19,7 km/h	19,1 km/h
∑ ÜHV	260	133	290
Anzahl Runden	24	16	24
Gefahrene Distanz	40,8 km	27,2 km	40,8 km
Ø ÜHV/km	6,4 ÜHV/km	4,9 ÜHV/km	7,2 ÜHV/km

2 Fellbacher Straße
Klassifizierung der ÜHV



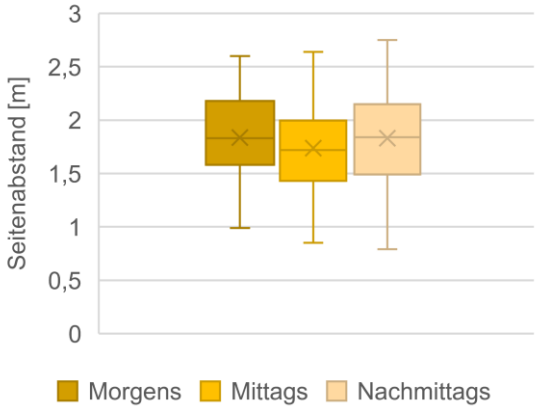


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



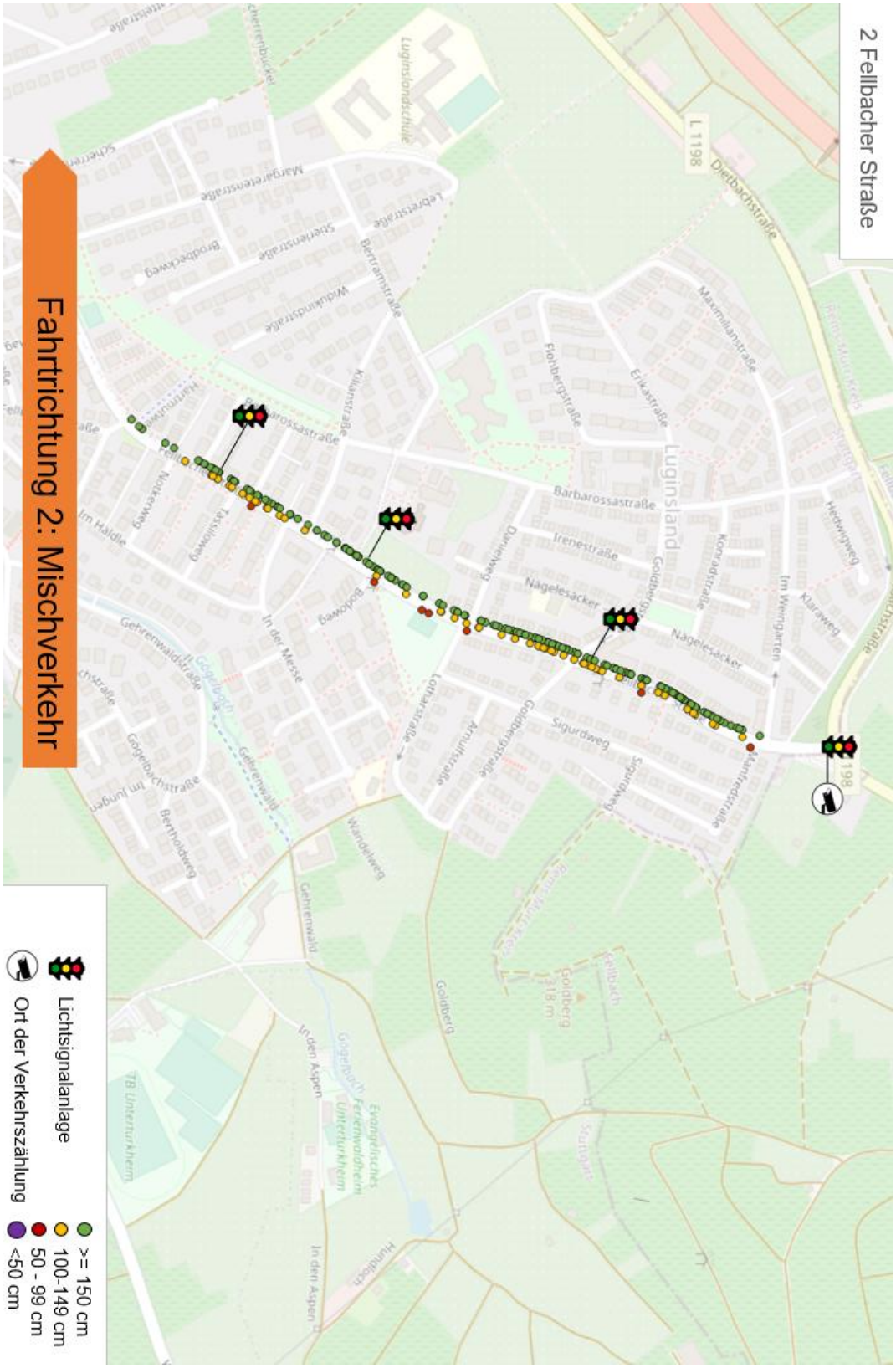
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	160 (22,6 %)	708 (100 %)
Mittags	80 (21,9 %)	366 (100 %)
Nachmittags	182 (15,7 %)	1.161 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)

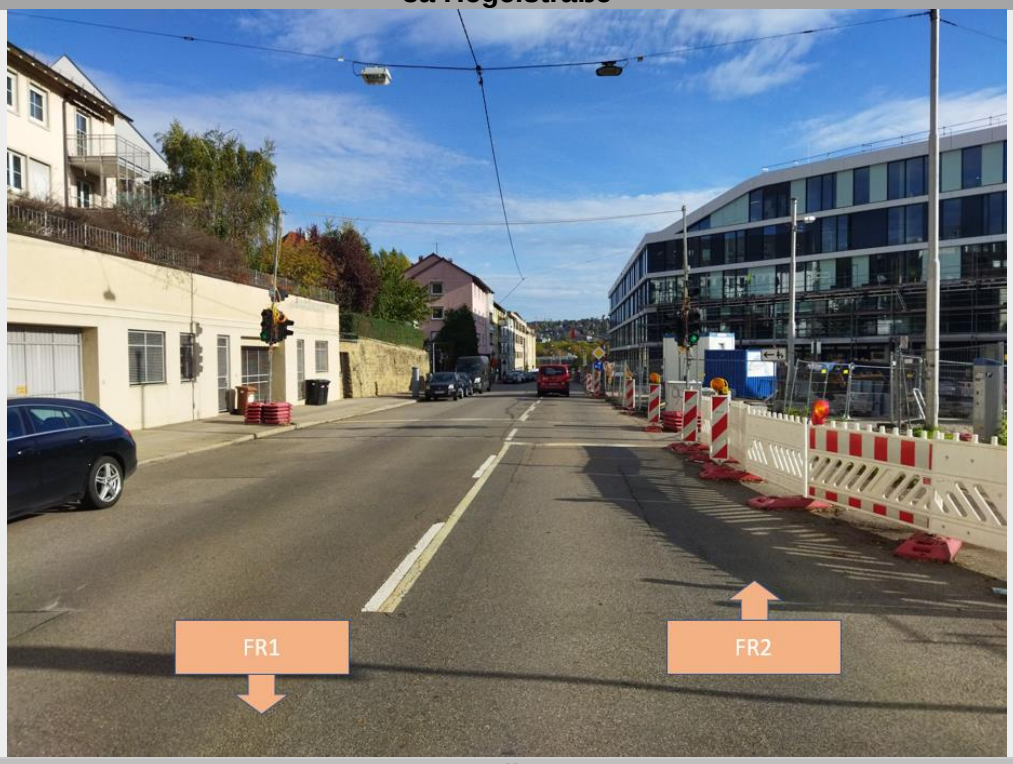


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	100 (13,4 %)	744 (100 %)
Mittags	53 (13,1 %)	404 (100 %)
Nachmittags	108 (12,1 %)	894 (100 %)

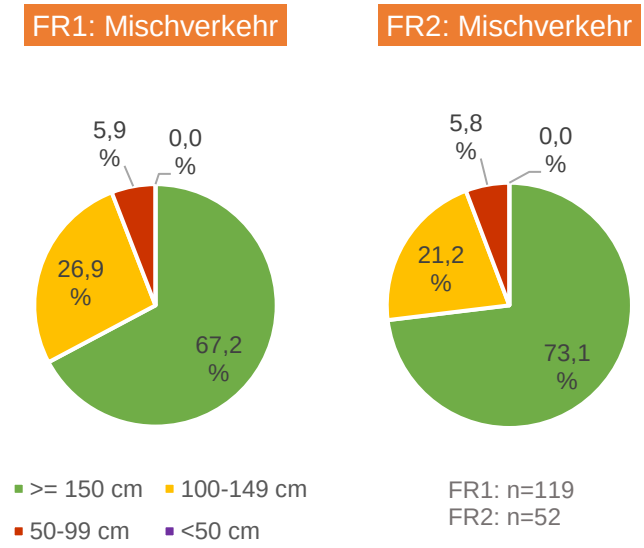
2 Fellbacher Straße
Fahrtrichtung 1: Schutzstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

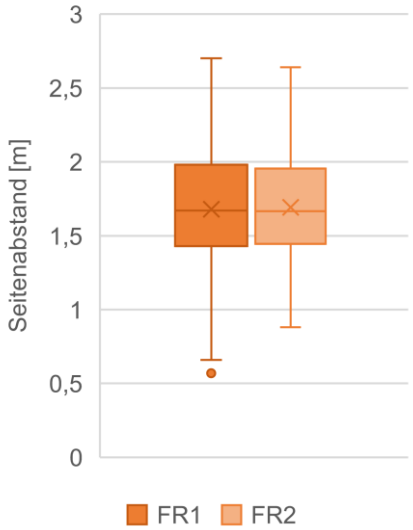

2 Fellbacher Straße
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

Anhang A.5: 3a Hegelstraße

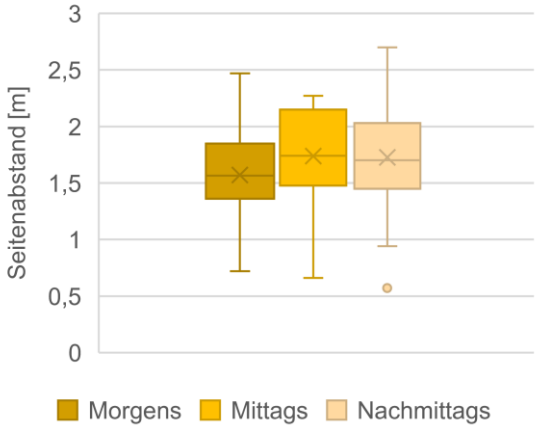
3a Hegelstraße			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Mitte		
Beginn	KP Holzgartenstr./Kriegsbergstr./Hegelplatz		
Ende	KP Seidenstraße		
Länge Messstrecke	0,50 km	**Ø Längsneigung**	2,2 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	40 km/h	**Leitlinie**	Ja
Parken FR1	Längs	**Parken FR2**	Nein
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe/Bildung
Hauptradroute	-		
Breite Schutzstreifen	-		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	-
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	919 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:00-17:00 Uhr
Jahr	2020	**Ort**	KP Holzgartenstr./ Kriegsbergstr./ Hegelplatz
SV-Anteil	4 %	**Fahrrad-Anteil**	3 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	16.11.22	08.11.22	08.11.22
Ø Temperatur	11 °C	16 °C	17 °C
Ø Windstärke	4 km/h	7 km/h	8 km/h
∑ Niederschlag	0,1 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:33 Uhr	-	16:52 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	Unbekannt		
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	Unbekannt		
∑ ÜHV	52	37	82
Anzahl Runden	21	14	21
Gefahrene Distanz	21 km	14 km	21 km
Ø ÜHV/km	2,5 ÜHV/km	2,6 ÜHV/km	3,9 ÜHV/km

3a Hegelstraße
Klassifizierung der ÜHV



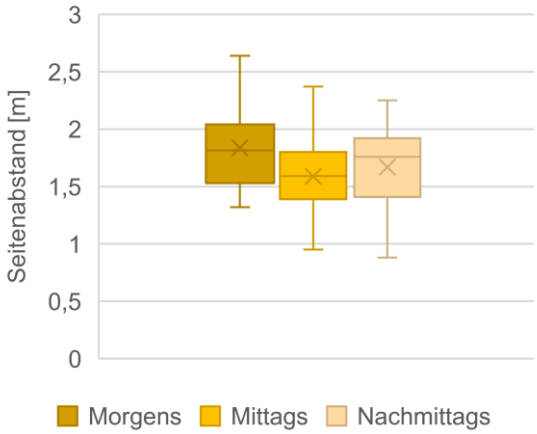


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	38 (2,9 %)	1.299 (100 %)
Mittags	22 (2,8 %)	796 (100 %)
Nachmittags	59 (4,6 %)	1.290 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)



	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	14 (1,1 %)	1.284 (100 %)
Mittags	15 (1,8 %)	826 (100 %)
Nachmittags	23 (1,8 %)	1.260 (100 %)

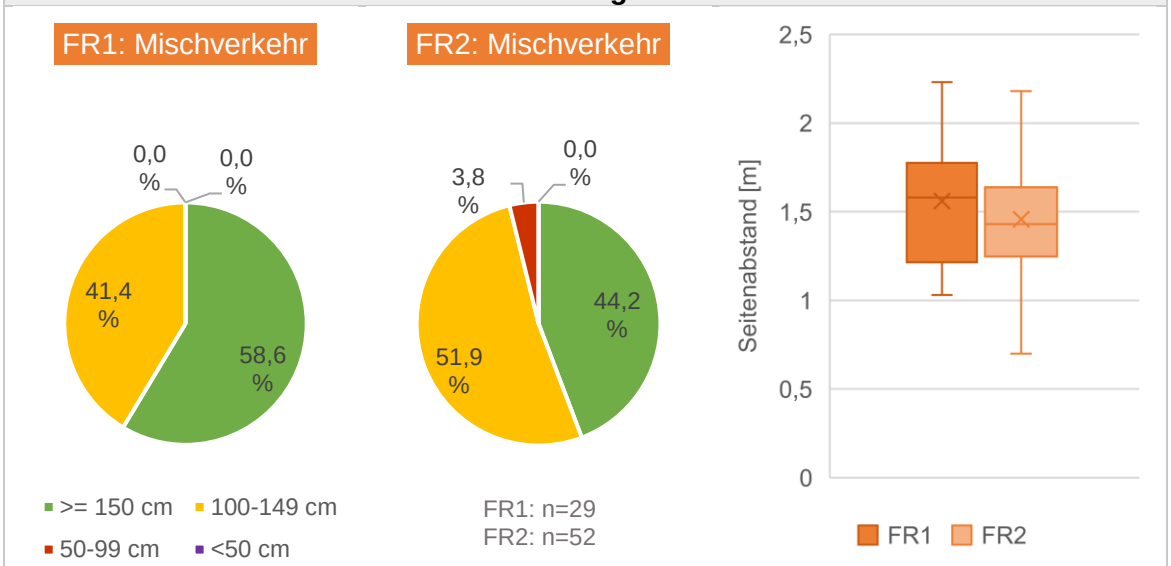
3a Hegelstraße
Oberer Hoppenlauweg
Sattlerstraße
Herdweg
Lerchenstraße
Hoppenlaustraße
Rosenbergstraße
Seidenstraße
Hegelplatz
Hoppenlaufriedhof
Fahrtrichtung 1: Mischverkehr
Baustelle
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

3a Hegelstraße
Oberer Hoppenlauweg
Hegelstraße
Sattlerstraße
Herdweg
Seidenstraße
Lerchenstraße
Hoppenlaustraße
Rosenbergstraße
Hegelplatz
Neubau Duale Hochschule
Bildungszentrum Klinikum Stuttgart
Umspannwerk Sattlerstraße
Hoppenlaufriedhof
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Baustelle
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

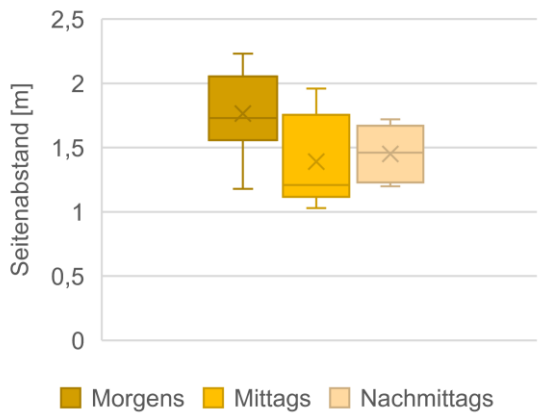
Anhang A.6: 3b Rosenbergstraße

3b Rosenbergstraße			
Grundlagen			
Stadtbezirk			Mitte
Beginn			KP Hegelstraße
Ende			KP Seidenstraße
Länge Messstrecke	0,25 km	**Ø Längsneigung**	1,2 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	40 km/h	**Leitlinie**	Ja
Parken FR1	Nein	**Parken FR2**	Längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe/Bildung
Hauptradroute			-
Breite Schutzstreifen			-
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	-
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	799 Kfz/h	**Spitzenstunde**	07:30-08:30
Jahr	2007	**Ort**	KP Seidenstr.
SV-Anteil	4 %	**Fahrrad-Anteil**	3 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	16.11.22	08.11.22	08.11.22
Ø Temperatur	11 °C	16 °C	17 °C
Ø Windstärke	4 km/h	7 km/h	8 km/h
∑ Niederschlag	0,1 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:33 Uhr	-	16:52 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)			Unbekannt
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)			Unbekannt
∑ ÜHV	34	23	24
Anzahl Runden	21	14	21
Gefahrene Distanz	10,5 km	7 km	10,5 km
Ø ÜHV/km	3,2 ÜHV/km	3,3 ÜHV/km	2,3 ÜHV/km

3b Rosenbergstraße
Klassifizierung der ÜHV

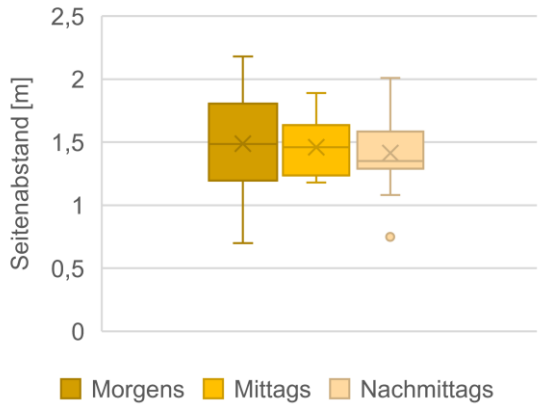


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



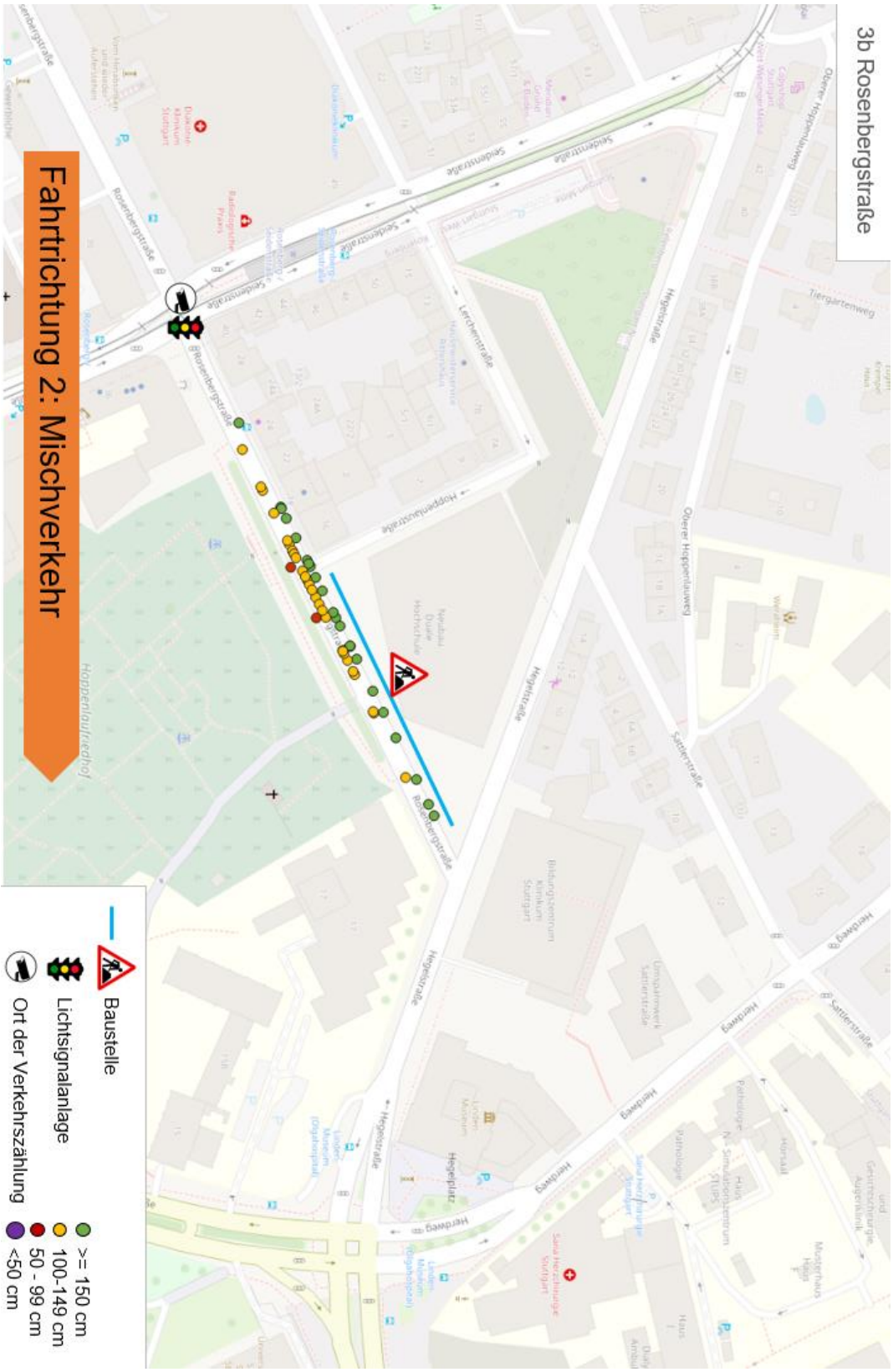
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	12 (1,2 %)	972 (100 %)
Mittags	10 (2,6 %)	386 (100 %)
Nachmittags	7 (0,8 %)	852 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)



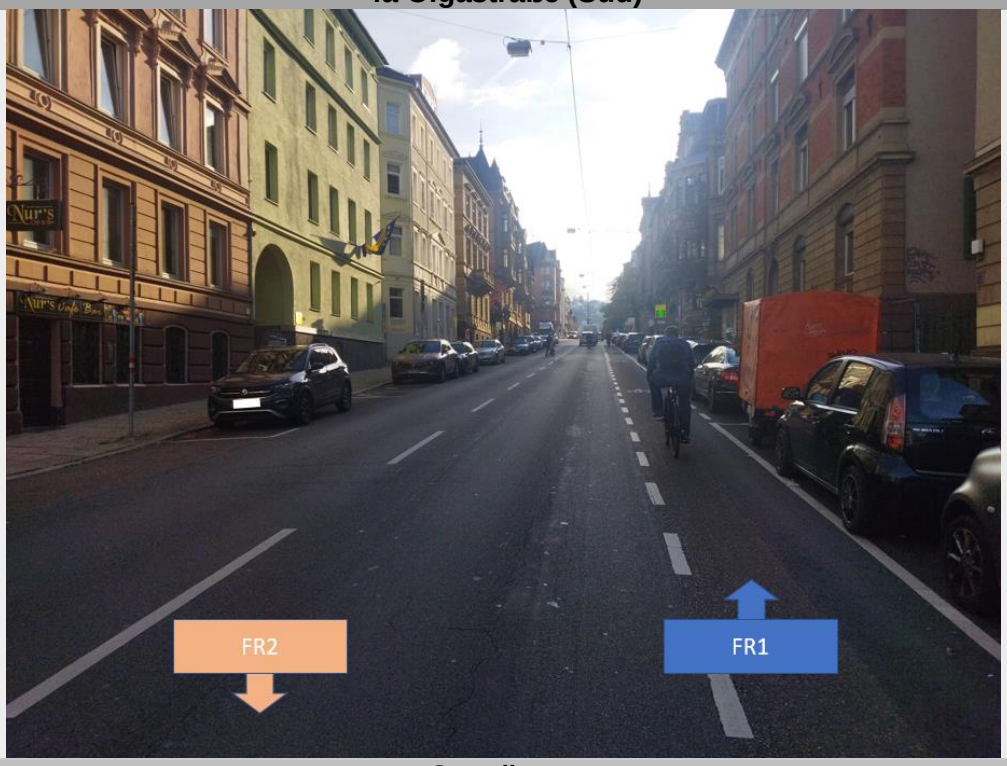
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	22 (2,9 %)	750 (100 %)
Mittags	13 (2,6 %)	492 (100 %)
Nachmittags	17 (1,8 %)	936 (100 %)

3b Rosenbergstraße
Oberer Hoppenlauweg
Hegelstraße
Sattlerstraße
Herdweg
Lerchenstraße
Hoppenlaustraße
Rosenbergstraße
Seidenstraße
Hegelplatz
Neubau Duale Hochschule
Bildungszentrum Klinikum Stuttgart
Hoppenlaufriedhof
Fahrtrichtung 1: Mischverkehr
Baustelle
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm


3b Rosenbergstraße
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Baustelle
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

Anhang A.7: 4a Olgastraße (Süd)

4a Olgastraße (Süd)

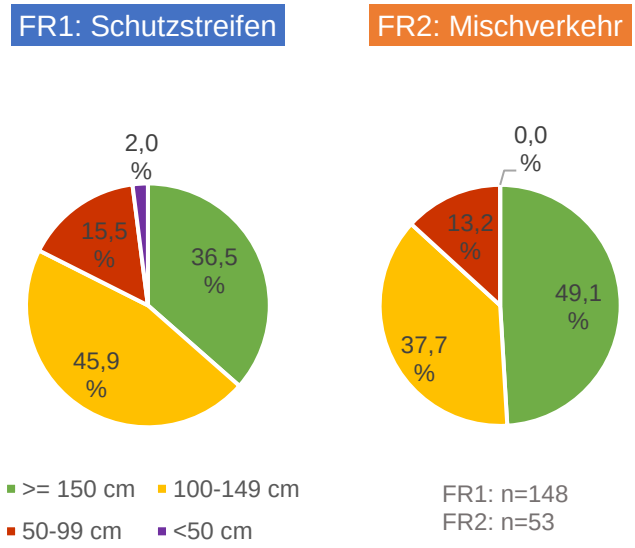


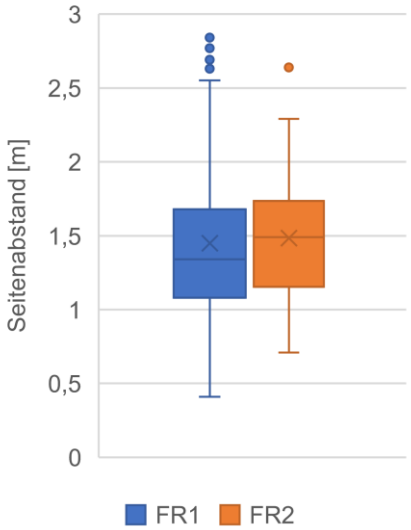
Grundlagen			
Stadtbezirk	Mitte		
Beginn	KP Charlottenstraße		
Ende	KP Neue Weinsteige		
Länge Messstrecke	1,0 km	**Ø Längsneigung**	4,7 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	40 km/h	**Leitlinie**	Ja
Parken FR1	Längs	**Parken FR2**	Längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe
Hauptradroute	-		
Breite Schutzstreifen	1,50-1,60 m (FR1)		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	7-8 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	697 Kfz/h	**Spitzenstunde**	17:00-18:00 Uhr
Jahr	2007	**Ort**	KP Blumenstr./ Katharinenstr.
SV-Anteil	2 %	**Fahrrad-Anteil**	3 %

Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	22.09.22	21.09.22	19.10.22
Ø Temperatur	14 °C	7 °C	18 °C
Ø Windstärke	7 km/h	6 km/h	7 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:09 Uhr	-	18:26 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	17,9 km/h	17,6 km/h	16,3 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	18,3 km/h	18,6 km/h	16,6 km/h
∑ ÜHV	63	54	84
Anzahl Runden	12	8	12
Gefahrene Distanz	24 km	16 km	24 km
Ø ÜHV/km	2,6 ÜHV/km	3,4 ÜHV/km	3,5 ÜHV/km

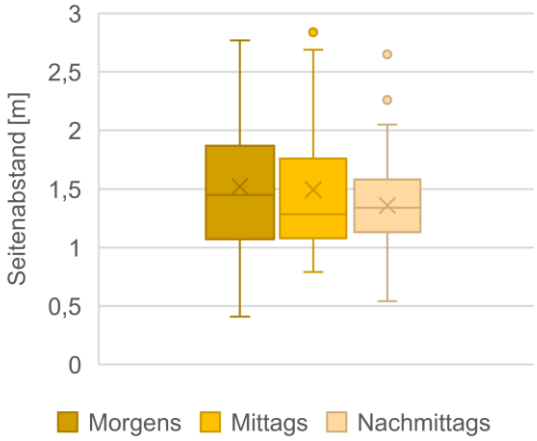
4a Olgastraße (Süd)

Klassifizierung der ÜHV



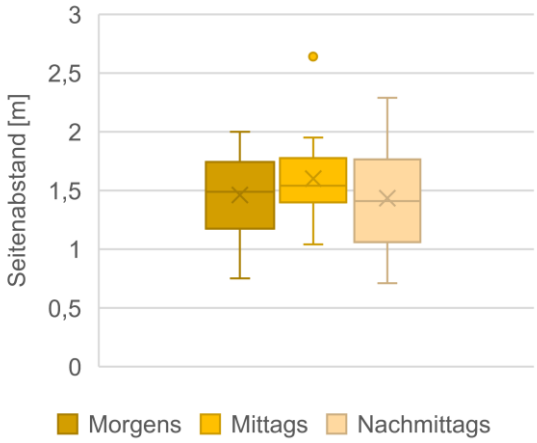


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



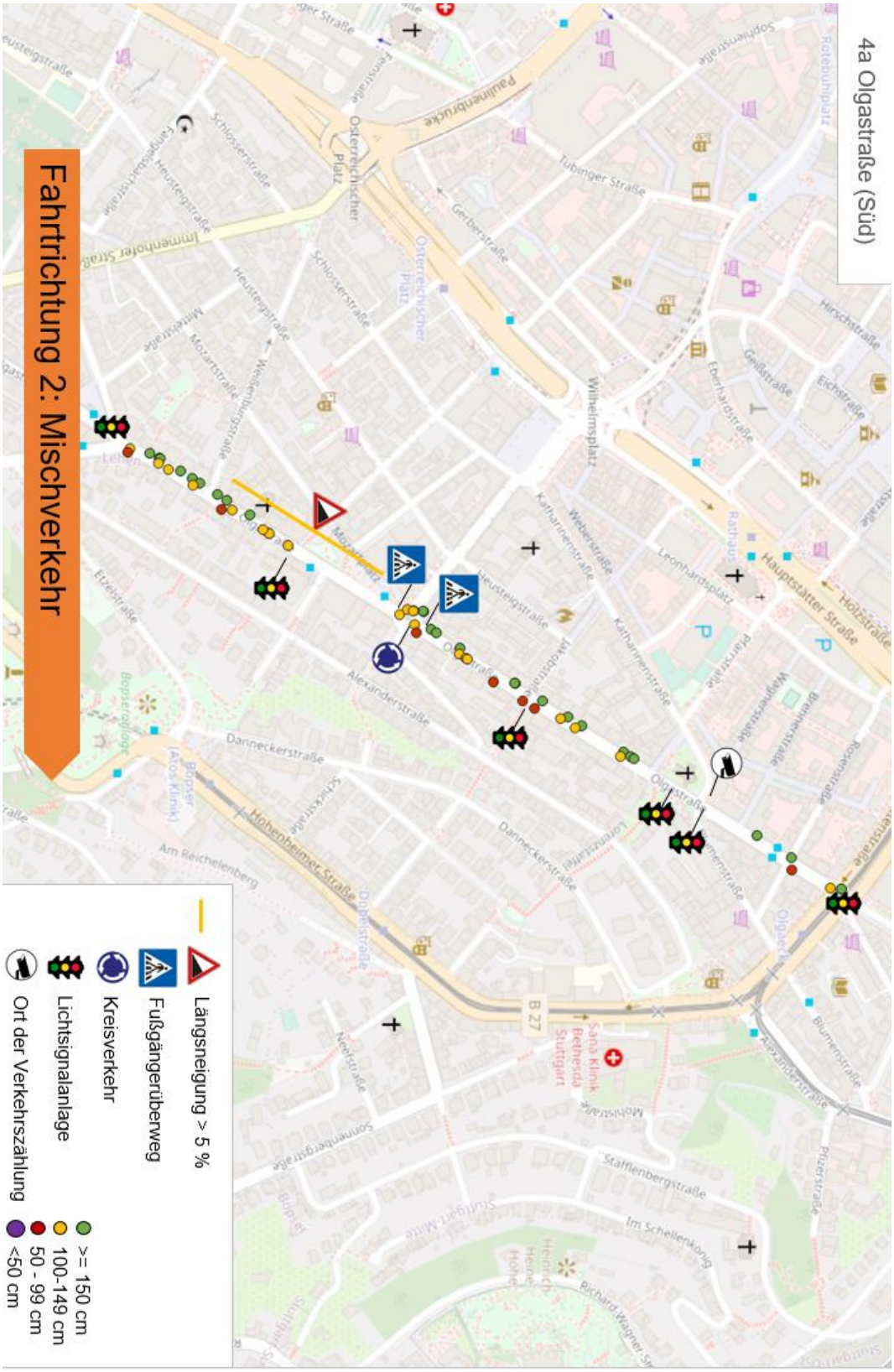
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	49 (8,8 %)	558 (100 %)
Mittags	40 (9,4 %)	426 (100 %)
Nachmittags	59 (7,8 %)	759 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)

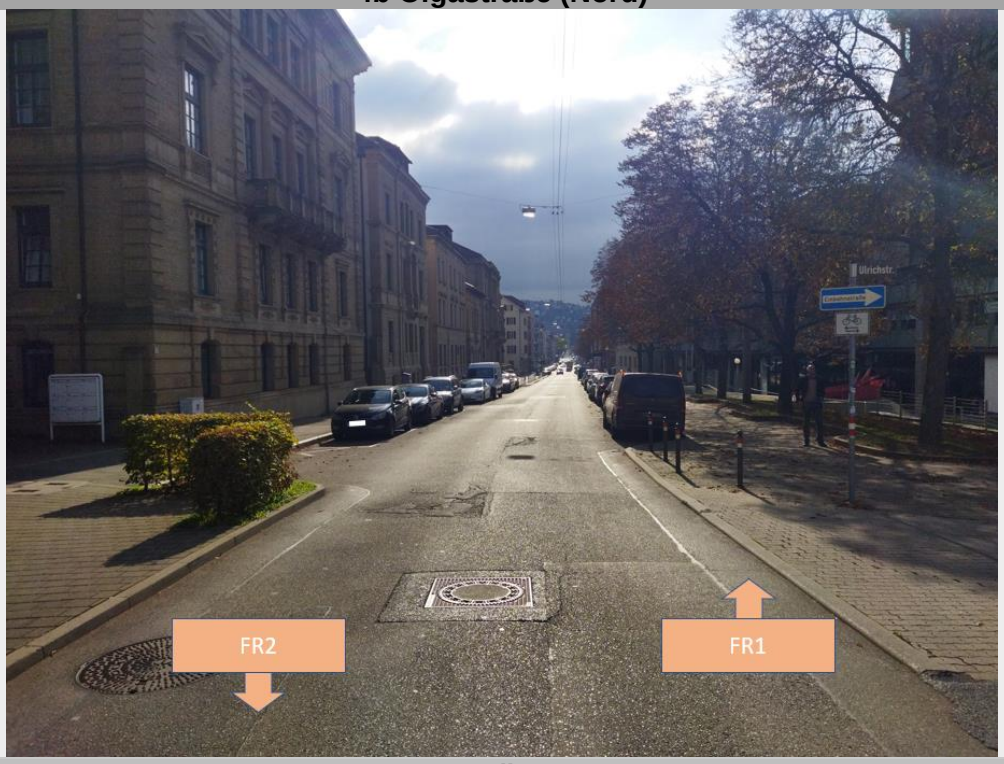


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	14 (1,4 %)	993 (100 %)
Mittags	14 (2,3 %)	604 (100 %)
Nachmittags	25 (2,3 %)	1.071 (100 %)

4a Olgastraße (Süd)
Fahrtrichtung 1: Schutzstreifen
Längsneigung > 5 %
Fußgängerüberweg
Kreisverkehr
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm


4a Olgastraße (Süd)
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Längsneigung > 5 %
Fußgängerüberweg
Kreisverkehr
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

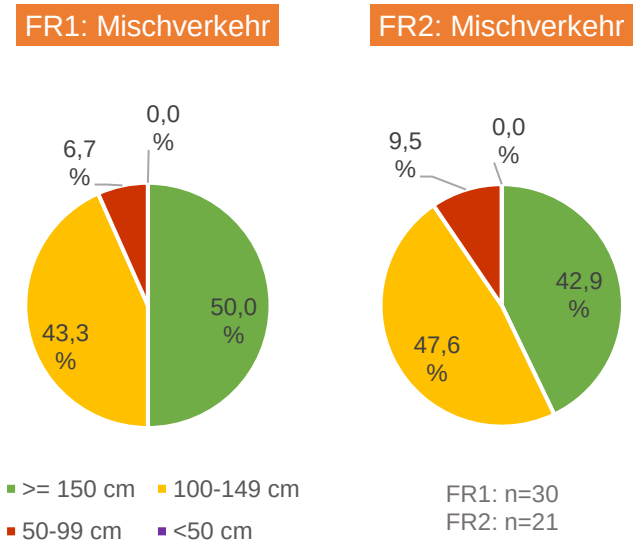
Anhang A.8: 4b Olgastraße (Nord)

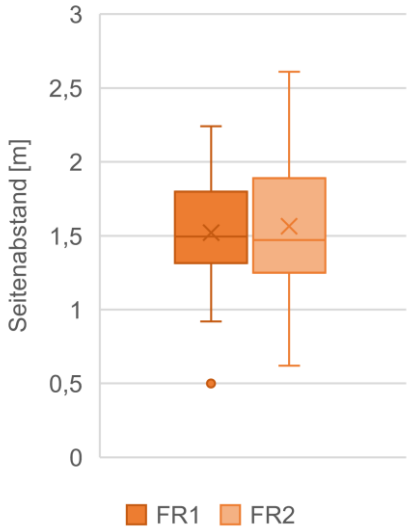
4b Olgastraße (Nord)			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Mitte		
Beginn	KP Werastraße/Ulrichstraße		
Ende	KP Charlottenstraße		
Länge Messstrecke	0,35 km	**Ø Längsneigung**	1,7 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	40 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Längs	**Parken FR2**	Längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe
Hauptradroute	-		
Breite Schutzstreifen	-		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	-
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	702 Kfz/h	**Spitzenstunde**	17:00-18:00 Uhr
Jahr	2016	**Ort**	KP Uhlandstr.
SV-Anteil	1 %	**Fahrrad-Anteil**	6 %

Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	22.09.22	21.09.22	19.10.22
Ø Temperatur	14 °C	7 °C	18 °C
Ø Windstärke	7 km/h	6 km/h	7 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:09 Uhr	-	18:26 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	Unbekannt		
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	Unbekannt		
∑ ÜHV	21	13	17
Anzahl Runden	12	8	12
Gefahrene Distanz	8,4 km	5,6 km	8,4 km
Ø ÜHV/km	2,5 ÜHV/km	2,3 ÜHV/km	2,0 ÜHV/km

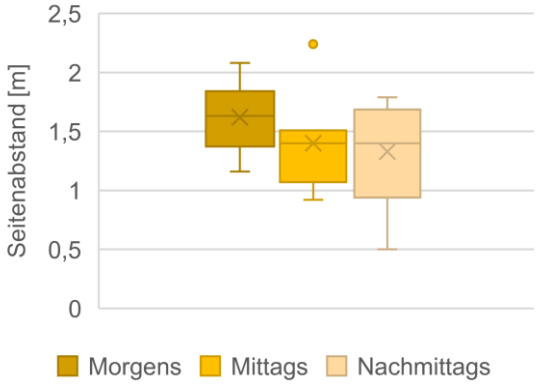
4b Olgastraße (Nord)

Klassifizierung der ÜHV



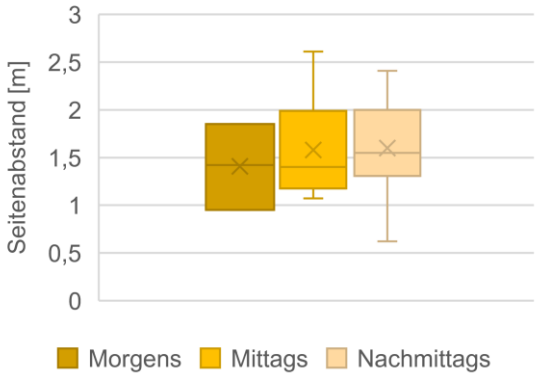


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)

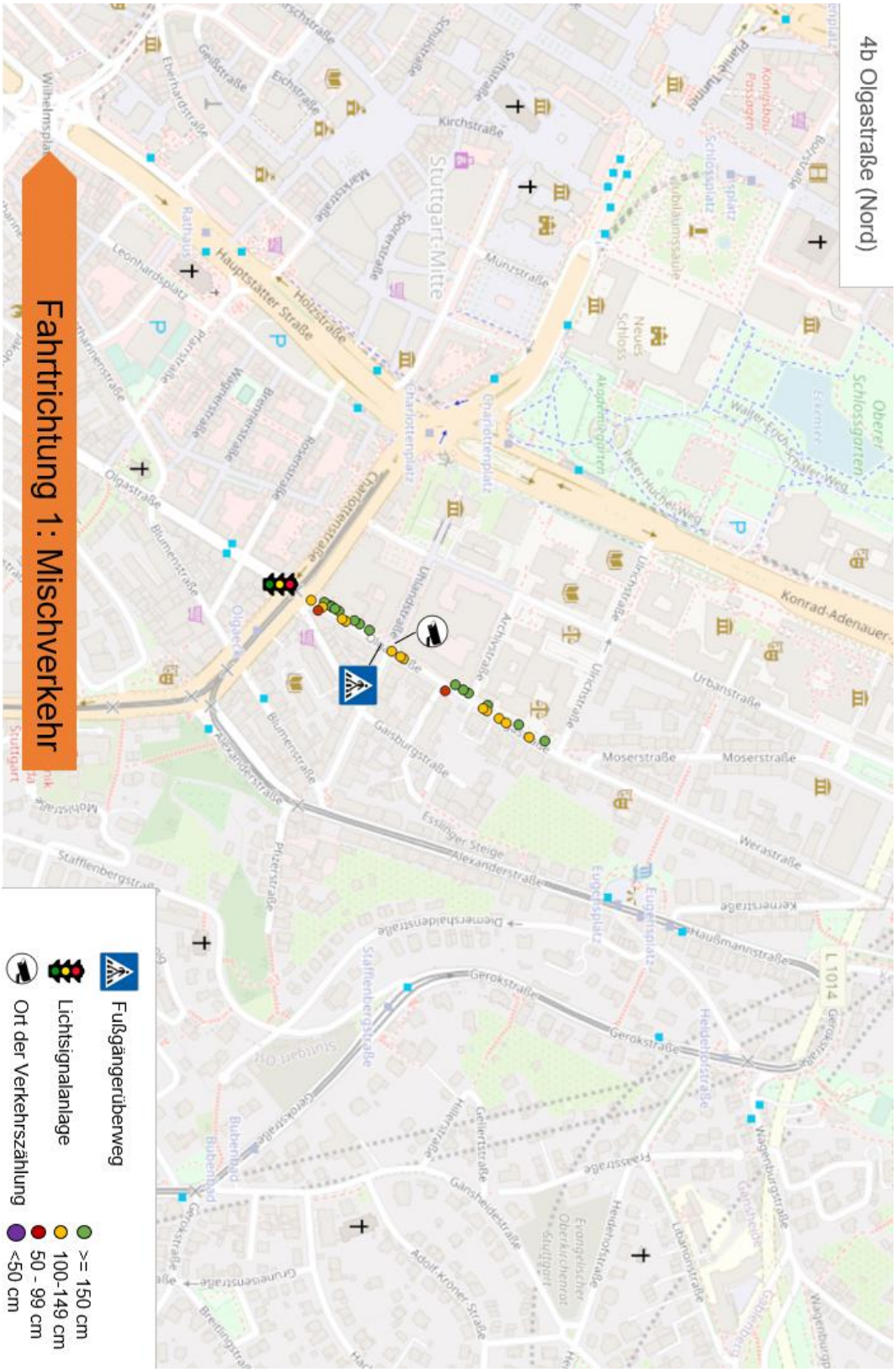


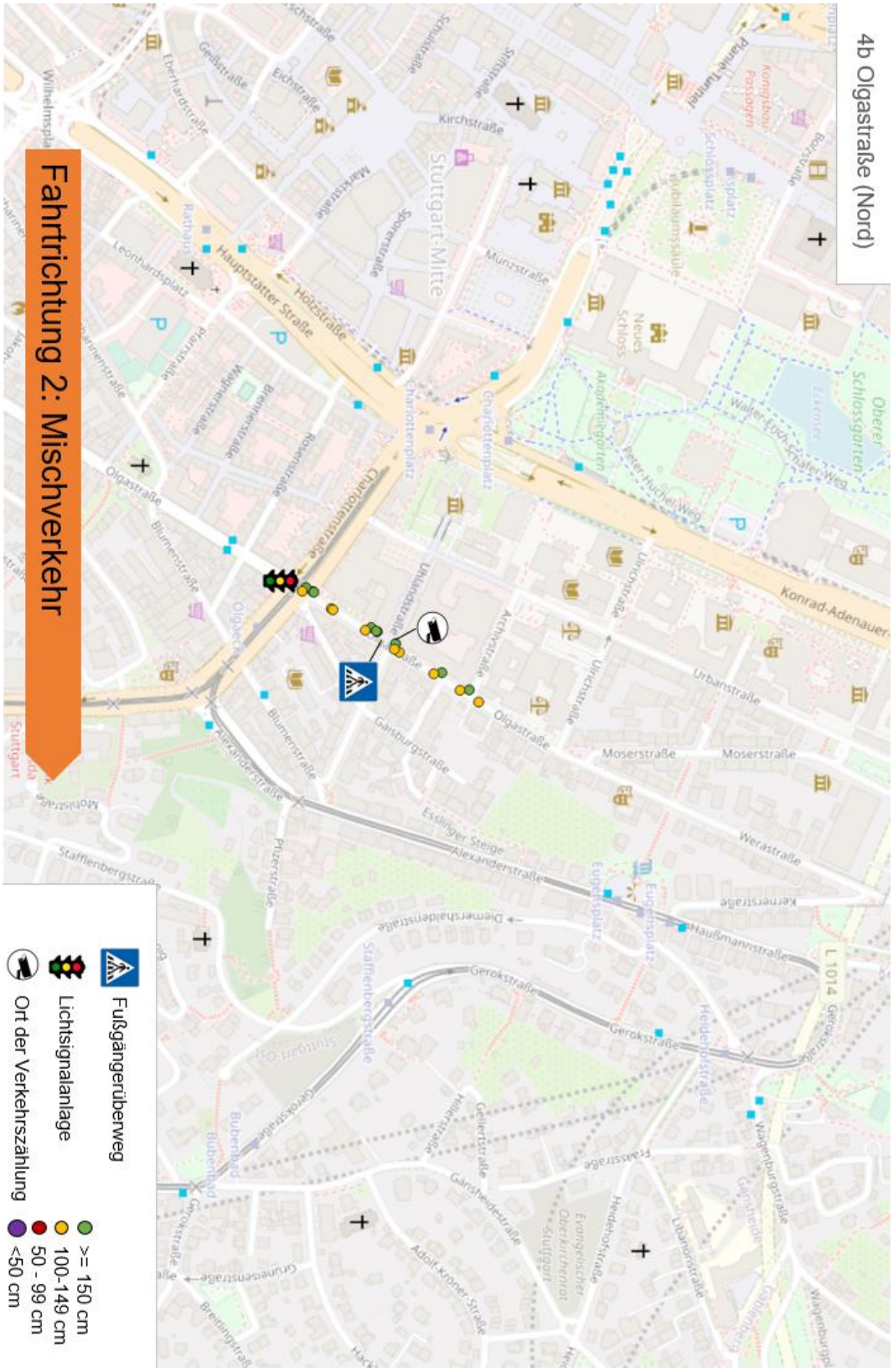
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	18 (1,6 %)	1.149 (100 %)
Mittags	7 (1,0 %)	704 (100 %)
Nachmittags	5 (0,4 %)	1.410 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)

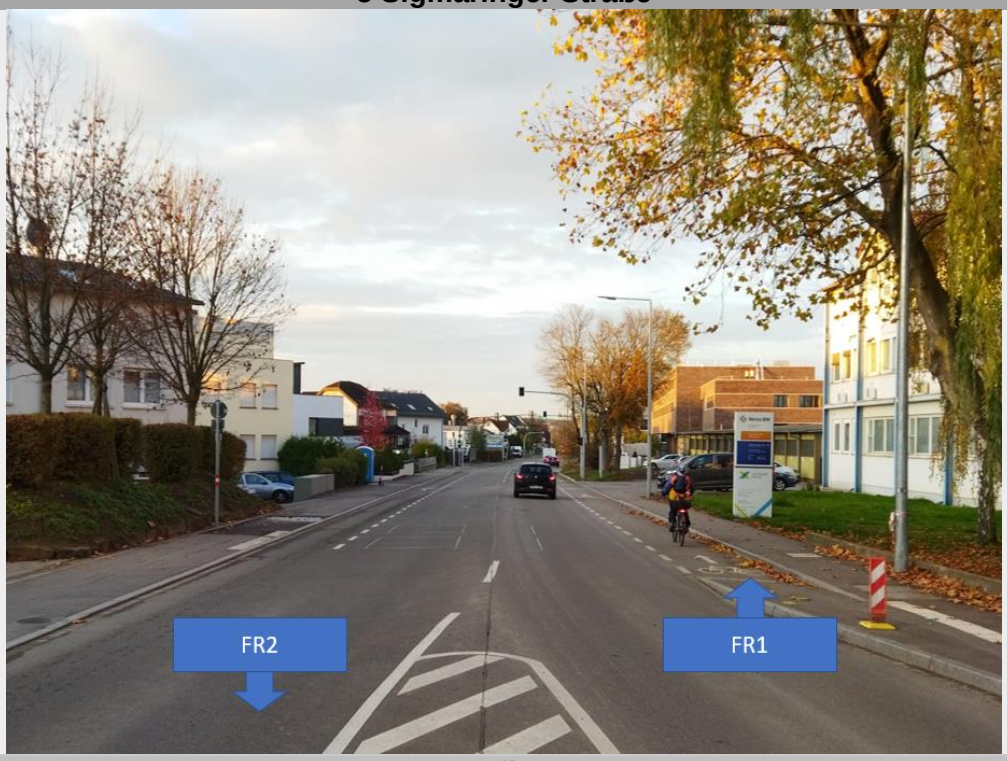


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	3 (1,0 %)	309 (100 %)
Mittags	6 (2,2 %)	270 (100 %)
Nachmittags	12 (2,0 %)	591 (100 %)


4b Olgastraße (Nord)
Fahrtrichtung 1: Mischverkehr
Fußgängerüberweg
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm
Konrad-Adenauer-
Urbanstraße
Moserstraße
Werastraße
Hauptstätter Straße
Holzstraße
Charlottenstraße
Olgastraße
Blumenstraße
Alexanderstraße
Esslinger Steige
Gänsburgstraße
Stuttgart-Mitte
Kirchstraße
Munzstraße
Schlossplatz
Neues Schloss
Oberer Schlossgarten
Eugensplatz
Hauptbahnhof
Leonhardsplatz
Rathaus
Wilhelmsplatz
Staffenbergstraße
Gerokstraße
Hauptbahnhof
Stuttgart


4b Olgastraße (Nord)
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Fußgängerüberweg
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm
Konrad-Adenauer-
Stuttgart-Mitte
Hauptstätter Straße
Olgastraße
Charlottenplatz
Charlottenstraße
Ulrichstraße
Urbanstraße
Moserstraße
Werastraße
Haußmannstraße
Gerokstraße
Heidehofstraße
Stafflenbergstraße
Alexanderstraße
Esslinger Steige
Gaisburgstraße
Archstraße
Kirchstraße
Münzstraße
Sporerstraße
Marktstraße
Holzstraße
Eichstraße
Geißstraße
Eberhardstraße
Leonhardsplatz
Rathaus
Blumenstraße
Rosenstraße
Wagnerstraße
Blumenstraße
Pfitzerstraße
Diemershaldenstraße
Keplerstraße
Eugensplatz
Eugensplatz
Wagenburgstraße
Lützowstraße
Frauenstraße
Gellertstraße
Gänsheidestraße
Adolf-Kröner-Straße
Heidehofstraße
Evangelischer Oberkirchenrat Stuttgart
Wilhelmspla
Stuttgart

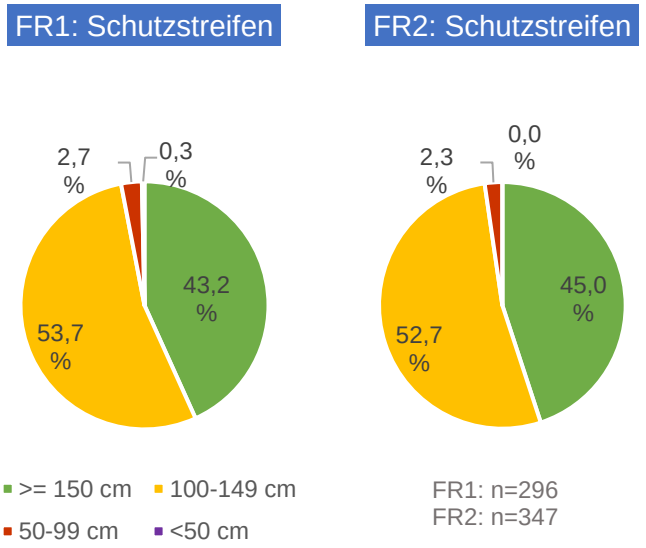
Anhang A.9: 5 Sigmaringer Straße

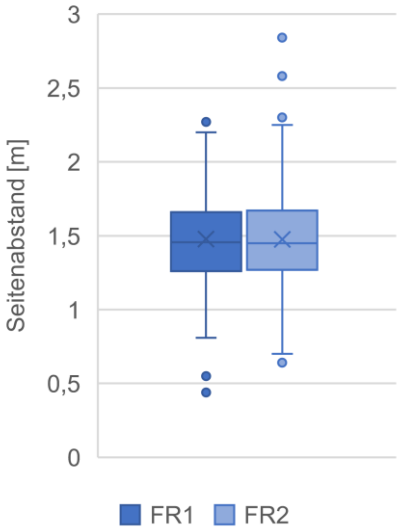
5 Sigmaringer Straße			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Möhringen		
Beginn	Nordöstlicher Ortsbeginn Möhringen		
Ende	KP Gammertinger Straße		
Länge Messstrecke	0,65 km	**Ø Längsneigung**	0,8 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Nein	**Parken FR2**	Nein
Busverkehr	Nein	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe/Bildung
Hauptradroute	-		
Breite Schutzstreifen	1,80-1,90 m (FR1/FR2)		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	6-7 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	1.114 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:45-17:45 Uhr
Jahr	2022	**Ort**	KP Rampe B 27
SV-Anteil	1 %	**Fahrrad-Anteil**	Unbekannt

Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	15.11.22	13.10.22	13.10.22
Ø Temperatur	9 °C	16 °C	18 °C
Ø Windstärke	3 km/h	6 km/h	6 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:31 Uhr	-	18:38 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	17,6 km/h	17,0 km/h	17,6 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	17,9 km/h	17,5 km/h	17,1 km/h
∑ ÜHV	206	215	428
Anzahl Runden	30	20	30
Gefahrene Distanz	39 km	26 km	39 km
Ø ÜHV/km	5,3 ÜHV/km	8,3 ÜHV/km	11,0 ÜHV/km

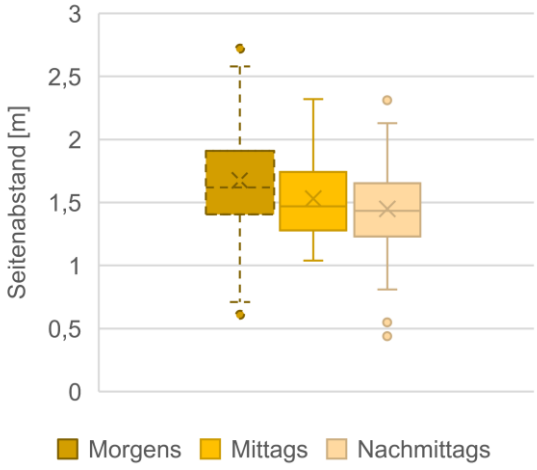
5 Sigmaringer Straße

Klassifizierung der ÜHV (Nur Mittags und Nachmittags)



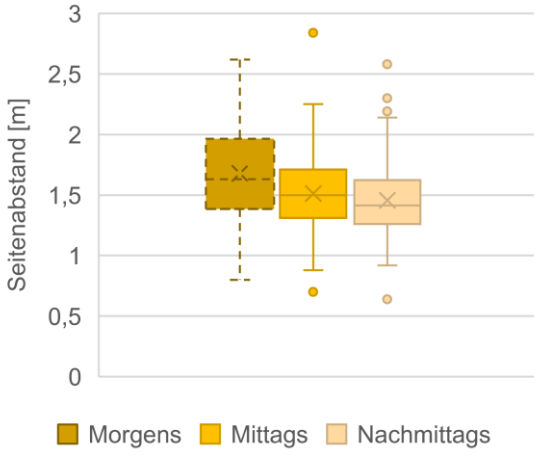


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



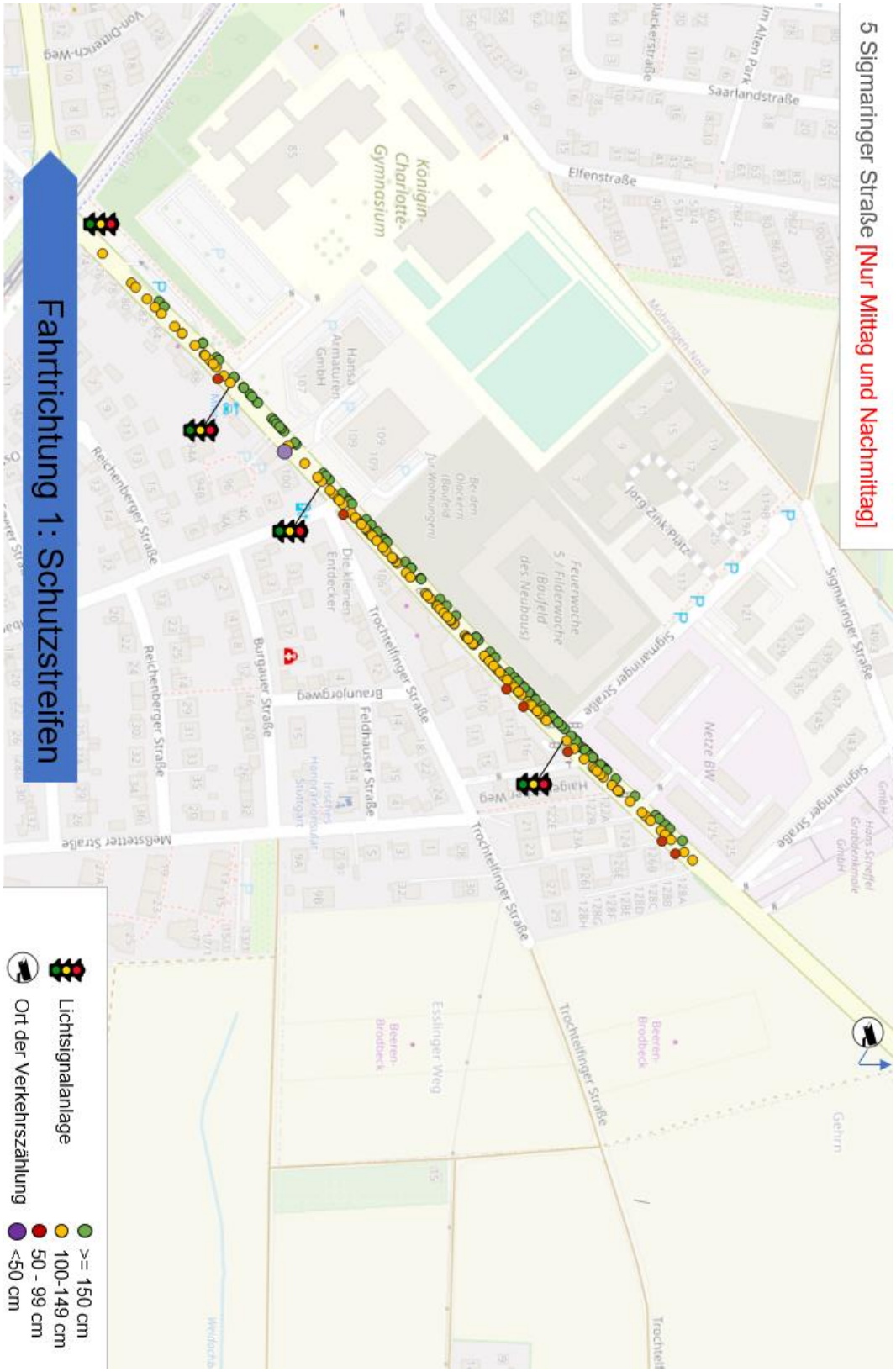
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	*169 (13,3 %)*	*1.272* (100 %)
Mittags	98 (13,2 %)	740 (100 %)
Nachmittags	198 (13,5 %)	1.467 (100 %)

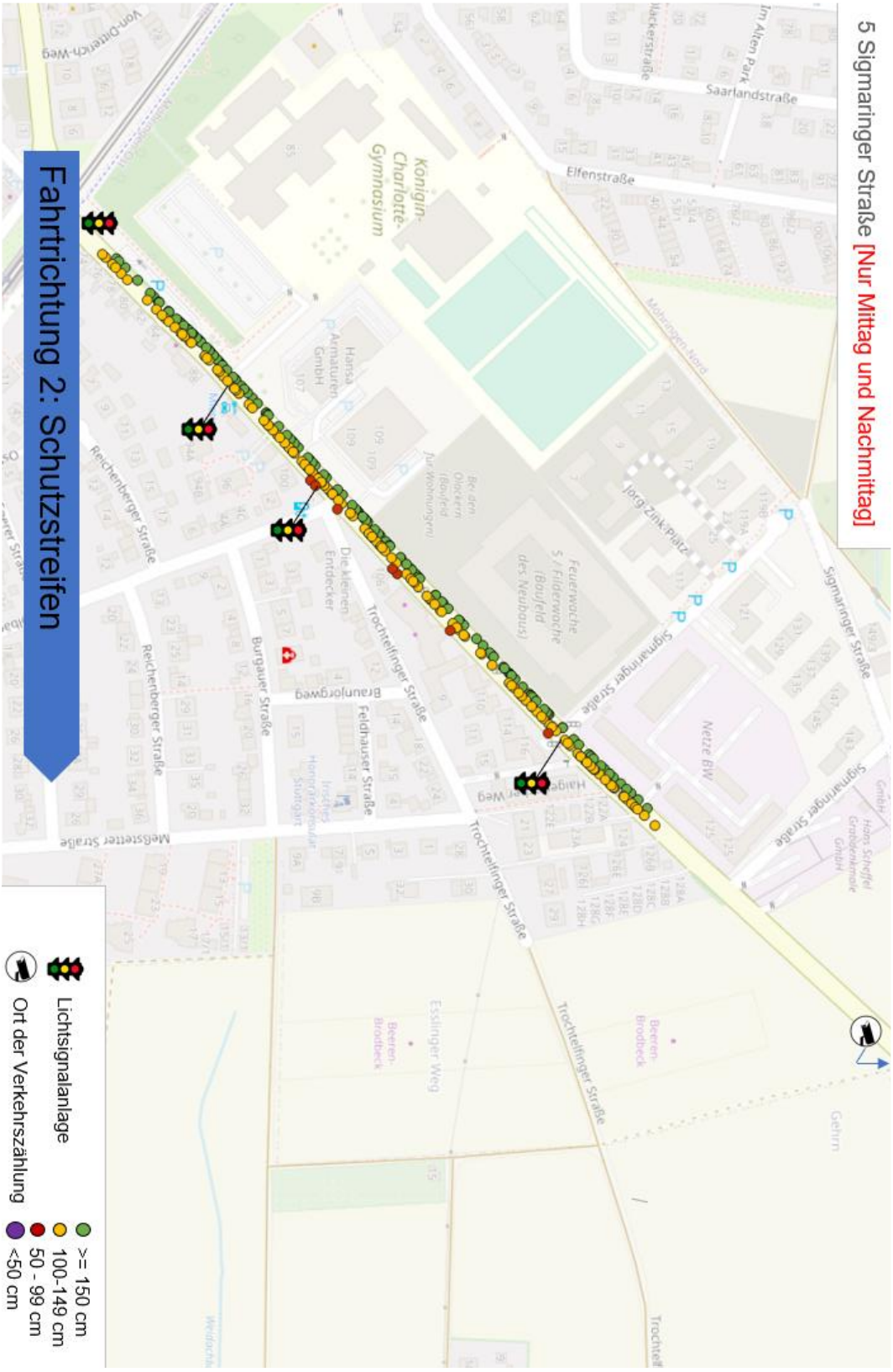
ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)



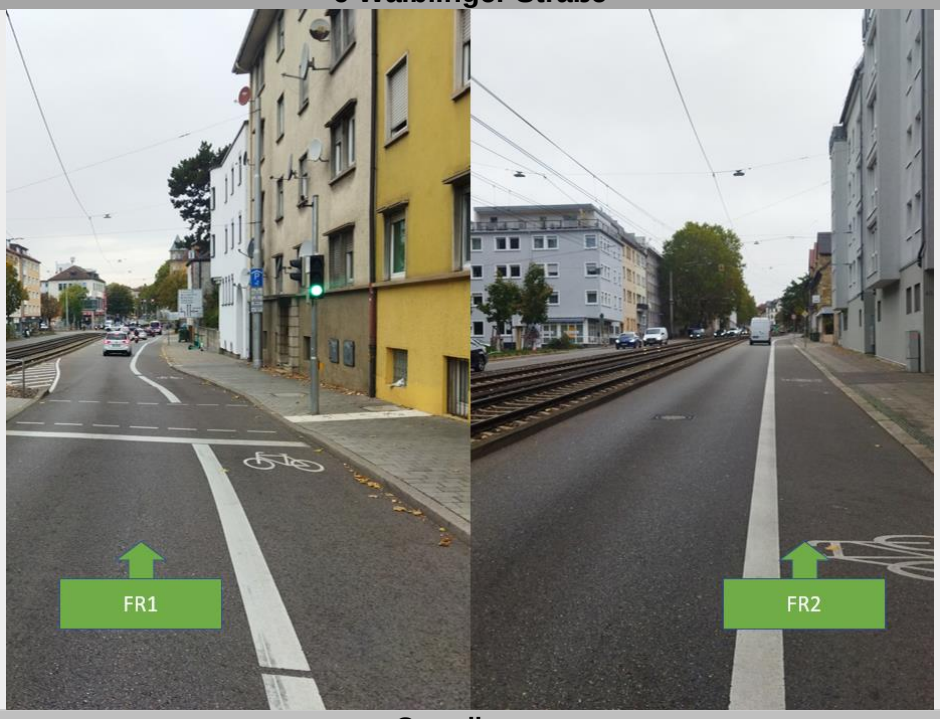
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	*37 (3,1 %)*	*1.197* (100 %)
Mittags	117 (16,7 %)	700 (100 %)
Nachmittags	230 (16,6 %)	1.389 (100 %)

5 Sigmaringer Straße [Nur Mittag und Nachmittag]

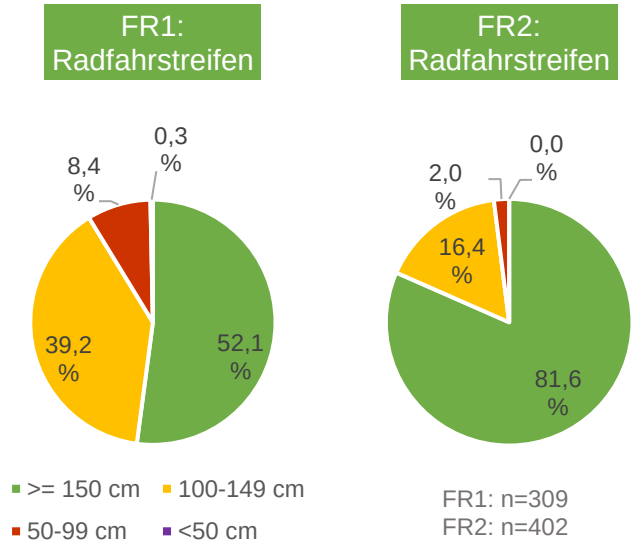


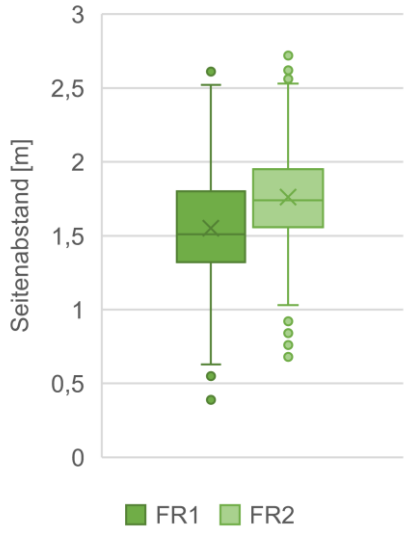

5 Sigmaringer Straße [Nur Mittag und Nachmittag]
Fahrtrichtung 2: Schutzstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm
Sigmaringer Straße
Saarlandstraße
Im Alten Park
Elfenstraße
Jörg-Zink-Platz
Königin-Charlotte-Gymnasium
Trochtelfinger Straße
Feldhauser Straße
Braunlorgweg
Burgauer Straße
Reichenberger Straße
Meßstetter Straße
Esslinger Weg
Netze BW
Feuerwache S / Filderwache (Bonfeld des Neubaus)
Die kleinen Entdecker
Hansa Armaturen GmbH
Beeren-Brodbeck
Von-Ditfurth-Weg

Anhang A.10: 6 Waiblinger Straße

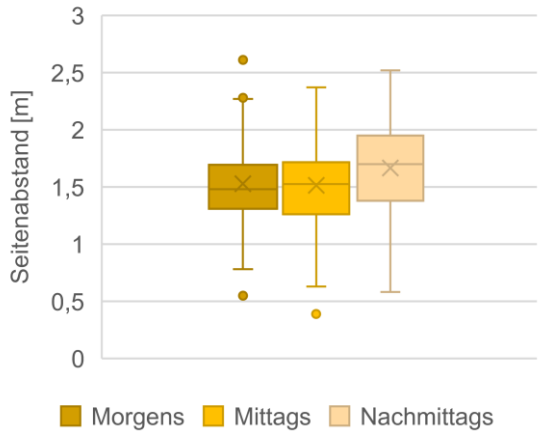
6 Waiblinger Straße			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Bad Cannstatt		
Beginn	KP Daimlerstraße		
Ende	KP Augsburger Straße		
Länge Messstrecke	0,85 km	**Ø Längsneigung**	2,5 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	40 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Nein	**Parken FR2**	Nein
Busverkehr	Nein	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe
Hauptradroute	Hauptradroute 1		
Breite Radfahrstreifen	1,90-2,00 m (FR1/FR2) 1,30-1,40 m (FR1, Höhe KP Daimlerstr.) 1,00-1,10 m (FR1, Höhe KP Taubenheimstr.)		
Breite Fahrbahn	5-6 m	**Breite Kernfahrbahn**	3-4 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Fahrstreifen)			
Verkehrsstärke	876 Kfz/h (FR1) 674 Kfz/h (FR2)	**Spitzenstunde**	06:15-07:15 (FR1) 15:15-16:15 (FR2)
Jahr	2016	**Ort**	Wilhelmsplatz
SV-Anteil	3 %	**Fahrrad-Anteil**	Unbekannt
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	27.09.22	27.09.22	20.10.22
Ø Temperatur	10 °C	13 °C	17 °C
Ø Windstärke	9 km/h	15 km/h	13 km/h
∑ Niederschlag	0,3 l/m²	0 l/m²	0,10 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:16 Uhr	-	18:24 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	17,8 km/h	19,6 km/h	17,5 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	17,3 km/h	17,6 km/h	16,7 km/h
∑ ÜHV	115	74	139
Anzahl Runden	12	12	15
Gefahrene Distanz	20,4 km	20,4 km	25,5 km
Ø ÜHV/km	5,6 ÜHV/km	3,6 ÜHV/km	5,5 ÜHV/km

6 Waiblinger Straße
Klassifizierung der ÜHV



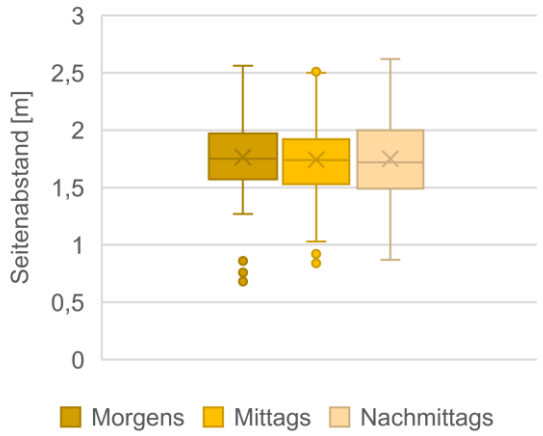


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)



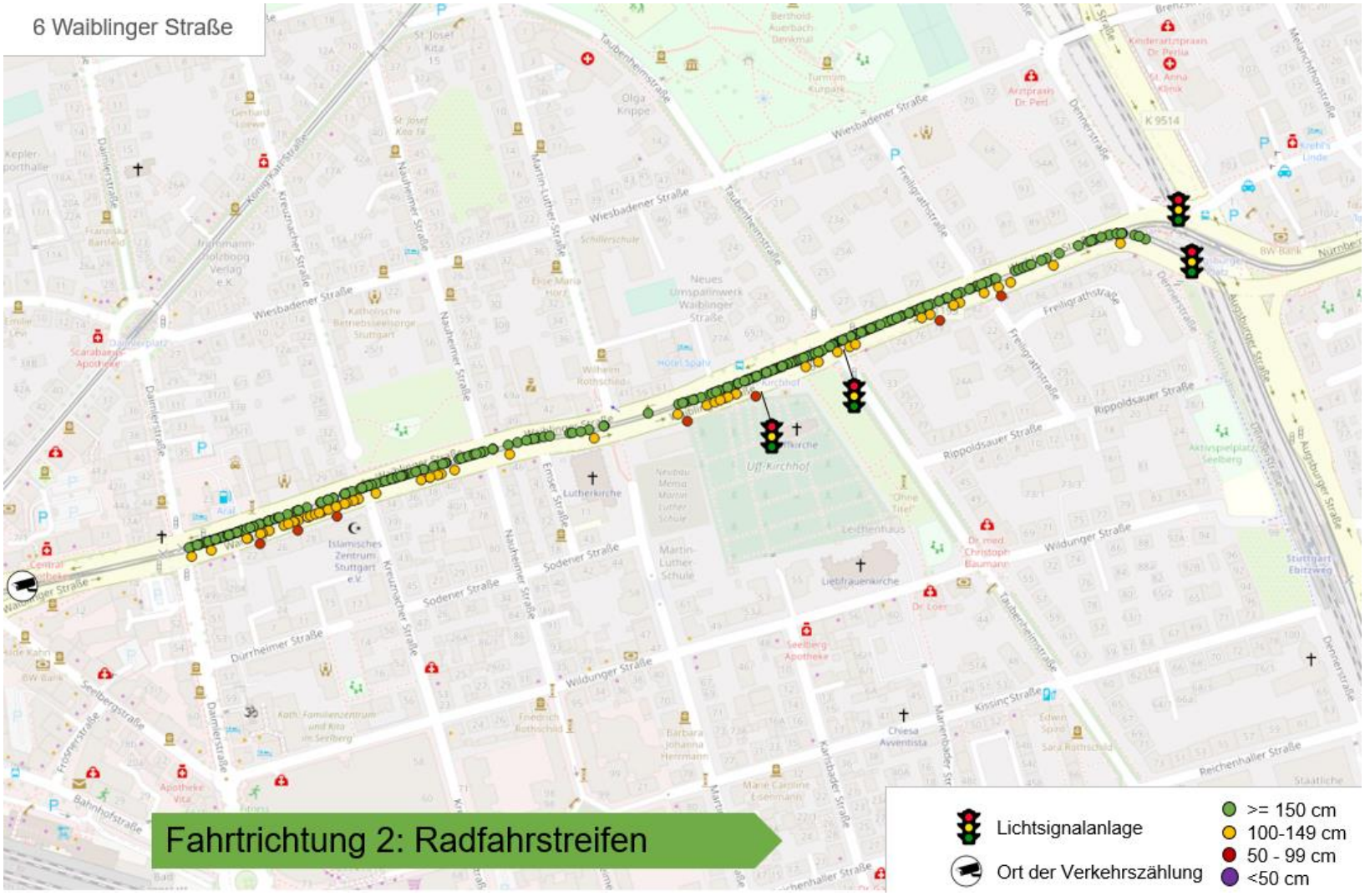
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	81 (3,4 %)	2.364 (100 %)
Mittags	72 (6,4 %)	1.132 (100 %)
Nachmittags	156 (7,6 %)	2.043 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)

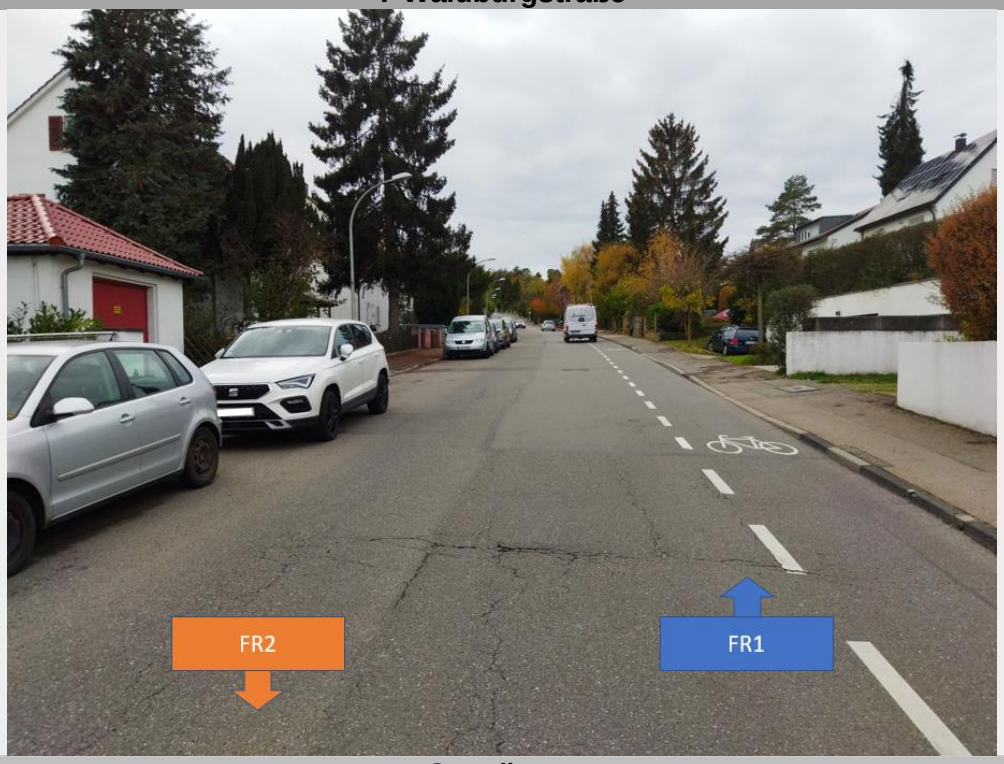


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	103 (7,1 %)	1.446 (100 %)
Mittags	117 (11,1 %)	1.054 (100 %)
Nachmittags	182 (10,3 %)	1.773 (100 %)

6 Waiblinger Straße
Fahrtrichtung 1: Radfahrstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm


6 Waiblinger Straße
Fahrtrichtung 2: Radfahrstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

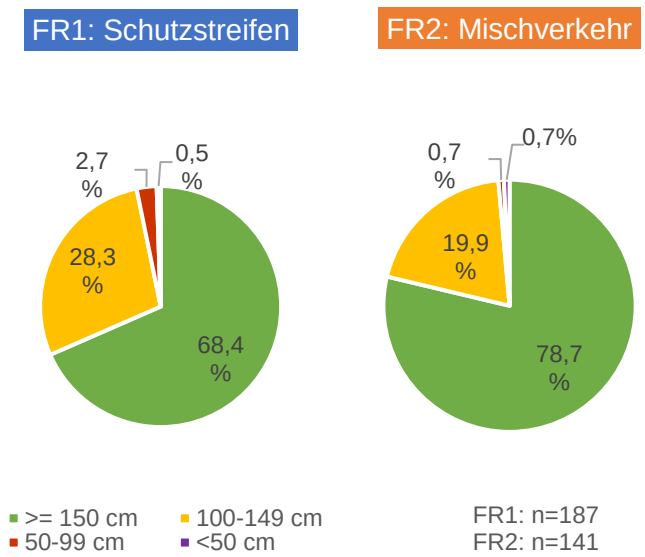
Anhang A.11: 7 Waldburgstraße

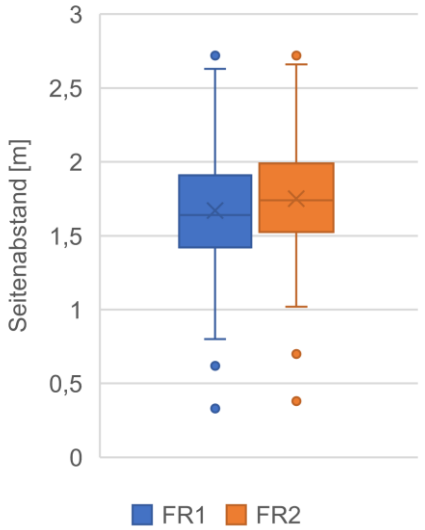
7 Waldburgstraße			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Vaihingen		
Beginn	KP Robert-Koch-Straße		
Ende	KP Rohrer Höhe/Thingstraße		
Länge Messstrecke	1,35 km	**Ø Längsneigung**	4,4 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Teilweise, längs	**Parken FR2**	Längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen
Hauptradroute	Hauptradroute 1		
Breite Schutzstreifen	1,50-1,60 m (FR1) 1,70 (FR1, im Bereich Längsparken)		
Breite Fahrbahn	7-8 m	**Breite Kernfahrbahn**	6-7 m
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	304 Kfz/h	**Spitzenstunde**	07:30-08:30 Uhr
Jahr	2012	**Ort**	KP Rohrer Höhe/ Thingstraße
SV-Anteil	7 %	**Fahrrad-Anteil**	8 %

Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	17.11.22	15.11.22	22.11.22
Ø Temperatur	11 °C	15 °C	8 °C
Ø Windstärke	1 km/h	1 km/h	11 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:35 Uhr	-	16:36 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	18,0 km/h	15,1 km/h	17,6 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	21,5 km/h	20,6 km/h	21,2 km/h
∑ ÜHV	115	74	139
Anzahl Runden	15	10	15
Gefahrene Distanz	40,5 km	27 km	40,5 km
Ø ÜHV/km	2,8 ÜHV/km	2,7 ÜHV/km	3,4 ÜHV/km

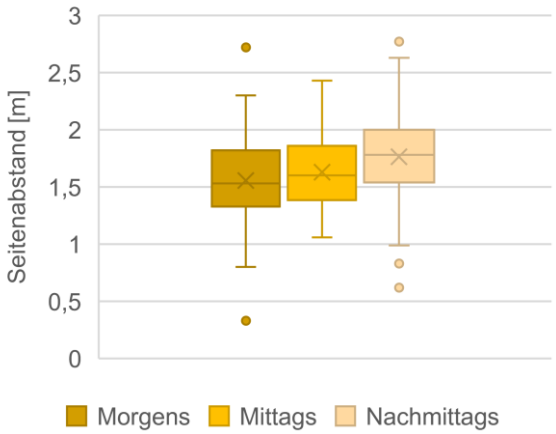
7 Waldburgstraße

Klassifizierung der ÜHV



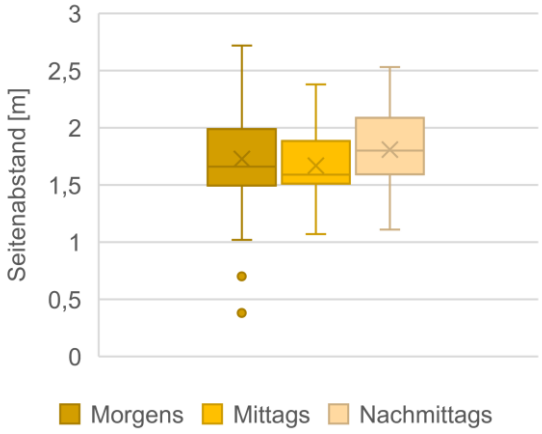


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)

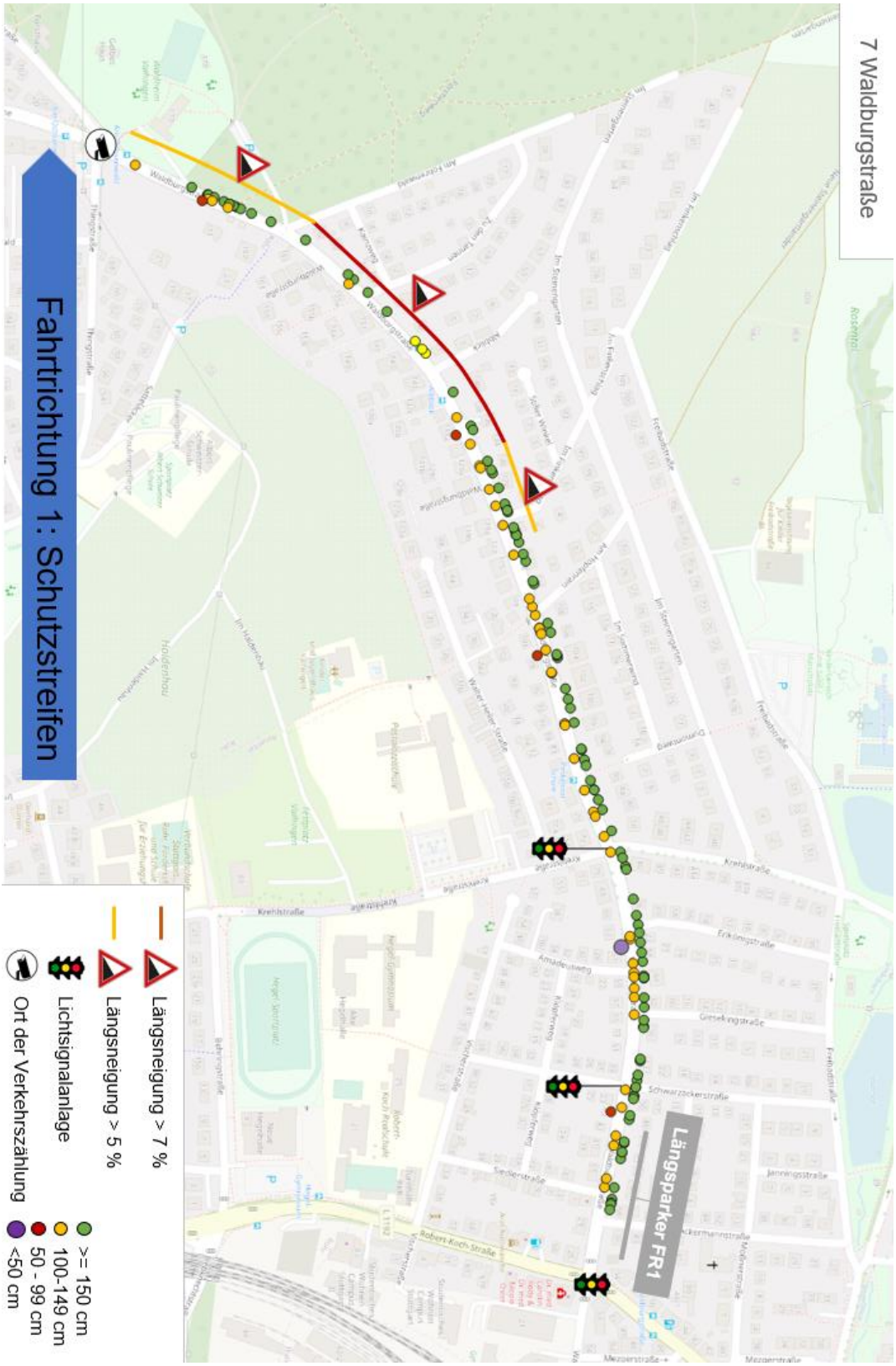


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	51 (20,7 %)	246 (100 %)
Mittags	53 (23,7 %)	224 (100 %)
Nachmittags	83 (19,9 %)	417 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)



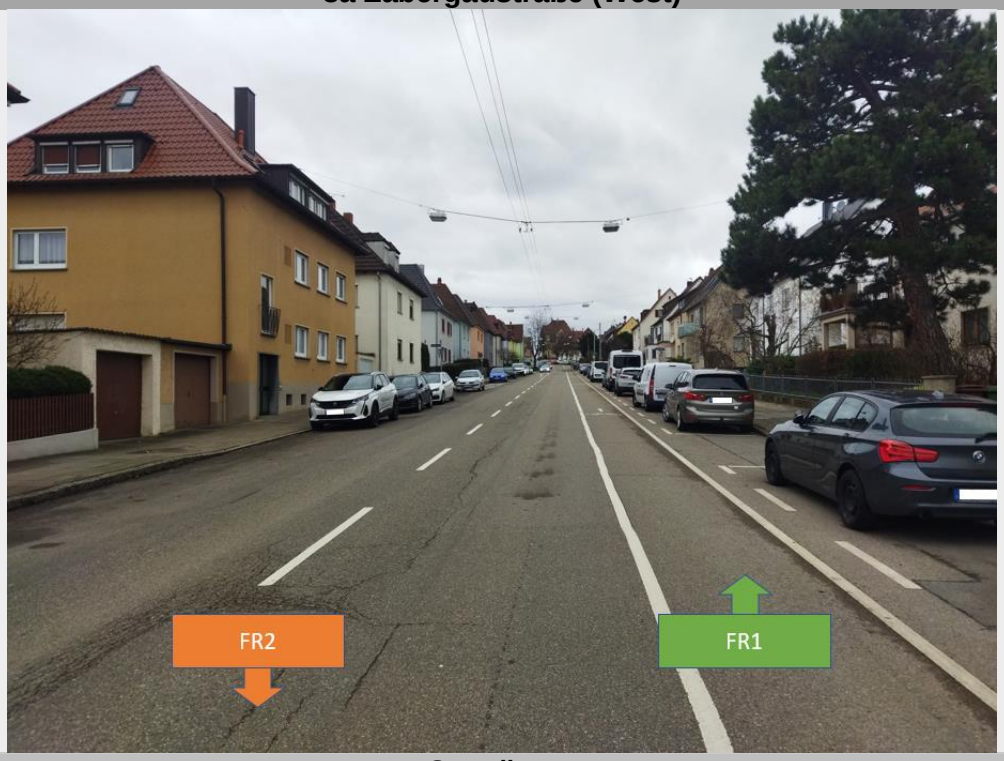
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	64 (12,1 %)	531 (100 %)
Mittags	21 (10,5 %)	200 (100 %)
Nachmittags	56 (17,6 %)	318 (100 %)


7 Waldburgstraße
Längsparker FR1
Fahrtrichtung 1: Schutzstreifen
Längsneigung > 7 %
Längsneigung > 5 %
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

7 Waldburgstraße
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Längsneigung > 7 %
Längsneigung > 5 %
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

Anhang A.12: 8a Zabergäustraße (West)

8a Zabergäustraße (West)



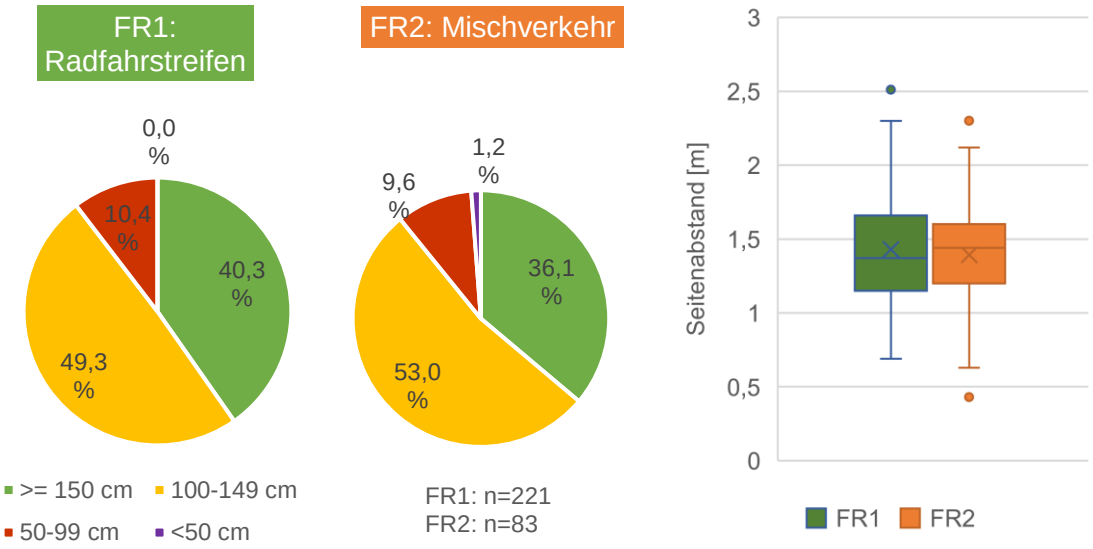
Grundlagen			
Stadtbezirk	Zuffenhausen		
Beginn	KP Ludwigsburger Straße		
Ende	KP Knittlinger Straße/Brackenheimer Straße		
Länge Messstrecke	0,55 km	**Ø Längsneigung**	4,7 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Ja
Parken FR1	Längs	**Parken FR2**	Längs
Busverkehr	Nein	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe
Hauptradroute	-		
Breite Radfahrstreifen	1,40-1,50 m (FR1, östl. KP Hohenhaslacher Straße) 1,20-1,30 m (FR1, westl. KP Hohenhaslacher Straße)		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	7-8 m

Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	989 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:15-17:15 Uhr
Jahr	2016	**Ort**	KP Ludwigsburger Straße
SV-Anteil	0 %	**Fahrrad-Anteil**	0 %

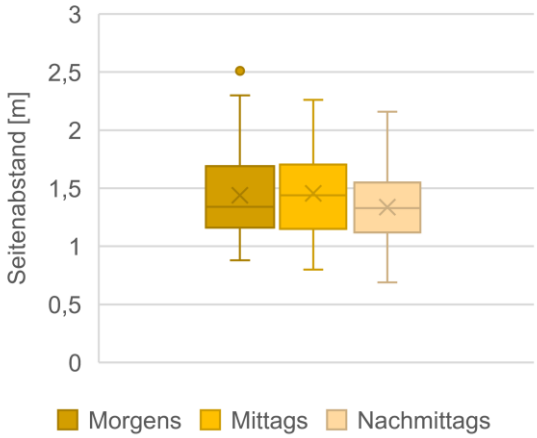
Daten Messfahrten	Morgens	Mittags	Nachmittags
Datum	12.10.22	12.10.22	25.10.22
Ø Temperatur	13 °C	16 °C	19 °C
Ø Windstärke	1 km/h	6 km/h	5 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:38 Uhr	-	18:15 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	17,3 km/h	18,4 km/h	18,5 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	17,4 km/h	21,2 km/h	16,1 km/h
∑ ÜHV	118	79	117
Anzahl Runden	15	10	15
Gefahrene Distanz	16,5 km	11 km	16,5 km
Ø ÜHV/km	7,2 ÜHV/km	7,2 ÜHV/km	7,1 ÜHV/km

8a Zabergäustraße (West)

Klassifizierung der ÜHV

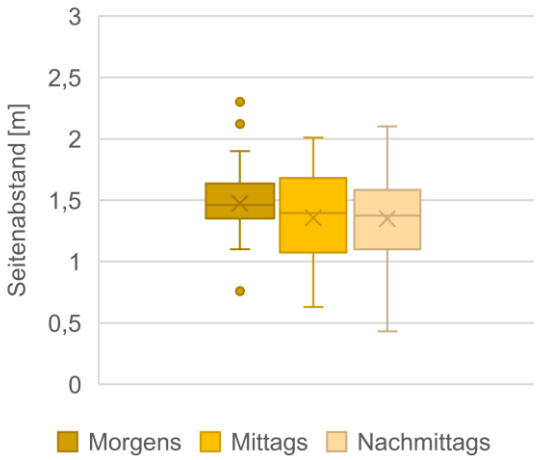


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)

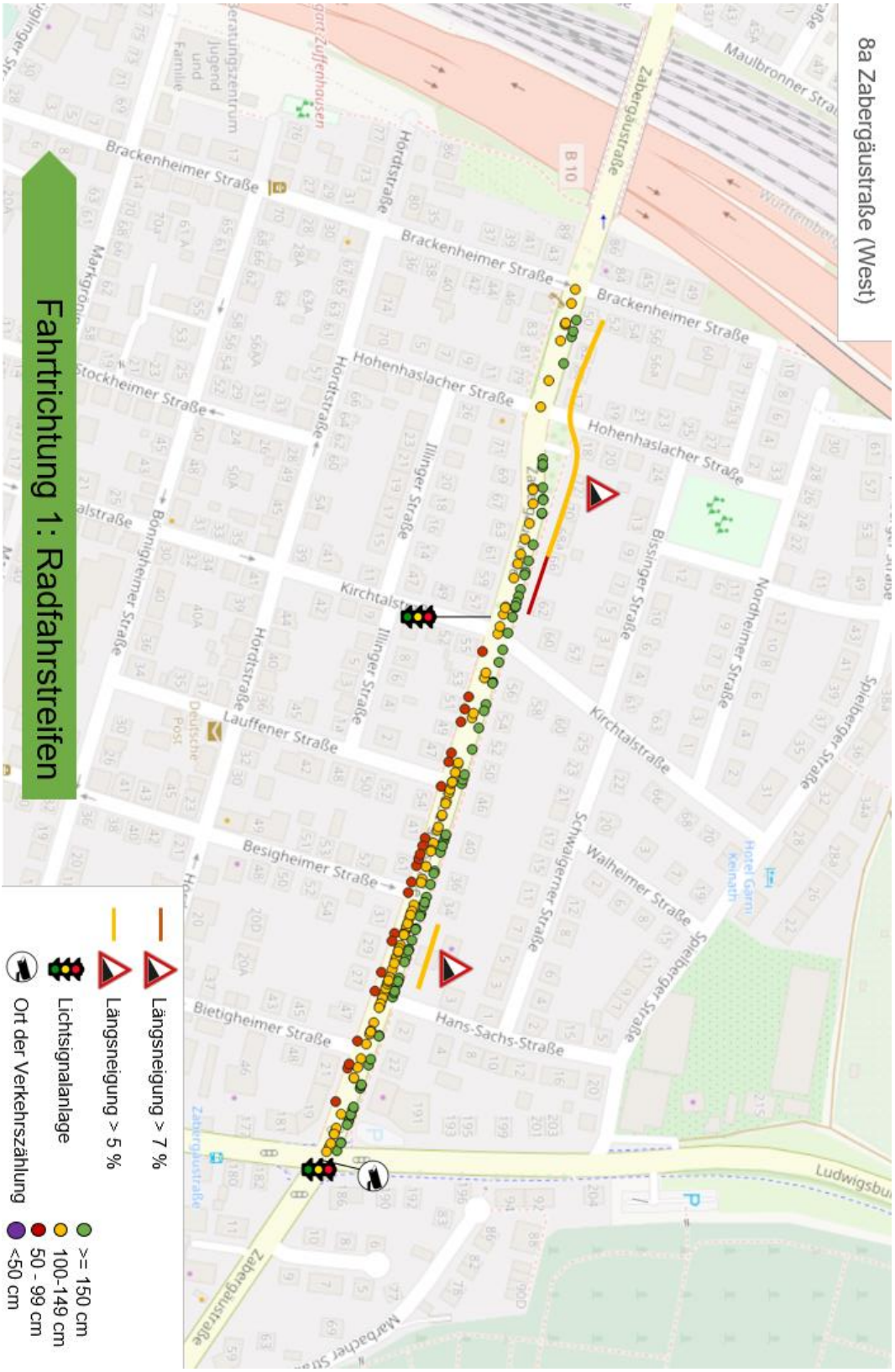


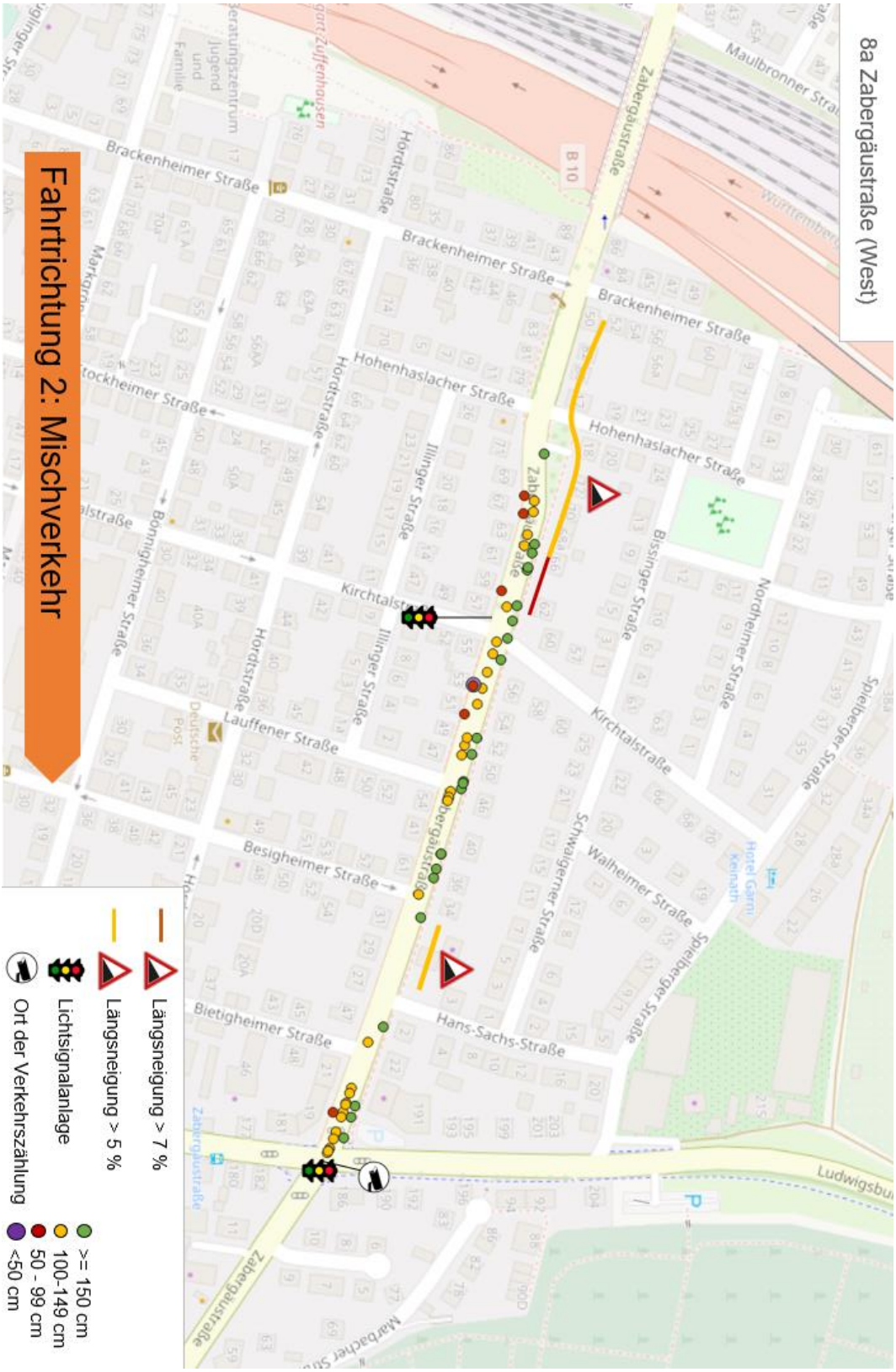
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	89 (7,5 %)	1.188 (100 %)
Mittags	61 (8,3 %)	734 (100 %)
Nachmittags	71 (5,9 %)	1.212 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)



	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	29 (2,8 %)	1.029 (100 %)
Mittags	18 (2,5 %)	714 (100 %)
Nachmittags	36 (2,3 %)	1.530 (100 %)


8a Zabergäustraße (West)
Fahrtrichtung 1: Radfahrstreifen
Zabergäustraße
B 10
Brackenheimer Straße
Hohenhaslacher Straße
Hordtstraße
Illinger Straße
Kirchtalstraße
Lauffener Straße
Besigheimer Straße
Bietigheimer Straße
Hans-Sachs-Straße
Walheimer Straße
Schwaigerner Straße
Spielberger Straße
Nordheimer Straße
Bissinger Straße
Stockheimer Straße
Bonnigheimer Straße
Markgröningen
Maulbronner Straße
Württemberg
Ludwigsburg
Hotel Garni Keinath
Deutsche Post
Beratungszentrum Jugend und Familie
Gart Zuffenhausen
Marbacher Straße
Zabergäustraße
Längsneigung > 7 %
Längsneigung > 5 %
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

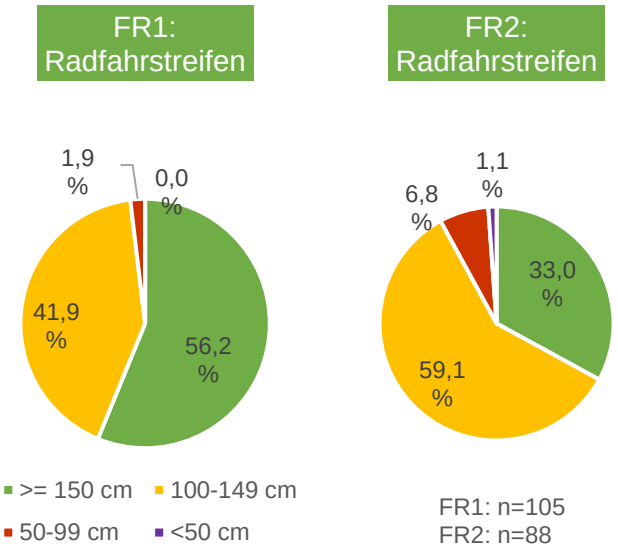

8a Zabergäustraße (West)
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Zabergäustraße
Brackenheimer Straße
Hohenhaslacher Straße
Kirchtalstraße
Hordstraße
Illinger Straße
Lauffener Straße
Besigheimer Straße
Bietigheimer Straße
Hans-Sachs-Straße
Walheimer Straße
Schwaigerner Straße
Spielberger Straße
Nordheimer Straße
Bissinger Straße
Bönnigheimer Straße
Markgrafenstraße
Maulbronner Straße
Württemberg
B 10
Hotel Garni Keinath
Deutsche Post
Beratungszentrum Jugend und Familie
Ludwigsburg
Längsneigung > 7 %
Längsneigung > 5 %
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

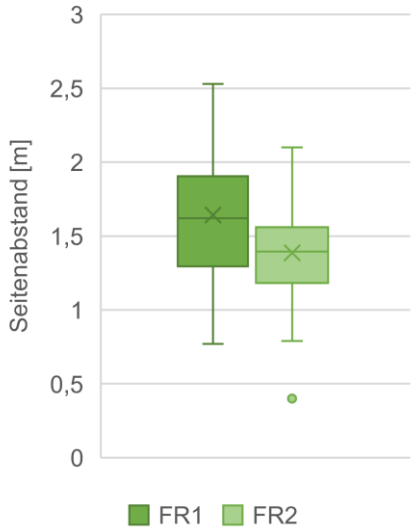
Anhang A.13: 8b Zabergäustraße (Ost)

8b Zabergäustraße (Ost)			
Grundlagen			
Stadtbezirk	Zuffenhausen		
Beginn	KP Marbacher Straße		
Ende	KP Ludwigsburger Straße		
Länge Messstrecke	0,20 km	**Ø Längsneigung**	3,0 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	50 km/h	**Leitlinie**	Ja
Parken FR1	Nein	**Parken FR2**	Nein
Busverkehr	Nein	**Nutzungen**	Wohnen/ Gewerbe
Hauptradroute	-		
Breite Radfahrstreifen	1,70-1,80 m (FR1) 1,50-1,60 m (FR2)		
Breite Fahrbahn	> 8 m	**Breite Kernfahrbahn**	6-7 m
Breite Fahrbahn			
Verkehrsstärke	1.846 Kfz/h	**Spitzenstunde**	16:15-17:15 Uhr
Jahr	2016	**Ort**	KP Ludwigsburger Straße
SV-Anteil	2 %	**Fahrrad-Anteil**	0 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	12.10.22	12.10.22	25.10.22
Ø Temperatur	13 °C	16 °C	19 °C
Ø Windstärke	1 km/h	6 km/h	5 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:38 Uhr	-	18:15 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	Unbekannt		
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	Unbekannt		
∑ ÜHV	69	34	90
Anzahl Runden	15	10	15
Gefahrene Distanz	6 km	4 km	6 km
Ø ÜHV/km	11,5 ÜHV/km	8,5 ÜHV/km	15 ÜHV/km

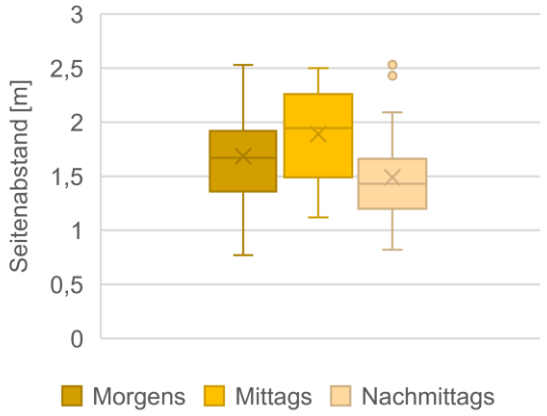
8b Zabergäustraße (Ost)

Klassifizierung der ÜHV



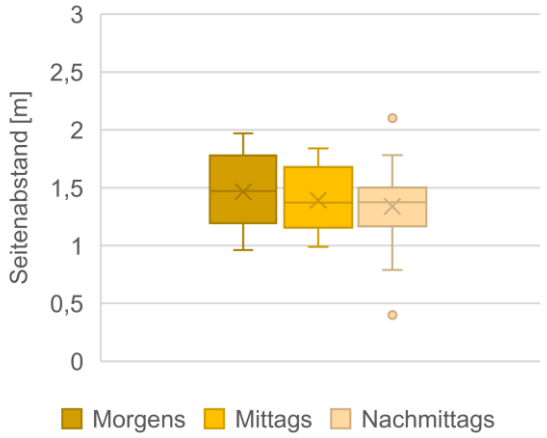


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)

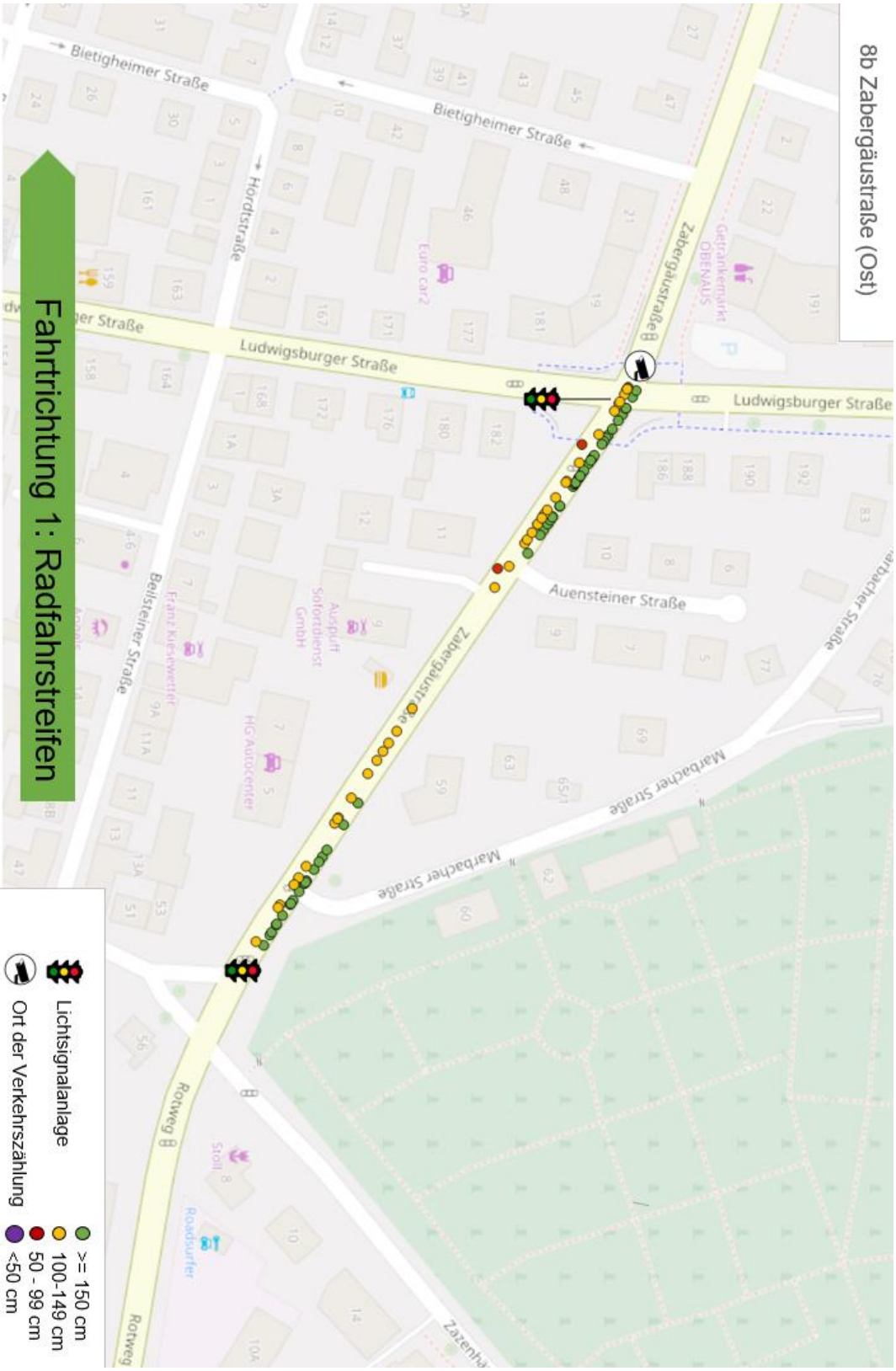


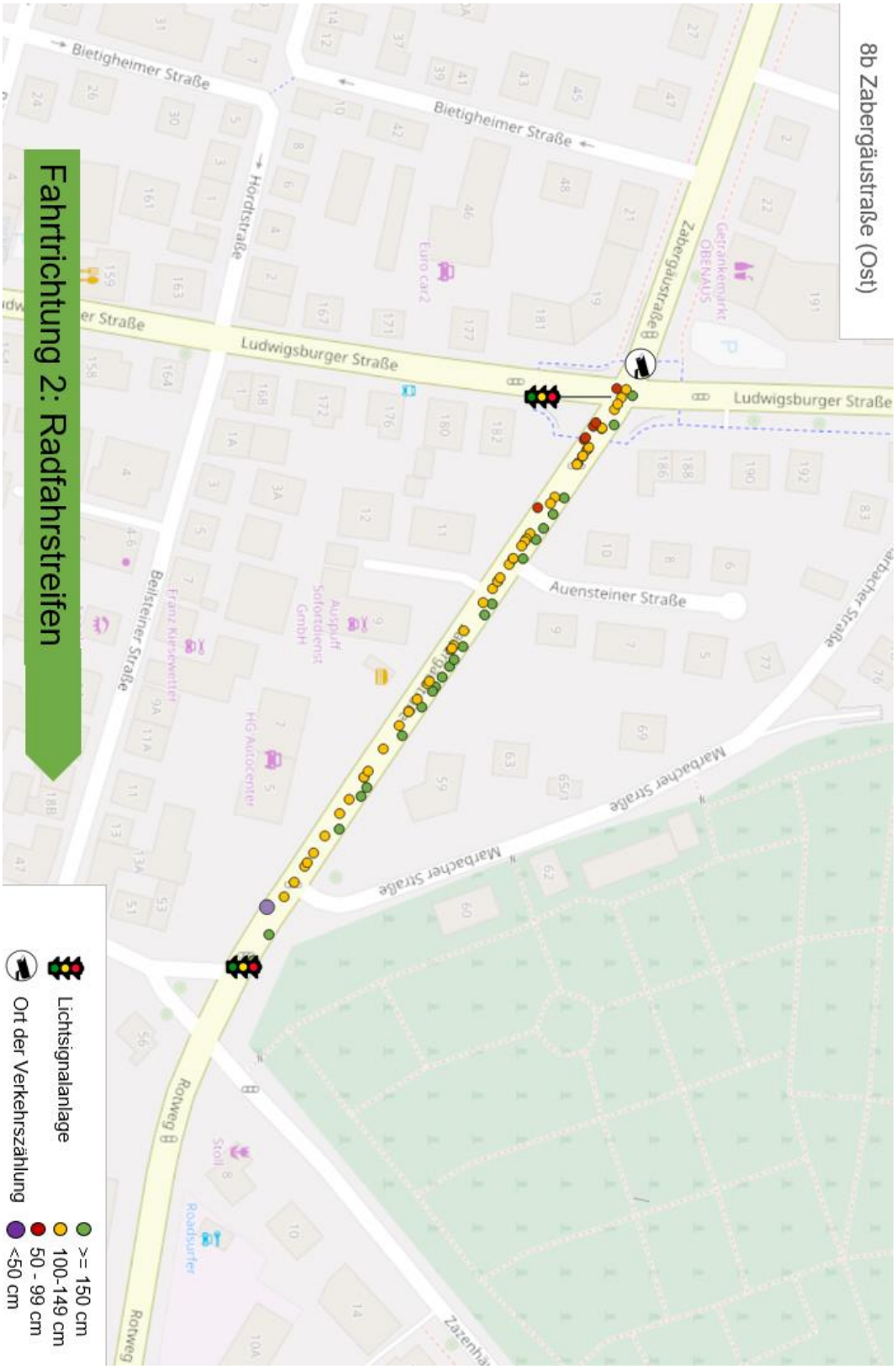
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	41 (1,9 %)	2.187 (100 %)
Mittags	20 (1,5 %)	1.334 (100 %)
Nachmittags	44 (1,7 %)	2.610 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)

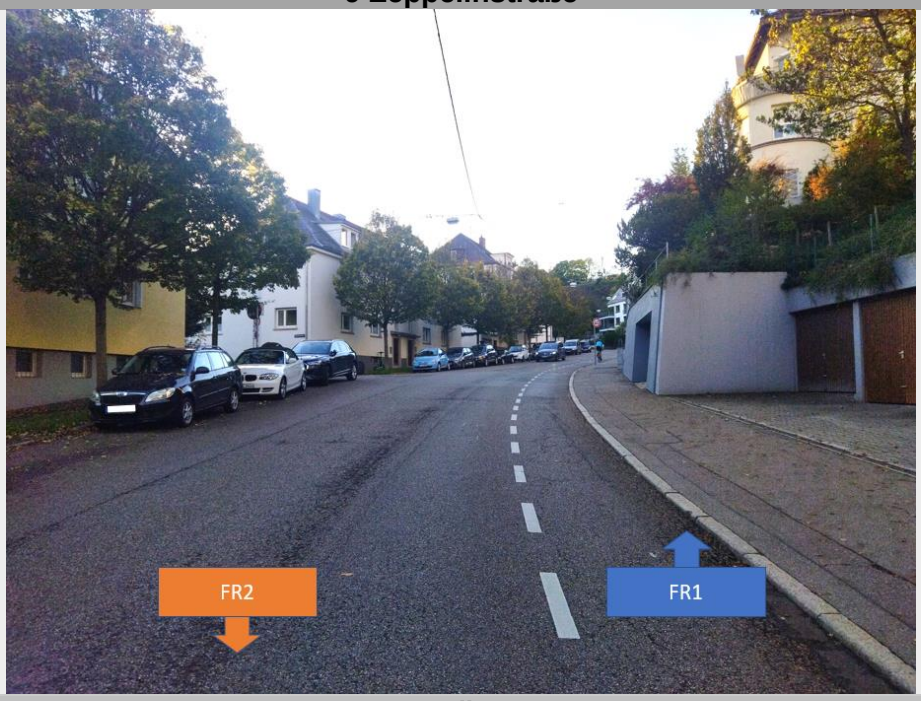


	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	28 (1,1 %)	2.529 (100 %)
Mittags	14 (1,1 %)	1.278 (100 %)
Nachmittags	46 (1,7 %)	2.655 (100 %)


8b Zabergäustraße (Ost)
Fahrtrichtung 1: Radfahrstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm
Bietigheimer Straße
Hordtstraße
Ludwigsburger Straße
Zabergäustraße
Auensteiner Straße
Marbacher Straße
Beilsteiner Straße
Rotweg
Getränkemarkt OBENAUS
Euro car2
Auspuff Sofortdienst GmbH
HG Autocenter
Franz Kiesewetter
Stoll
Roadsurfer

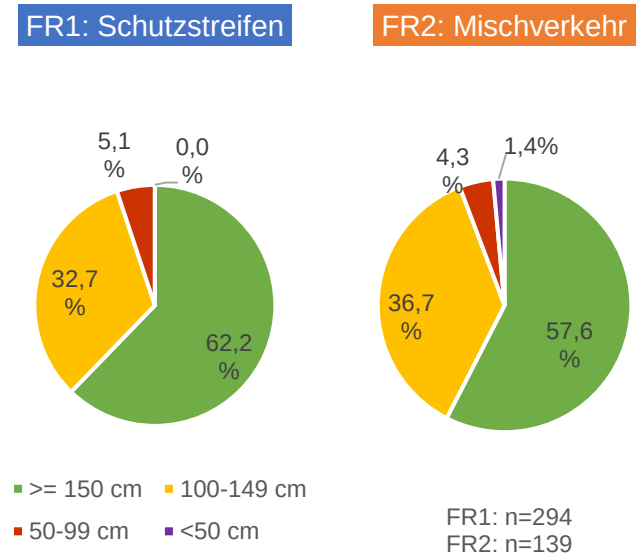

8b Zabergäustraße (Ost)
Fahrtrichtung 2: Radfahrstreifen
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm
Bietigheimer Straße
Hordtstraße
Ludwigsburger Straße
Zabergäustraße
Auensteiner Straße
Marbacher Straße
Beilsteiner Straße
Rotweg
Getränkemarkt OBENAUS
Euro car2
Autopluff Sofortdienst GmbH
HG Autocenter
Franz Kiesewetter
Roadsurfer
Stoll

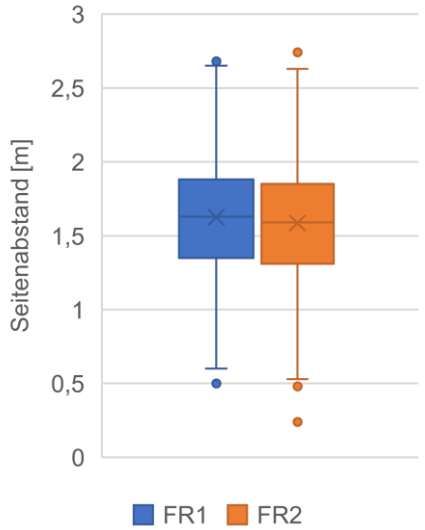
Anhang A.14: 9 Zeppelinstraße

9 Zeppelinstraße			
			
Grundlagen			
Stadtbezirk	West		
Beginn	KP Hölderlinplatz/Schwabstraße		
Ende	KP Doggenburgstraße		
Länge Messstrecke	1,70 km	**Ø Längsneigung**	5,5 %
Zul. Höchstgeschwindigkeit	40 km/h	**Leitlinie**	Nein
Parken FR1	Teilweise, längs	**Parken FR2**	Längs
Busverkehr	Ja	**Nutzungen**	Wohnen
Hauptradroute	-		
Breite Radfahrstreifen	1,50-1,60 m (FR1)		
Breite Fahrbahn	> 8 m (südl. KP Gaustr.) 6-7 m (nördl. KP Gaustr.)	**Breite Kernfahrbahn**	7-8 m (südl. KP Gaustr.) 5-6 m (nördl. KP Gaustr.)
Breite Kernfahrbahn			
Verkehrserhebung (Spitzenstunde, Querschnitt)			
Verkehrsstärke	650 Kfz/h	**Spitzenstunde**	17:00-18:00 Uhr
Jahr	2016	**Ort**	KP Vorsteigstraße
SV-Anteil	3 %	**Fahrrad-Anteil**	3 %
Daten Messfahrten	**Morgens**	**Mittags**	**Nachmittags**
Datum	11.10.22	28.09.22	26.10.22
Ø Temperatur	14 °C	12 °C	22 °C
Ø Windstärke	5 km/h	9 km/h	8 km/h
∑ Niederschlag	0 l/m²	0 l/m²	0 l/m²
Sonnenauf-/untergang	07:37 Uhr	-	18:13 Uhr
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR1)	14,6 km/h	14,5 km/h	14,1 km/h
Ø Fahrtgeschwindigkeit (FR2)	21,4 km/h	20,1 km/h	19,8 km/h
∑ ÜHV	165	86	182
Anzahl Runden	12	8	12
Gefahrene Distanz	40,8 km	27,2 km	40,8 km
Ø ÜHV/km	4,0 ÜHV/km	3,2 ÜHV/km	4,5 ÜHV/km

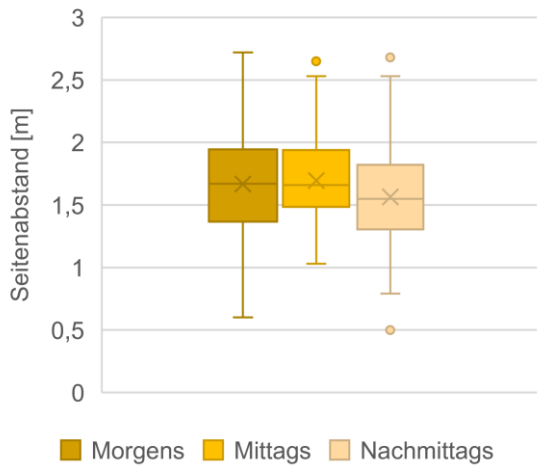
9: Zeppelinstraße

Klassifizierung der ÜHV



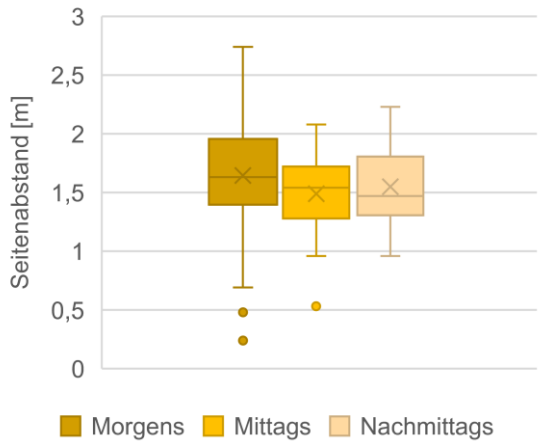


ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 1)

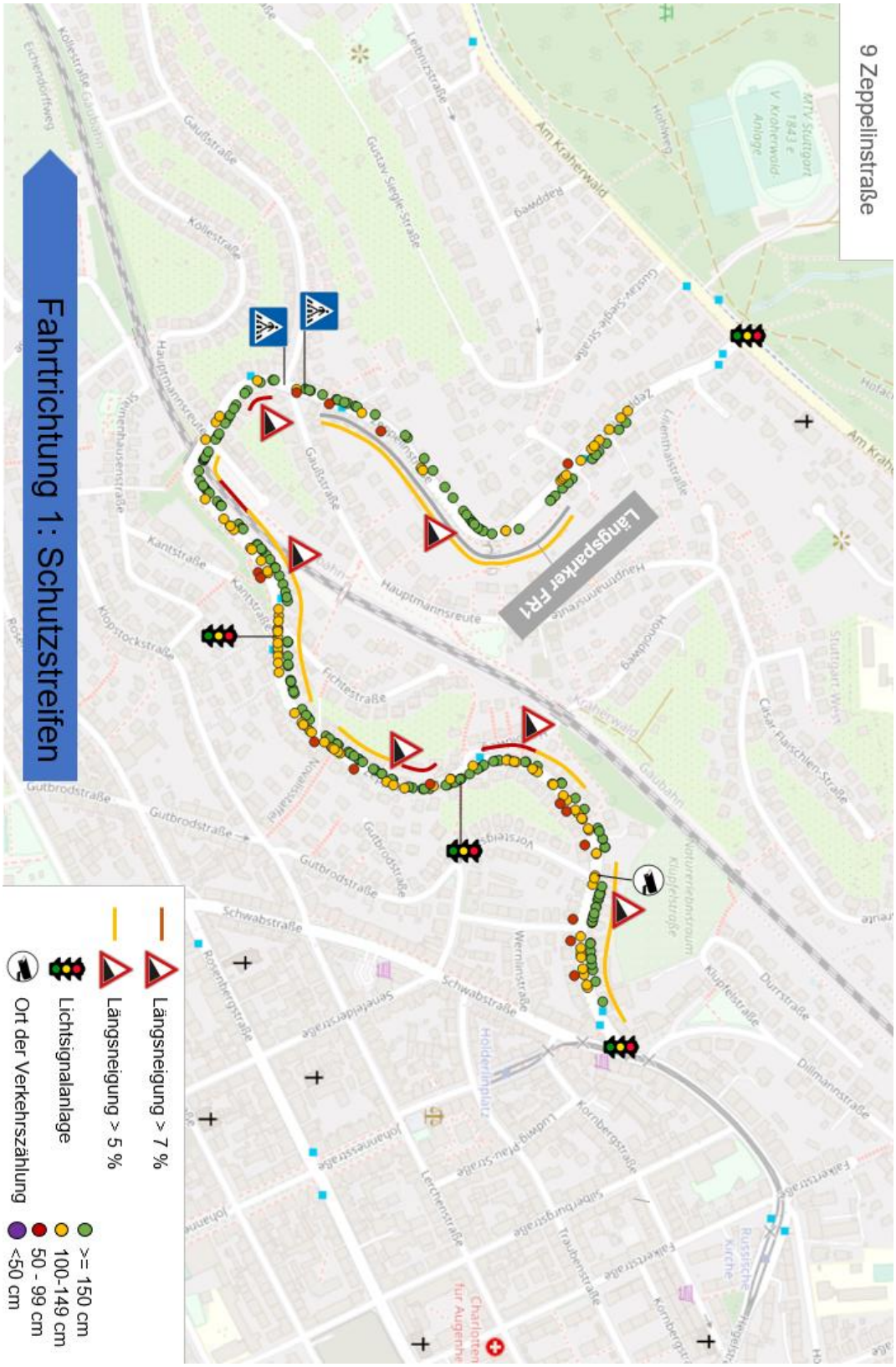


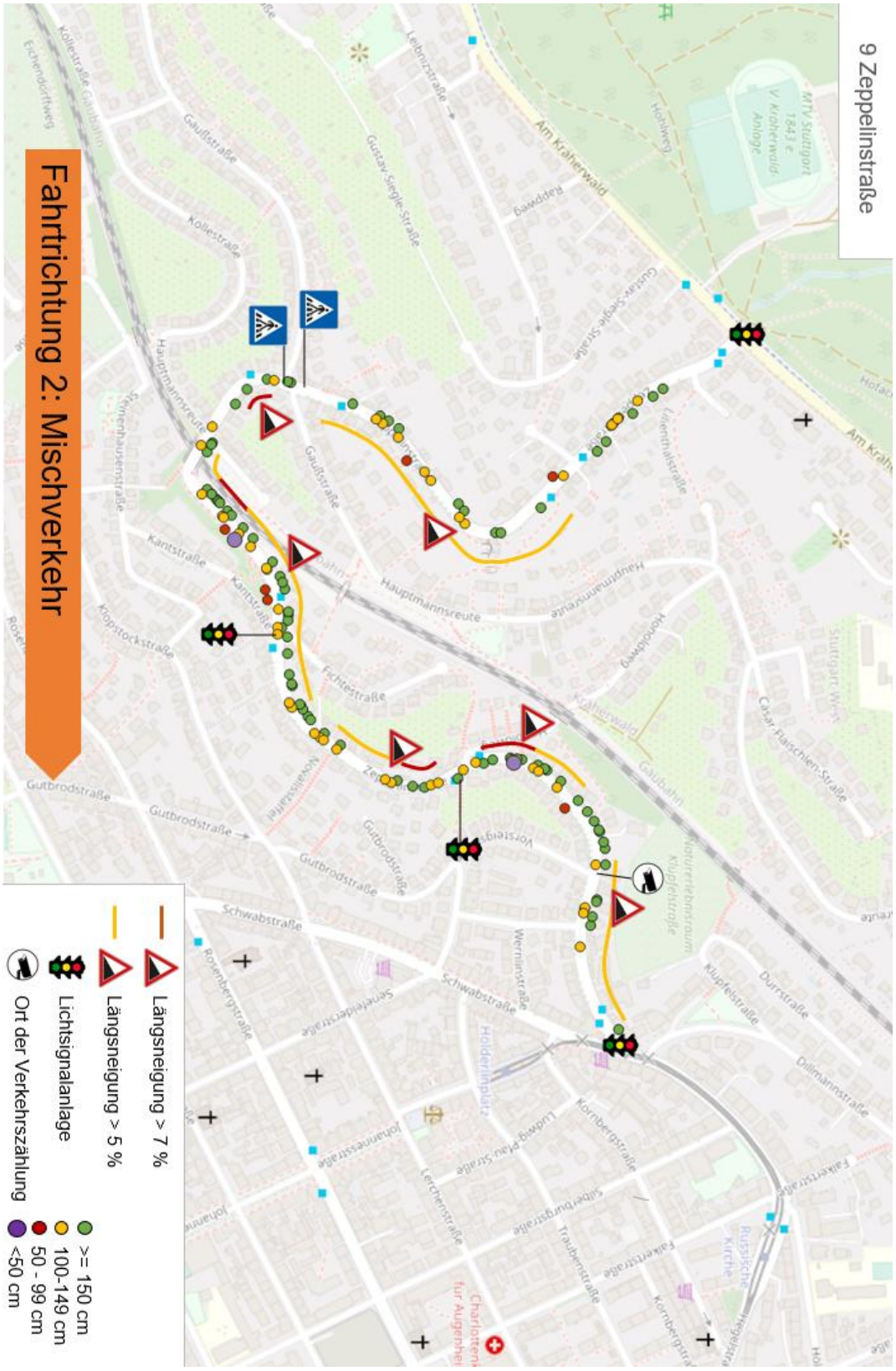
	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	96 (14,5 %)	663 (100 %)
Mittags	61 (13,3 %)	458 (100 %)
Nachmittags	137 (12,8 %)	1.074 (100 %)

ÜHV der Erhebungszeiträume (Fahrtrichtung 2)



	∑ ÜHV	∑ Kfz
Morgens	69 (7,5 %)	918 (151 %)
Mittags	25 (7,1 %)	350 (86 %)
Nachmittags	45 (7,4 %)	609 (100 %)


9 Zeppelinstraße
Fahrtrichtung 1: Schutzstreifen
Längsparker FR1
Am Kraherwald
Gustav-Siegle-Straße
Lenbachstraße
Gaußstraße
Kolleistraße
Hauptmannsreute
Fichtestraße
Kantstraße
Klopstockstraße
Gutbrodstraße
Schwabstraße
Werderstraße
Holderinplatz
Kornbergstraße
Klupfelstraße
Dillmannstraße
Durrstraße
Cäsar-Flaischlen-Straße
Falkertstraße
Traubenstraße
Lerchenstraße
Johannesstraße
Senefelderstraße
Rosenbergstraße
Eichendorffweg
Stuttgart West
Russische Kirche
Charlotten für Augenhe
Längsneigung > 7 %
Längsneigung > 5 %
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm


9 Zeppelinstraße
Fahrtrichtung 2: Mischverkehr
Längsneigung > 7 %
Längsneigung > 5 %
Lichtsignalanlage
Ort der Verkehrszählung
>= 150 cm
100-149 cm
50 - 99 cm
<50 cm

Anhang B: Statistische Tests

Anhang B.1: Test auf Normalverteilung

Die erhobenen Seitenabstände werden an dieser Stelle für jede Fahrtrichtung separat auf Normalverteilung überprüft. Hierfür wird der Shapiro-Wilk-Test verwendet. Die Nullhypothese des Tests besagt, dass Normalverteilung vorliegt. Es wird ein Signifikanzniveau von 5 % (α=0,05) zugrunde gelegt. Liegt der p-Wert unter dem Signifikanzniveau ist die Nullhypothese zu verwerfen. Die Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests sind in A-1 dargestellt.

Mess-strecke	Fahrt-richtung	W	p-Wert	Mess-strecke	Fahrt-richtung		p-Wert
1a	FR1	0,961	**0,000**	5	FR1	0,987	**0,009**
1b	FR1	0,985	0,801		FR2	0,978	**<0,0001**
	FR2	0,979	0,356	6	FR1	0,993	0,528
2	FR1	0,996	0,286		FR2	0,982	0,063
	FR2	0,994	0,333	7	FR1	0,993	0,528
3a	FR1	0,993	0,803		FR2	0,982	0,063
	FR2	0,989	0,906	8a	FR1	0,981	**0,004**
3b	FR1	0,951	0,199		FR2	0,987	0,557
	FR2	0,983	0,682	8b	FR1	0,967	**0,010**
4a	FR1	0,940	**<0,0001**		FR2	0,982	0,268
	FR2	0,981	0,566	9	FR1	0,993	0,212
4b	FR1	0,976	0,724		FR2	0,987	0,194
	FR2	0,977	0,885				

Tabelle A-1: Test auf Normalverteilung

Sechs der 25 Fahrtrichtungen sind für das angenommene Signifikanzniveau nicht normalverteilt. Hierbei handelt es sich um die Fahrtrichtungen 1a (FR1), 4a (FR1), 5 (FR1 und FR2), 8a (FR1) und 8b (FR2). Die Q-Q-Diagramme der Fahrtrichtungen ermöglichen eine grafische Betrachtung der Verteilungen. Anhand ihner lässt sich die Verteilung einer Stichprobe, mit denen einer theoretischen Verteilung vergleichen. Liegen die Punkte des Diagramms annähernd auf einer Geraden lässt sich davon ausgehen, dass die beiden Verteilungen übereinstimmen (vgl. Rooch 2014, S. 83). Da der Shapiro-Wilk-Test für die Mehrzahl der Fahrtrichtungen eine Normalverteilung bestätigt und die Q-Q-Diagramme der restlichen Fahrtrichtungen annähernd der 45°-Achse folgen (siehe A-1), wird vereinfachend über alle Fahrtrichtungen der Variable Seitenabstand eine Normalverteilung unterstellt.

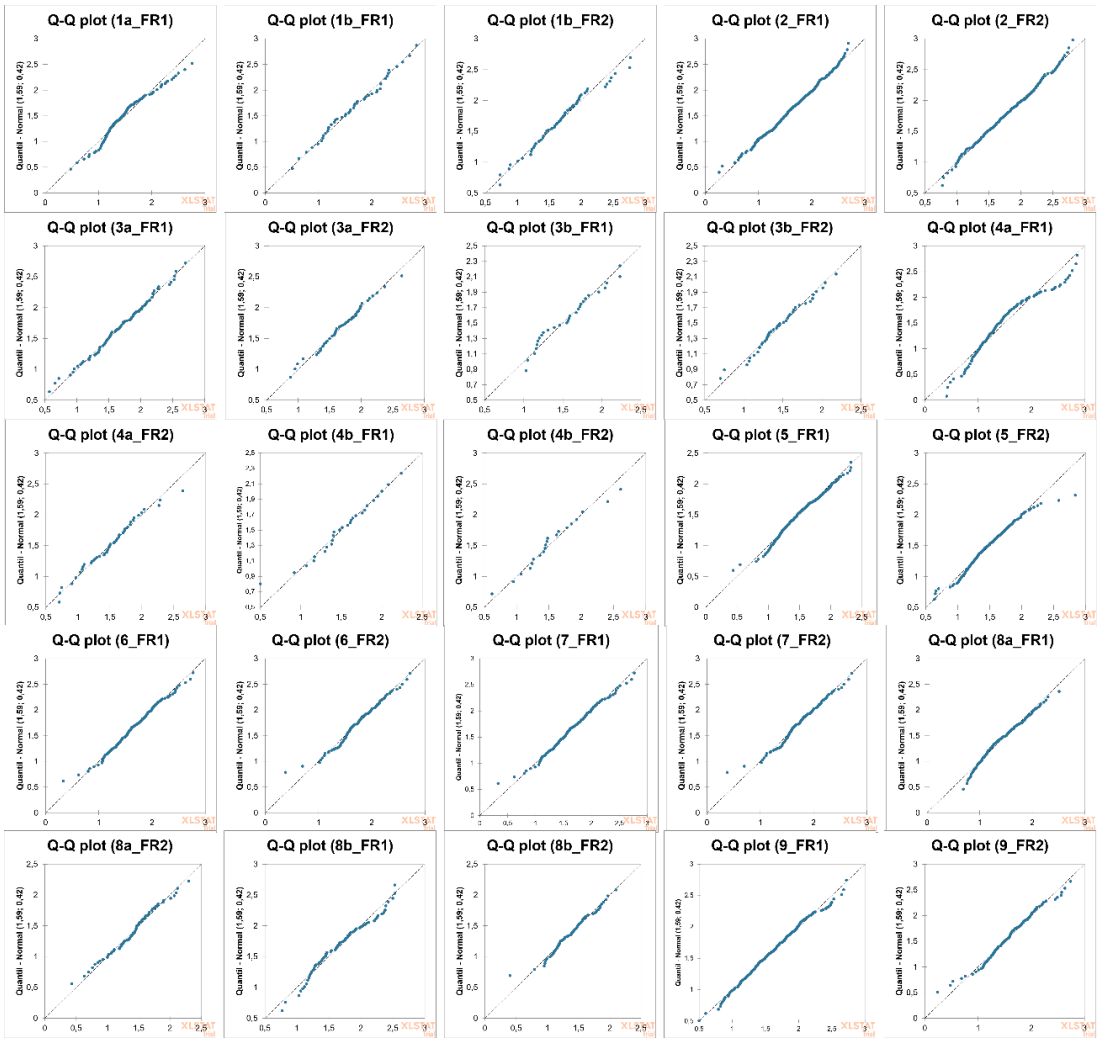


Abbildung A-1: Q-Q Diagramme der Fahrtrichtungen (Eigene Darstellung)

Anhang B.2: Welch-Tests der Messstrecken

Der Welch-Test überprüft, ob die Grundgesamtheiten zweier Stichproben den gleichen Mittelwert aufweisen. Für jede Messstrecke wurde ein Welch-Test durchgeführt, der beide Fahrtrichtungen miteinander vergleicht.

H_0: Die Mittelwerte der Grundgesamtheiten sind gleich

H_a: Die Mittelwerte der Grundgesamtheiten sind unterschiedlich

α=0.05

1b Imweg MW_{FR1} = 1.67 m, SD_{FR1} = 0.55 m MW_{FR2} = 1.66 m, SD_{FR2} = 0.45 m t(92) = 0.082, p = 0.94	**2 Fellbacher Straße** MW_{FR1} = 1.66 m, SD_{FR1} = 0.43 m MW_{FR2} = 1.80 m, SD_{FR2} = 0.42 m t(554) = -4.344, p < 0.0001
3a Hegelstraße MW_{FR1} = 1.68 m, SD_{FR1} = 0.42 m MW_{FR2} = 1.69 m, SD_{FR2} = 0.37 m t(107) = -0.179, p = 0.86	**3b Rosenbergstraße** MW_{FR1} = 1.56 m, SD_{FR1} = 0.35 m MW_{FR2} = 1.46 m, SD_{FR2} = 0.31 m t(52) = 1.332, p = 0.19
4a Olgastraße (Süd) MW_{FR1} = 1.45 m, SD_{FR1} = 0.53 m MW_{FR2} = 1.48 m, SD_{FR2} = 0.41 m t(118) = -0.510, p = 0.61	**4b Olgastraße (Nord)** MW_{FR1} = 1.52 m, SD_{FR1} = 0.36 m MW_{FR2} = 1.56 m, SD_{FR2} = 0.47 m t(36) = -0.368, p = 0.72
5 Sigmaringer Straße MW_{FR1} = 1.48 m, SD_{FR1} = 0.31 m MW_{FR2} = 1.47 m, SD_{FR2} = 0.29 m t(611) = 0.087, p = 0.93	**6 Waiblinger Straße** MW_{FR1} = 1.55 m, SD_{FR1} = 0.40 m MW_{FR2} = 1.76 m, SD_{FR2} = 0.35 m t(614) = -7.371, p < 0.0001
7 Waldburgstraße MW_{FR1} = 1.67 m, SD_{FR1} = 0.39 m MW_{FR2} = 1.75 m, SD_{FR2} = 0.37 m t(309) = -1.907, p = 0.06	**8a Zabergäustraße (West)** MW_{FR1} = 1.41 m, SD_{FR1} = 0.35 m MW_{FR2} = 1.39 m, SD_{FR2} = 0.35 m t(147) = 0.363, p = 0.72
8b Zabergäustraße (Ost) MW_{FR1} = 1.64 m, SD_{FR1} = 0.41 m MW_{FR2} = 1.39 m, SD_{FR2} = 0.29 m t(185) = 5.022, p < 0.0001	**9 Zeppelinstraße** MW_{FR1} = 1.62 m, SD_{FR1} = 0.40 m MW_{FR2} = 1.59 m, SD_{FR2} = 0.42 m t(257) = 0.917, p = 0.36

Erklärung nach Studien- und Prüfungsordnung, § 27, Abs. 1

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Masterthesis selbständig verfasst habe.

Außer den in der Arbeit genannten Hilfsmitteln und Unterlagen habe ich keine weiteren Hilfsmittel in Anspruch genommen. Der Quellennachweis ist vollständig.

Murrhardt, den 20.01.2023

_____

Leo Casey