



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr

Seitlicher Überholabstand von Radfahrern durch den motorisierten Verkehr – Empirische Analyse mit Hilfe von Kameradaten

Bearbeiter Dipl.-Ing. Ralf Langer

Verkehrsökologische Schriftenreihe

Heft 6 /2016

Herausgeber



TU Dresden
Professur für Verkehrsökologie
Prof. Dr. Ing. Udo J. Becker
Dipl.-Ing. Sven Lißner

ISSN 2367-315X

Stand

Dresden, den 24.02.2016



Autor:

Dipl.-Ing. Ralf Langer

Herausgeber:

Prof. Dr. Udo J. Becker

Dipl.-Ing. Sven Lißner

Technische Universität Dresden
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“
Professur für Verkehrsökologie
01062 Dresden

Telefon: (0351) 463-36566

Telefax: (0351) 463-37718

E-Mail: verkehrsoekologie@tu-dresden.de

www.verkehrsoekologie.de

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht auf dem Sächsischen Dokumenten- und Publikationsserver Qucosa der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB)

Diplomarbeit eingereicht: 2016

Veröffentlicht: 2016

Bevorzugte Zitierweise: Langer, Ralf (2016): Seitlicher Überholabstand von Radfahrern durch den motorisierten Verkehr – Empirische Analyse mit Hilfe von Kameradaten.

Diplomarbeit an der Professur für Verkehrsökologie, TU Dresden (2016). In:

Verkehrsökologische Schriftenreihe (6/2016). ISSN 2367-315X. Online im Internet:

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-201073>

Vorwort

Verkehrsaktivitäten stehen in vielfältigen Wechselwirkungen mit ihrem wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Umfeld. Die Professur für Verkehrsökologie beschäftigt sich in Forschung und Lehre mit diesen Wechselwirkungen, denn nur eine zusammenfügende Betrachtung kann sinnvolle und tragfähige Lösungen ergeben. Übergeordnetes Ziel aller Arbeiten des Lehrstuhls ist es, entsprechend der offiziellen Widmung „zur Verringerung der Umweltbelastungen aus dem Verkehr beizutragen“. Schwerpunkte sind dabei Arbeiten zur Umsetzung einer nachhaltigeren Verkehrsentwicklung, die in folgenden Themenfeldern konkretisiert werden:

- a) Nachhaltige Verkehrsentwicklung: Auswirkungen, Verfahren, Konsequenzen
- b) Klimaschutz, Energie und CO₂ im Verkehr
- c) Luftreinhaltung & Lärm, Emissionsfaktoren und reale Fahrmuster
- d) Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs, Kostenwahrheit und Internalisierung
- e) Rad- und Fußverkehr
- f) Umweltbildung, Monitoring und Evaluation
- g) Soziale Exklusion und Umweltgerechtigkeit im Verkehrsbereich

Die Ergebnisse der dazu durchgeführten Untersuchungen sowie ausgewählter studentischer Arbeiten sollen im Rahmen dieser „Verkehrsökologischen Schriftenreihe“ einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Damit möchten wir einerseits die fachliche Diskussion zu Problemstellungen einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung und andererseits den offenen Zugang zu Wissen und Informationen unterstützen.

Die in dieser Ausgabe vorgestellte Diplomarbeit von Herrn Ralf Langer beschäftigt sich mit der Sicherheit des Radverkehrs im innerstädtischen Kontext. Konkret wurde der Bereich der freien Strecke hinsichtlich der Gefährdung von Radfahrern im Längsverkehr untersucht. Die Arbeit widmet sich der Untersuchung von seitlichen Überholabständen von Radfahrern durch motorisierte Fahrzeuge. In einem Feldversuch wurden mit einem videobasierten Versuchsaufbau Daten während der Fahrt erhoben und statistisch ausgewertet. Es konnten signifikante Einflussfaktoren auf die realisierten Überholabstände durch Kfz nachgewiesen werden. Dabei zeigte sich auch, dass die rechtlich und planerisch angegebenen Werte im Mittel häufig unterschritten werden. Die Arbeit ist damit eine wertvolle Informationsquelle, wenn es um die Beurteilung der Radverkehrsführung in städtischen Räumen geht. Eine subjektiv und objektiv sichere Radverkehrsführung ist ein zentraler Baustein einer erfolgreichen Radverkehrsförderung. Gerade auf eher schmalen Querschnitten ist die Anlage von Schutzstreifen beziehungsweise eine Führung des Radverkehrs im Mischverkehr ohne Markierung auf Basis der Ergebnisse dieser Arbeit zu diskutieren.

Insgesamt ist es Herrn Ralf Langer überzeugend gelungen, die Diskrepanz zwischen geforderten und realisierten seitlichen Überholabständen aufzuzeigen und Einflussfaktoren auf das Überholverhalten von Kfz-Führern valide zu bestimmen. Wir danken Ihr aus diesem Grund für die sehr gründliche und überaus engagierte Bearbeitung des Themas.

BIBLIOGRAFISCHER NACHWEIS

Langer, Ralf

Seitlicher Überholabstand von Radfahrern durch den motorisierten Verkehr – Empirische Analyse mit Hilfe von Kameradaten

Diplomarbeit

Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie

Studiengang Verkehrsingenieurwesen

148 Seiten – 34 Abbildungen – 15 Tabellen – 43 Quellen – 1 CD

Davon im Anhang: 38 Seiten – 24 Abbildungen – 31 Tabellen

ZUSAMMENFASSUNG

Die Sicherheit des Radverkehrs im innerstädtischen Kontext ist ein bedeutsames Thema. Bislang konzentrierte sich die Betrachtung fast immer nur auf das Unfallgeschehen an Knotenpunkten. Der Bereich der freien Strecke hinsichtlich der Gefährdung der Radfahrer durch überholende Fahrzeuge wurde bisher kaum einbezogen und daher wenig erforscht. Die Arbeit widmet sich der Untersuchung von Abständen beim Überholen von Radfahrern durch motorisierte Fahrzeuge. Zu Beginn wird die Hypothese aufgestellt, dass die in der Praxis auftretenden Sicherheitsabstände zwischen Fahrzeugen und Radfahrern geringer sind, als die planerisch und rechtlich vorgegebenen Werte. In einem Feldversuch wurden mit einem eigens entwickelten Messverfahren Daten empirisch erhoben und statistisch ausgewertet. Frühere Forschungsarbeiten und geltende Regelwerke sowie rechtliche Festlegungen dienten anschließend als Grundlage und Vergleichsbasis bei der Einschätzung der empirischen Daten. Diese wurden im Messverfahren durch Videoaufnahmen ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die gemessenen Werte im Mittel so gut wie immer unter den rechtlich und planerisch angegebenen Werten lagen. Die Fahrzeugführer neigten zu geringen und teilweise zu gefährlichen Sicherheitsabständen. In der Untersuchung wirkten verschiedenste Einflussfaktoren auf die Messdaten. Es konnte herausgefunden werden, dass beispielsweise das Vorhandensein von Gegenverkehr einen entscheidenden Einfluss auf die Größe des gewählten Abstands hat.

EXECUTIVE SUMMARY

The safety of cycle traffic in urban areas is an important topic. Until now contemplation almost always focused on accident occurrences on junctions only. The range of free haul and its danger for cyclists resulting from overtaking vehicles have barely been incorporated and are thus underexplored. This dissertation is dedicated to the observation of safety distances of motorized vehicles, when overtaking cyclists. At the beginning, the assumption is, that the safety margins between vehicles and cyclists, occurring in the field, are smaller than the legitimately predetermined values. With the help of a specially developed measurement method, data was empirical collected and statistically analysed in a field trial. Former researches, valid sets of rules and legal commitments served as a fundament as well as a basis of comparison for the evaluation of empirical data, which was determined by measuring methodes through video footage. It was found that the measured values were almost always below the legally given values and vehicle operators even tended to dangerously reduce their safety margins. During the study, it became obvious that different factors had an effect on the measurement data. For example the decisive influence of oncoming traffic on the amount of clearance.

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
Symbolverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Vorbemerkung	1
1.2 Problemstellung und Ziele	1
1.3 Stand der Forschung.....	2
1.3.1 Vorbemerkung	2
1.3.2 Infrastruktur und Eigenarten des Radverkehrs	2
1.3.3 Seitlicher Überholabstand als rechtlicher Wert	7
1.3.4 Nationale Untersuchungen	14
1.3.5 Internationale Untersuchungen.....	21
1.3.6 Zusammenfassung	27
1.4 Abgrenzung der Arbeit.....	30
1.5 Methodik	31
2 Ausgangslage	33
2.1 Vorbemerkung	33
2.2 Charakteristika und Auswahl der Messstrecken	33
2.2.1 Allgemeines zur Auswahl der Messstrecken	33
2.2.2 Ermitteln der Charakteristika der Messstrecken	34
2.3 Unfallbetrachtung	36
3 Feldversuch.....	41
3.1 Vorbemerkung	41
3.2 Versuchsaufbau	42
3.3 Stichprobenumfang	44

3.4	Praktische Durchführung und Datenerhebung	46
3.5	Fehlerbetrachtung.....	52
3.6	Verbesserungsmöglichkeiten des Messverfahrens und Ausblick.....	54
4	Auswertung und Ergebnisse.....	55
4.1	Durchführung der statistischen Analyse	55
4.2	Ergebnisse der Kernuntersuchung.....	62
4.2.1	Deskriptive Statistik	62
4.2.2	Ergebnisse der linearen Regression.....	64
4.2.3	Einfluss der Merkmalsausprägungen	68
4.2.4	Einfluss des Gegenverkehrs	71
4.2.5	Einfluss der Verkehrsmengen	72
4.2.6	Einfluss von Kernfahrbahnbreite	73
4.2.7	Einfluss von Schutzstreifenbreite.....	74
4.2.8	Einfluss der Fahrzeugart	75
4.2.9	Einfluss der Geschwindigkeiten.....	76
4.3	Ergebnisse der Nebenuntersuchung.....	77
4.3.1	Abgrenzung und deskriptive Statistik.....	77
4.3.2	Vergleich der Führungsformen.....	77
4.4	Zusammenfassung, Bewertung und Interpretation der Ergebnisse	78
5	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	83
5.1	Schlussfolgerungen	83
5.2	Handlungsempfehlungen.....	83
5.3	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	84
	Literaturverzeichnis	85
	Eidesstattliche Erklärung	91
	Verzeichnis der Anhänge	93

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1-1:	Anlage eines Schutzstreifens gemäß ERA	5
Abb. 1-2:	Anlage eines Radfahrstreifens gemäß ERA.....	5
Abb. 1-3:	Überholtypen auf zweistreifigen Straßen innerorts	7
Abb. 1-4:	Abstände beim Fahrradfahren im Straßenverkehr	8
Abb. 1-5:	Messanordnung der Videoerhebung	16
Abb. 1-6:	ÜHA zwischen Kfz und Radfahrern mit und ohne Gegenverkehr.....	17
Abb. 1-7:	ÜHA zwischen Kfz und Radfahrern in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit.....	17
Abb. 1-8:	Bewertungsbereiche des seitlichen ÜHA.....	18
Abb. 1-9:	Mittelwerte der ÜHV nach Merkmalen.....	21
Abb. 1-10:	Bekleidungsstypen.....	24
Abb. 1-11:	Ablaufschema	32
Abb. 2-1:	Datenblattbeispiel Messstrecke 1	35
Abb. 2-2:	Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden	37
Abb. 2-3:	Sonderkarte Radverkehr.....	38
Abb. 2-4:	Ende des Radwegs Chemnitzer Straße.....	39
Abb. 3-1:	Komplexes Ablaufschema des Feldversuchs	41
Abb. 3-2:	Versuchsaufbau.....	42
Abb. 3-3:	Geometrie im Straßenraum.....	43
Abb. 3-4:	Kreidestrichmarkierung auf der Fahrbahn	47
Abb. 3-5:	Auswerteschablone	48
Abb. 3-6:	Ablesevorgang zur Ermittlung des seitlichen ÜHA	51
Abb. 3-7:	Ablesevorgang zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Kfz.....	51
Abb. 4-1:	Ablaufschema der Auswertung	57
Abb. 4-2:	Beispiel Boxplott-Diagramm.....	59
Abb. 4-3:	Histogramm seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)	63
Abb. 4-4:	Seitlicher ÜHA nach Straßen und Merkmalsausprägungen	68
Abb. 4-5:	Seitlicher ÜHA nach Merkmalsausprägungen.....	70
Abb. 4-6:	Seitlicher ÜHA nach Straßen und Vorhandensein von Gegenverkehr	71
Abb. 4-7:	Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zu DTVw bzw. SV-Anteil.....	72
Abb. 4-8:	Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zur Kernfahrbahnbreite	73
Abb. 4-9:	Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zur Schutzstreifenbreite (ohne Rinne).....	74
Abb. 4-10:	Seitlicher ÜHA nach Straße und Fahrzeugart.....	75

Abb. 4-11:	Seitlicher ÜHA nach Geschwindigkeiten des Kfz.....	76
Abb. 4-12:	Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zur Führungsform des Radverkehrs.....	78

Im Anhang (i. A.):

Abb. i. A. 1-1:	Boltenhagener Straße mit Querschnitt A-A.....	A-1-3
Abb. i. A. 1-2:	Streckenabschnitte Boltenhagener Straße.....	A-1-3
Abb. i. A. 1-3:	Chemnitzer Straße mit Querschnitt B-B.....	A-1-4
Abb. i. A. 1-4:	Streckenabschnitte Chemnitzer Straße.....	A-1-4
Abb. i. A. 1-5:	Karl-Marx-Straße mit Querschnitt C-C.....	A-1-5
Abb. i. A. 1-6:	Streckenabschnitte Karl-Marx-Straße.....	A-1-5
Abb. i. A. 1-7:	Karl-Marx-Straße mit Querschnitt D-D.....	A-1-6
Abb. i. A. 1-8:	Streckenabschnitte Karl-Marx-Straße.....	A-1-6
Abb. i. A. 1-9:	Lennéstraße mit Querschnitt E-E.....	A-1-7
Abb. i. A. 1-10:	Streckenabschnitte Lennéstraße.....	A-1-7
Abb. i. A. 1-11:	Lennéstraße mit Querschnitt F-F.....	A-1-8
Abb. i. A. 1-12:	Streckenabschnitte Lennéstraße.....	A-1-8
Abb. i. A. 1-13:	Wiener Straße mit Querschnitt G-G.....	A-1-9
Abb. i. A. 1-14:	Streckenabschnitte Wiener Straße.....	A-1-9
Abb. i. A. 2-1:	Querschnitt A-A - Boltenhagener Straße (3D).....	A-2-1
Abb. i. A. 2-2:	Querschnitt B-B - Chemnitzer Straße (3D).....	A-2-1
Abb. i. A. 2-3:	Querschnitt C-C - Karl-Marx-Straße (3D).....	A-2-2
Abb. i. A. 2-4:	Querschnitt D-D - Karl-Marx-Straße (3D).....	A-2-2
Abb. i. A. 2-5:	Querschnitt E-E – Lennéstraße (3D).....	A-2-2
Abb. i. A. 2-6:	Querschnitt F-F – Lennéstraße (3D).....	A-2-3
Abb. i. A. 2-7:	Querschnitt G-G - Wiener Straße (3D).....	A-2-3
Abb. i. A. 6-1	Verteilungsfunktion des seitlichen ÜHA (ohne Außenspiegel).....	A-6-1
Abb. i. A. 6-2:	Verteilungsfunktion des seitlichen ÜHA (mit Außenspiegel).....	A-6-2
Abb. i. A. 7-1:	Normalverteiltes Q-Q Diagramm.....	A-7-1

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1-1:	Führungsformen des Radverkehrs Teil 1	3
Tab. 1-2:	Führungsformen des Radverkehrs Teil 2	4
Tab. 1-3:	Abstände nach Gerichtsurteilen	12
Tab. 2-1:	Messstreckenauswahl	34
Tab. 2-2:	Unfälle in Dresden der Jahre 2012-2014	36
Tab. 3-1:	Ermittlung des Stichprobenumfangs	45
Tab. 3-2:	Erreichter Stichprobenumfang.....	46
Tab. 3-3:	Aufnahmezeiten	49
Tab. 4-1:	Auswahl der untersuchungsrelevanten Einflussfaktoren	56
Tab. 4-2:	Deskriptive Statistiken des seitlichen ÜHA.....	62
Tab. 4-3:	Deskriptive Statistiken der Einflussfaktoren	64
Tab. 4-4:	Lineare Regression: Modellübersicht	65
Tab. 4-5:	Lineare Regression: ANOVA	65
Tab. 4-6:	Lineare Regression: Koeffizienten	67
Tab. 4-7:	Statistiken des seitlichen ÜHA nach den Führungsformen	77

Im Anhang (i. A.):

Tab. i. A. 1-1:	Tabelle Messstreckeneigenschaften	A-1-2
Tab. i. A. 3-1:	Datenblatt Kamera Nr. 1	A-3-1
Tab. i. A. 3-2:	Datenblatt Kamera Nr. 2.....	A-3-2
Tab. i. A. 5-1:	Variablen und deren Zuordnung Teil 1	A-5-1
Tab. i. A. 5-2:	Variablen und deren Zuordnung Teil 2	A-5-2
Tab. i. A. 5-3:	Variablen und deren Zuordnung Teil 3	A-5-3
Tab. i. A. 6-1:	Häufigkeiten seitlicher ÜHA (ohne Berücksichtigung der Außenspiegel ...	A-6-1
Tab. i. A. 6-2:	Häufigkeiten seitlicher ÜHA (mit Berücksichtigung der Außenspiegel.....	A-6-2
Tab. i. A. 7-1:	Kolmogorow-Smirnow-Test.....	A-7-1
Tab. i. A. 7-2:	Explorative Datenanalyse: Tests auf Normalverteilung	A-7-2
Tab. i. A. 8-1:	Deskriptive Statistik nach Straße und Merkmalsausprägungen	A-8-1
Tab. i. A. 8-2:	ANOVA der Merkmalsausprägungen „ohne Helm“ und „mit Helm“	A-8-1
Tab. i. A. 8-3:	ANOVA der Merkmalsausprägungen „ohne Helm“ und „mit Anhänger“ ..	A-8-2
Tab. i. A. 8-4:	ANOVA der Merkmalsausprägungen „ohne Helm“ und „mit Warnweste“	A-8-2

Tab. i. A. 9-1: Deskriptive Statistik nach Straße und Gegenverkehr	A-9-3
Tab. i. A. 9-2: ANOVA des Einflusses des Gegenverkehrs	A-9-3
Tab. i. A. 10-1: Deskriptive Statistik nach Straße und DTVw	A-10-4
Tab. i. A. 10-2: ANOVA des Einflusses des DTVw.....	A-10-4
Tab. i. A. 10-3: Post-hoc-Test des Einflusses des DTVw	A-10-4
Tab. i. A. 11-1: Deskriptive Statistik nach Straße und SV-Anteil.....	A-11-5
Tab. i. A. 11-2: ANOVA des Einflusses des SV-Anteils	A-11-5
Tab. i. A. 11-3: Post-hoc-Test des Einflusses des SV-Anteils.....	A-11-5
Tab. i. A. 12-1: Deskriptive Statistik nach Kernfahrbahnbreite	A-12-6
Tab. i. A. 12-2: ANOVA des Einflusses der Kernfahrbahnbreite	A-12-6
Tab. i. A. 12-3: Post-hoc-Test des Einflusses der Kernfahrbahnbreite	A-12-6
Tab. i. A. 13-1: Deskriptive Statistik nach Schutzstreifenbreite.....	A-13-7
Tab. i. A. 13-2: ANOVA des Einflusses der Schutzstreifenbreite	A-13-7
Tab. i. A. 13-3: Post-hoc-Test des Einflusses der Schutzstreifenbreite	A-13-8
Tab. i. A. 14-1: Deskriptive Statistik nach Straße und Fahrzeugart.....	A-14-9
Tab. i. A. 14-2: ANOVA des Einflusses der Fahrzeugart	A-14-9
Tab. i. A. 14-3: Post-hoc-Test des Einflusses der Fahrzeugart.....	A-14-10

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
Abb. i. A.	Abbildung im Anhang
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.
ANOVA	einfaktorielle Varianzanalyse (englisch: <i>analysis of variance</i>)
Az.	Aktenzeichen
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BGH	Bundesgerichtshof
DTVw	durchschnittlicher werktäglicher Verkehr
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
i. A.	im Anhang
Kfz	Kraftfahrzeug
LG	Landesgericht
Lkw	Lastkraftwagen
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	motorisierter Individualverkehr
M Uko	Merkmale zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen
OLG	Oberlandesgericht
Pkw	Personenkraftwagen
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
StVO	Straßenverkehrsordnung
SV-Anteil	Schwerverkehrsanteil
Tab.	Tabelle
Tab. i. A.	Tabelle im Anhang
TU	Technische Universität
ÜHA	Überholabstand
ÜHV	Überholvorgang
vgl.	vergleiche
VwV-StVO	Verwaltungsvorschrift der Straßenverkehrsordnung

SYMBOLVERZEICHNIS

b_{An}	Breite des Fahrradanhängers
b_{Kfz}	Breite des Kfz (ohne Außenspiegel)
b_{KfzS}	Breite des Kfz (mit Außenspiegel)
b_L	Lenkerbreite Fahrrad
b_{SS}	Breite des Schutzstreifens (ohne befahrbarer Rinne)
b_{SSR}	Breite des Schutzstreifens (mit befahrbarer Rinne)
$b_{\bar{U}SS}$	Breite des Überstands des Außenspiegels (über Karosserie)
$\bar{b}_{\bar{U}SS}$	mittlere Breite des Überstands des rechten Außenspiegels
d_{Kfz}	Abstand zwischen Kfz und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
d_{mess}	gemessener Abstand zwischen Fahrradreifen und Kfz
d_{Rad}	Abstand zwischen Fahrradreifen und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
d_r	relativer Stichprobenfehler
$d_{S\bar{U}HA}$	seitlicher Überholabstand (ohne Berücksichtigung des Außenspiegels)
$d_{S\bar{U}HAS}$	seitlicher Überholabstand (mit Berücksichtigung des Außenspiegels)
f_{pS}	Bilder pro Sekunde (Aufnahmemedium)
f_{t1}	Bildnummer zum Zeitpunkt t_1
f_{t2}	Bildnummer zum Zeitpunkt t_2
k	Genauigkeitsfaktor, abhängig von der Verteilung und der statistischen Sicherheit
μ	Mittelwert der Grundgesamtheit
n	minimal erforderlicher Stichprobenumfang
σ	Standardabweichung der Grundgesamtheit
s_M	Messweg
V	Variationskoeffizient
v	Geschwindigkeit

1 EINLEITUNG

1.1 VORBEMERKUNG

In Dresden hat sich der Anteil des Radverkehrs in der Vergangenheit immer wieder leicht erhöht [vgl. RANDELHOFF 2012]. Die Sicherheit ist dabei ein wichtiges Thema. Um diese jedoch beurteilen zu können, ist die Kenntnis über deren Zusammenhänge Voraussetzung. Gerade im Straßenverkehr – speziell im Radverkehr - spielt eine nicht unerhebliche Anzahl an Einflussfaktoren eine Rolle. Offensichtlich ist, dass die Gestaltung der Radverkehrsanlage, das Verhalten der Verkehrsteilnehmer oder auch das Wetter Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben. Die Kenntnis über diese Einflüsse und dessen Einschätzung ist eine Grundlage, um Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ableiten zu können. Überholvorgänge (ÜHV) zwischen Kraftfahrzeugen (Kfz) und Radfahrern spiegeln so einen Einfluss wieder.

Die empfundene Sicherheit stellt aber auch einen wichtigen Fakt dar. Beispielsweise führen mangelnde Sicherheitsabstände zum Erschrecken der Radfahrer. Durch eine abrupt geöffnete Autotür entsteht sehr schnell eine reale Gefahrensituation. Wenn Radfahrer so etwas öfter erleben, kann das auch dazu führen, dass diese Menschen nicht mehr gern Fahrrad fahren. [RADLOBBY 2015]

1.2 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELE

Die zentrale Grundsatzfrage dieser Arbeit ist, ob Radfahrer im Straßenverkehr mit einem zu geringen seitlichen Überholabstand (ÜHA) durch Kfz überholt werden. Ziel ist es zu überprüfen, ob diese Hypothese stimmt und welche Einflüsse darauf wirken. Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit ÜHV im Stadtgebiet Dresdens in einem Feldversuch näher analysiert. Gegenstand der Untersuchung ist es zunächst ÜHV im Straßenverkehr videot technisch zu erfassen. Die technische Umsetzung und deren empirische Datenaufnahme ist dabei der erste zentrale Bestandteil. Dabei sollen Einflussfaktoren variiert werden, um später mögliche Zusammenhänge ermitteln zu können. Dazu zählen beispielsweise die Querschnittsform oder das Erscheinungsbild des Radfahrers. Folgende Fragestellungen sollen in der Untersuchung erörtert werden:

- Wie kann man seitliche ÜHA mittels Videoaufnahmen messen? Welche Art der Aufnahmemöglichkeiten gibt es?

- Wie kann man aus Videoaufnahmen mit hinreichender Genauigkeit Distanzen bzw. Abstände überhaupt ermitteln?
- Sind die ermittelten seitlichen ÜHA geringer als die rechtlich und planerisch geforderten Werte? Resultieren daraus eventuell Sicherheitsdefizite?
- Welcher planerische und rechtliche Wert für den seitlichen ÜHA erscheint überhaupt sinnvoll und in der Praxis umsetzbar? Durch welche Maßnahmen könnte dieser eingehalten werden?
- Welche Einflussfaktoren beeinflussen den seitlichen ÜHA? Welche Folgen entstehen dabei für die Verkehrssicherheit? Welche Faktoren haben keinen Einfluss?

Am Ende der Arbeit besteht außerdem das Ziel Handlungsempfehlungen aus Sicht der Verkehrssicherheit aus den Ergebnissen der Analyse abzuleiten und den weiteren Forschungsbedarf zu thematisieren.

1.3 STAND DER FORSCHUNG

1.3.1 Vorbemerkung

Das Themengebiet im Kapitel „Stand der Forschung“ soll alle relevanten Fakten zum Thema dieser Arbeit aufzeigen. Angefangen wird mit der Vorstellung von Grundlagen der Radverkehrsinfrastruktur. Danach wird auf die physikalischen Eigenheiten des Radfahrens eingegangen. Anschließend folgen die rechtlichen und planerischen Festlegungen zu Abständen beim Radfahren. Abschließend werden Untersuchungen nationaler und internationaler Art aufgezeigt, um danach anschließend im Kapitel 1.4 die Arbeit thematisch abzugrenzen und in den aktuellen wissenschaftlichen Kontext einzuordnen.

1.3.2 Infrastruktur und Eigenarten des Radverkehrs

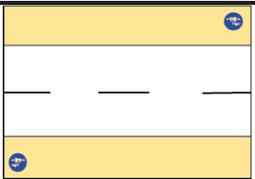
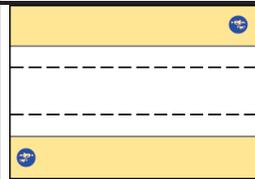
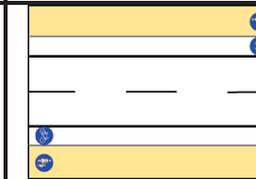
Allgemeines zu Führungsformen

Die Kenntnis über die Infrastruktur der Radverkehrsanlagen ist grundlegende Voraussetzung, um später ÜHV auf den verschiedenen Führungsformen beurteilen zu können. Auf welche Art und Weise innerorts Radverkehrsanlagen angelegt werden, regeln die Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt) und sehr detailliert die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA). Die genannten Richtlinien sind planungsrechtlich relevant und stellen zusammen mit

der Straßenverkehrsordnung (StVO) und deren Verwaltungsvorschrift (VwV-StVO) den aktuellen Stand der Technik dar. Führungsformen des Radverkehrs, die nicht innerorts bzw. im relevanten städtischen Kontext vorkommen, werden in dieser Arbeit nicht behandelt.

Tab. 1-1 und Tab. 1-2 zeigen eine Übersicht über die wichtigsten Führungsformen aus diesen Regelwerken. Dabei sind Prinzipskizzen und die Breitenangaben angegeben. Grundsätzlich wird dabei unterschieden, ob Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn, im Seitenbereich oder auf anderen Flächen geführt werden. Weitere Kriterien sind, ob Radverkehrsanlagen einseitig bzw. zweiseitig angelegt werden und ob Einrichtungs- bzw. Zweirichtungsverkehr stattfinden soll.

Zu den Führungsformen auf der Fahrbahn zählen der Mischverkehr und der Radfahrstreifen. Die Führungsform des Mischverkehrs mit Markierung wird dabei als Schutzstreifen oder Angebotsstreifen¹ bezeichnet. Die Trennung zum Kfz-Verkehr ist dabei als „weich“² anzusehen. Führungsformen im Seitenbereich unterliegen dabei einer „harten“³ Trennung. Diese kann beispielsweise durch Vorhandensein eines Bordes erreicht werden. Die Formen der Radwege gehören dieser Gruppe an. Diese werden nicht weiter betrachtet, da sie für die weiteren Erkenntnisse dieser Arbeit nicht relevant sind. Weitere Formen bzw. Spezialformen, wie beispielsweise die Fahrradstraße, werden nicht erläutert. [FGSV 2006] und [FGSV 2010] Die Einsatzkriterien der Führungsformen sind in [FGSV 2010, 19] festgelegt.

Radverkehrsinfrastruktur				
Art		auf der Fahrbahn		
		Mischverkehr		Trennung durch Markierung
		Mischverkehr (ohne Markierung)	Schutzstreifen	Radfahrstreifen
Breite [m]	Regelmaß	-	1,50	1,85
	Mindestmaß	-	1,25	
Prinzipskizze				

Tab. 1-1: Führungsformen des Radverkehrs Teil 1 (eigene Darstellung nach [FGSV 2010] und [FGSV 2006])

¹ Die Begriffe Schutzstreifen und Angebotsstreifen werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

² Als „weiche“ Trennung wird die durch eine Markierung ausgeführte Teilung des Verkehrsraums zwischen Radverkehr und Kfz-Verkehr bezeichnet.

³ Als „harte“ Trennung wird dagegen der Verkehrsraum bezeichnet, welche den Radverkehr vom Kfz-Verkehr baulich separiert.

Radverkehrsinfrastruktur					
Art		auf dem Gehweg			
		bauliche Trennung vom Kfz-Verkehr			
		Einrichtungsrادweg	gemeinsamer Geh- und Radweg	Zweirichtungsrادweg	
einseitig	zweiseitig				
Breite [m]	Regelmaß	2,00	≥ 2,50	3,00	2,50
	Mindestmaß	1,60		2,50	2,00
Prinzipskizze					

Tab. 1-2: Führungsformen des Radverkehrs Teil 2 (eigene Darstellung nach [FGSV 2010] und [FGSV 2006])

Mischverkehr ohne Markierung

Im Mischverkehr wird der Radverkehr ohne Anlage einer sichtbaren Radverkehrsanlage geführt. Auf Straßen mit geringer Verkehrsstärke und niedrigem Geschwindigkeitsniveau wird diese Führungsform eingesetzt. Typischer Anwendungsfall ist beispielsweise die Tempo-30-Zone. [FGSV 2006, 83]

Schutzstreifen

Da im späteren Verlauf der Arbeit ÜHV auf Schutzstreifen behandelt werden, werden diese im Folgenden näher betrachtet. Schutzstreifen sind ein Teil der Fahrbahn, aber dennoch kein eigener Fahrstreifen. Sie dürfen im Bedarfsfall von Kfz unter Ausschluss der Gefährdung von Radfahrern befahren werden. Angelegt wird diese Führungsform meist an Stellen, an denen für die Anlage eines Radfahrstreifens bzw. eines Radwegs kein Platz vorhanden ist. Grundsätzlich herrscht auf Schutzstreifen ein Parkverbot. Sie werden durch Leitlinien mit einem Strichlückenverhältnis von 1/1 mit einem Schmalstrich markiert. Zu beachten gilt, dass bei zweistreifigen Straßen mit Schutzstreifen eine verbleibende Kernfahrbahnbreite von 4,50 m nicht unterschritten werden sollte, um den Begegnungsfall zwischen zwei Personenkraftwagen (Pkw) ohne Befahrung des Schutzstreifens sicherzustellen. Lastkraftwagen (Lkw) können dabei auf den Schutzstreifen ausweichen, soweit es die Verkehrssituation bedingt. Eine Gefährdung der Radfahrer ist in jedem Fall auszuschließen. Zu geringe oder ungünstige Breitenverhältnisse könnten eine dauerhafte Befahrung der Schutzstreifenmarkierung hervorrufen, welche dann zu erhöhtem Verschleiß führen kann. [FGSV 2010, 22 f.] und [FGSV 2006, 83] Die Abb. 1-1 zeigt eine ordnungsgemäße Anordnung eines Schutzstreifens nach den ERA.

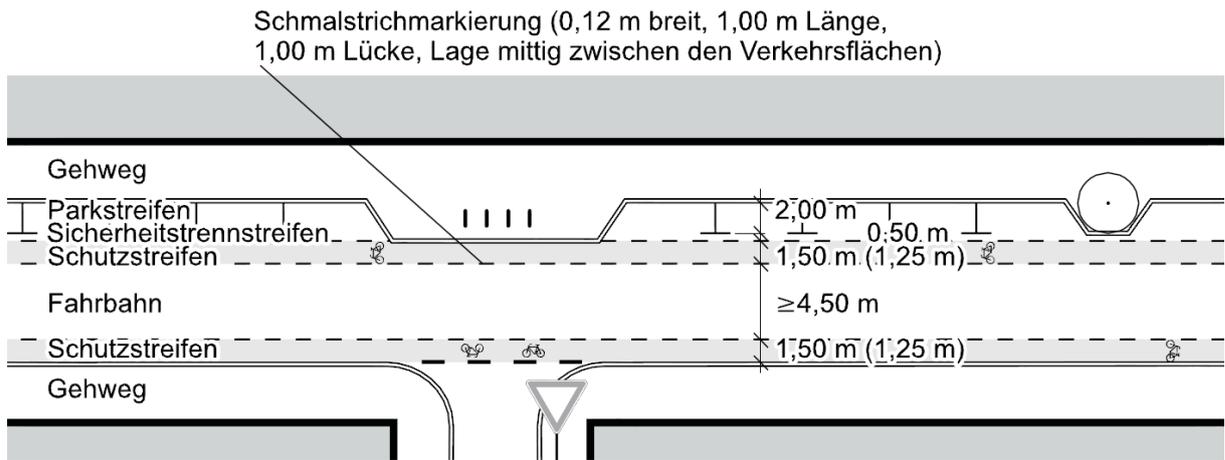


Abb. 1-1: Anlage eines Schutzstreifens gemäß ERA [FGSV 2010, 22]

Radfahrstreifen

Radfahrstreifen sind gemäß [FGSV 2010, 23] Sonderfahrstreifen, welche einer ständigen Benutzungspflicht unterliegen. Im Gegensatz zum Schutzstreifen, darf der Radfahrstreifen durch den Kfz-Verkehr nicht befahren werden⁴. Sie werden durch eine Breitstrichmarkierung vom Kfz-Fahrstreifen abgetrennt und müssen grundsätzlich durch Verkehrszeichen Z 237 beschildert werden. Abb. 1-2 zeigt die ordnungsgemäße Anlage eines Radfahrstreifens nach den ERA. Weitere Merkmale sind in den ERA bzw. der RASSt zu finden. [FGSV 2010, 23 f.]

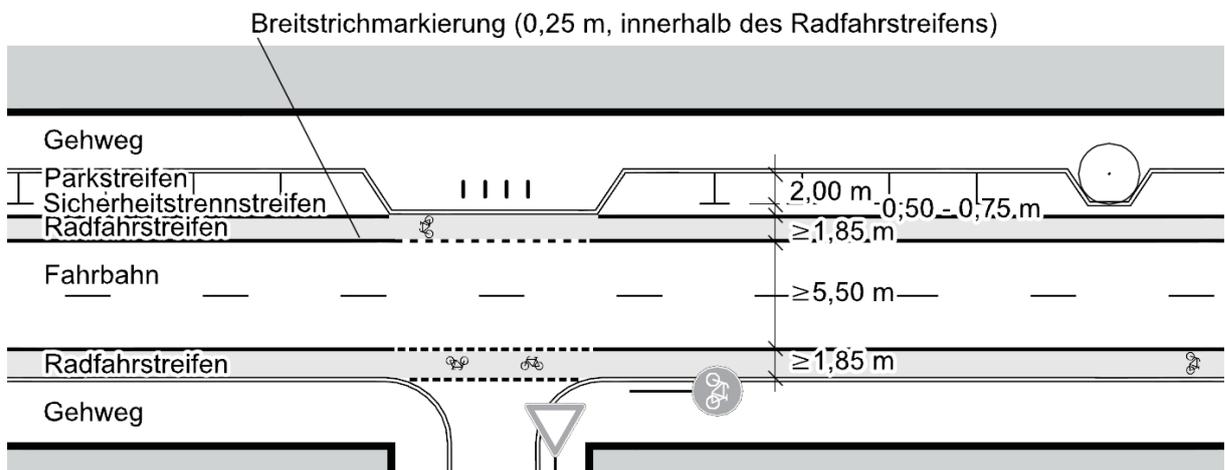


Abb. 1-2: Anlage eines Radfahrstreifens gemäß ERA [FGSV 2010, 23]

Benutzungspflicht

Nach der StVO müssen gemäß § 2 Abs. 4 nur Radverkehrsanlagen benutzt werden, die „durch Zeichen 237, 240 oder 241“ [STVO 2013] gekennzeichnet sind. Alle anderen Radverkehrsanlagen können, müssen aber nicht benutzt werden. Dort ist das Fahren auf der Fahrbahn generell

⁴ Ausnahmen sind Befahrung zum Erreichen von Parkständen bzw. Grundstückseinfahrten.

erlaubt. Durch das Aufstellen des Zusatzzeichens „Radfahrer frei“, können Gehwege für Radfahrer mitbenutzt werden. Diese dürfen jedoch nur unter besonderer Rücksicht auf Fußgänger und nur mit Schrittgeschwindigkeit durch die Radfahrer genutzt werden. [SLUKA 2013]

Radfahren aus physikalischer Sicht

Radfahrer befinden sich ebenso wie Kraftfahrer im physikalischen Raum. Sie sind aber im Gegensatz zum Kfz-Verkehr nicht spurstabil und sind einem höheren Gefährdungspotential ausgesetzt [ADFC 2016, 5]. Radfahrer folgen in der Regel einer Fahrlinie, können diese aber nicht spurgetreu halten und pendeln um diese. Dieser Effekt entsteht durch Lenkbewegungen des Radfahrers, damit dieser sich im Gleichgewicht halten kann. Beispielsweise durch Einflüsse, wie Windbewegungen, benötigen Radfahrer durch daraus resultierende Pendelbewegungen einen größeren Platzbedarf. Dieser Platzbedarf ist dabei unter anderem von der Geschwindigkeit, der Geometrie des Fahrrads, den Fähigkeiten des Radfahrers und den Luftbewegungen durch Wind oder Kfz abhängig. Der Radfahrer kennt seine eigenen Fähigkeiten und kann diese gut einschätzen. Auch die Eigenarten seines Fahrrads sind ihm bekannt. Faktoren wie Alter, Geschlecht und Erfahrungen sind individuelle Eigenschaften des Radfahrers, die sich bei jedem Menschen unterscheiden.

Dinge auf die er sich primär nicht einstellen kann, sind die Luftbewegungen im Raum. Diese werden vorwiegend durch Winde und Kfz-Bewegungen ausgelöst. Diese wiederum hängen von der Gestaltung des umgebenden Raumes ab. So können beispielsweise große Häuser Schluchten andere Windbewegungen herbeiführen als freie Plätze. Das Vorbeifahren von Kfz führt zu deutlichen Druckschwankungen und hat einen Einfluss auf den Radfahrer. Winde und Kfz führen dabei meistens zu einem Versatz des Radfahrers. Die Stärke der Luftbewegungen ist entscheidend. So braucht ein Radfahrer bei orkanartigen Winden einen höheren Platzbedarf als bei Windstille. Mit zunehmender Geschwindigkeit der Kfz erhöhen sich die Druckschwankungen und somit der Einfluss auf den Radfahrer.

Es gibt also zwei entscheidende Möglichkeiten die Kräfte auf den Radfahrer zu beeinflussen. Eine Geschwindigkeitsreduktion wirkt ebenso wie eine Vergrößerung des seitlichen ÜHA. [ADFC 2010, 2 f.]

Der ÜHV zwischen Kfz und Radfahrer im öffentlichen Straßenraum

Je nach Straßenkategorie gibt es im öffentlichen Straßenraum verschiedene ÜHV. Dabei wird ausschließlich das Überholen eines Radfahrers mittels Kfz aufgezeigt. Nach Abb. 1-3 gibt es dabei auf einbahnig zweistreifigen Straßen innerorts vier Überholtypen, die sehr oft vorkommen. Straßen mit mehr als zwei Fahrstreifen oder Straßen mit Mittelstreifen bzw. Bahnkörper in Mittellage sind dabei nicht berücksichtigt. Ein Radfahrer kann im Straßenraum von einem Fahrzeug ohne Gegenverkehr überholt werden (Überholtyp 1). Sobald Gegenverkehr auftritt, kann dieser in drei Ausprägungen existieren. Dabei können ein Radfahrer (Überholtyp 2) oder ein Kfz (Überholtyp 3) einzeln oder dessen Kombination (Überholtyp 4) als Gegenverkehr existieren.

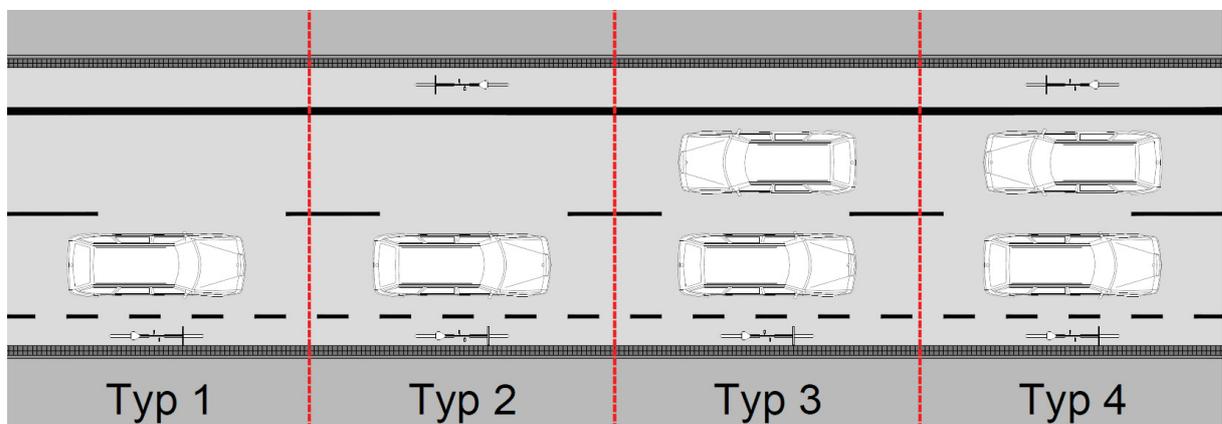


Abb. 1-3: Überholtypen auf zweistreifigen Straßen innerorts

1.3.3 Seitlicher Überholabstand als rechtlicher Wert

Allgemeines zu Abständen

Der Allgemeine Deutsche Fahrrad-Club e.V. (ADFC) beschreibt in [ADFC 2016, 1] seitliche Sicherheitsabstände beim Fahrradfahren. Beispiel für vorhandene Abstände sind in Abb. 1-4 definiert. Dabei werden immer die Abstandsmaße vom Radfahrer aus betrachtet. Der Abstand vom Radfahrer zu anderen Gegenständen im Straßenraum wird dabei in Querrichtung⁵ vom jeweils äußersten Punkt des Radfahrers gemessen.

⁵ Aus der Sicht des Radfahrers.

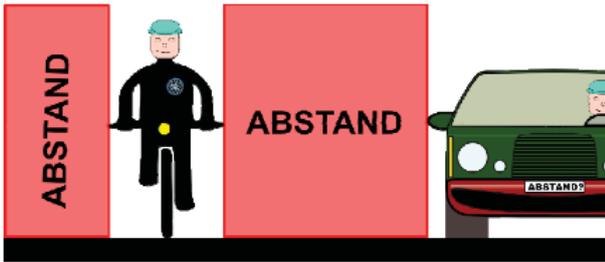


Abb. 1-4: Abstände beim Fahrradfahren im Straßenverkehr [ADFC 2016, 1]

Seitliche Sicherheitsabstände sind zu beachten, sobald Radfahrer an Gegenständen vorbeifahren, überholen oder selbst überholt werden. Dies kann auf Fahrbahnen, Schutzstreifen, Radfahrstreifen und Radwegen bzw. gemeinsamen Rad-Gehwegen oder freigegebenen Fußwegen geschehen. Aber auch das Vorbeifahren an Straßeneinbauten und Fußgängern sowie parkenden Fahrzeugen ist dabei relevant. Weitere Abstände gibt es beispielhaft zu baulichen Begrenzungen, wie Bordsteinen oder Gebäuden. Auch der Abstand zum Gegenverkehr bei ÜHV kann eine Rolle spielen. Er wurde in fünf Kategorien, ergänzt nach [ADFC 2010], eingeteilt:

- Seitenabstände Radfahrer zum Gehweg
- Seitenabstände zu parkenden Fahrzeugen
- Seitenabstände zum Fahrbahnrand
- Autofahrer überholen Radfahrer
- Radfahrer überholen sich untereinander.

Der Fall „Radfahrer überholt Auto“ spielt hierbei keine Rolle, da dieser im innerstädtischen Kontext bei freiem Verkehrsfluss kaum auftritt. Lediglich ist dies bei Rückstau an Lichtsignalanlagen (LSA) der Fall, an denen der Radfahrer auch Kfz überholen kann.

Unfallgeschehen

Im Unfallgeschehen der Radfahrer treten selten Unfälle im Längsverkehr auf der freien Strecke auf. Es kommt meistens eher zu Unfällen an Knotenpunkten [LIEB 2009, 7]. Aus diesem Grund treten fast keine Unfälle mit der Unfallursache „zu geringer seitlicher Sicherheitsabstand“ auf. Solche Unfälle führen meistens zu Verletzungen. Oft werden Unfälle auch durch eine Reaktion des Radfahrers vermieden. Zu geringe seitliche Abstände können, beispielsweise durch Erschrecken oder Ausweichen aufgrund von starken Luftbewegungen, zu Alleinunfällen führen. Diese Ursachen sind dann aber in keiner Unfallstatistik zu finden, da sie sehr schwer zu erfassen sind. [ADFC 2010, 1]

Gesetzliche Grundlagen

Überholen nach StVO

Das Überholen ist in der StVO klar geregelt. Nach § 1 Abs. 2 muss sich jeder Verkehrsteilnehmer so verhalten, „dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr, als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird“ [STVO 2013]. In § 2 Abs. 2 steht, dass Verkehrsteilnehmer „möglichst weit rechts“ [STVO 2013] zu fahren haben. Im Sinne des Radverkehrs muss nach § 5 Abs. 4 „die Gefährdung des nachfolgenden Verkehrs ausgeschlossen“ [STVO 2013] werden. Außerdem soll „beim Überholen [...] ein ausreichender Seitenabstand zu anderen Verkehrsteilnehmern, insbesondere zu den zu Fuß Gehenden und zu den Rad Fahrenden, eingehalten werden.“ [STVO 2013]. Probleme bei den Begriffen „ausreichend“ oder „möglichst weit rechts“ sieht [ADFC 2010, 4] in deren subjektiven Kontext, welcher einen Spielraum für eigene Interpretationen zulässt. Außerdem wird in der StVO geregelt, dass „der Überholte beim Wiedereinscheren nicht behindert werden darf“ [DE LEUW 2015]. Des Weiteren sind nach § 5 Abs. 6 Radfahrer verpflichtet ihre „Geschwindigkeit an geeigneter Stelle [zu] ermäßigen, notfalls [zu] warten“ [STVO 2013], um so „mehreren unmittelbar folgenden Fahrzeugen das Überholen“ [STVO 2013] zu ermöglichen. Das soll beispielsweise an Stellen, wo Seitenstreifen oder Bushaltestellen vorhanden sind, geschehen.

Unterschiedliche Definitionen von Überholen und Vorbeifahren

Es gibt einen entscheidenden Unterschied zwischen Radfahrstreifen und Schutzstreifen in deren rechtlichen Definitionen. So sind Schutzstreifen im Mischverkehr im Sinne des Gesetzes Teile der Fahrbahn. Radfahrstreifen dagegen sind nach [VWV STVO 2013] Sonderwege. Aus diesem Grund wird beim Schutzstreifen „überholt“ und beim Radfahrstreifen „vorbeigefahren⁶“. Dies hat auch Einflüsse auf die notwendigen seitlichen ÜHA, obwohl aus physikalischer Sicht die Einflüsse auf den Radfahrer in etwa gleich sind. [ADFC 2010, 4]

Gerichtsurteile

Nach [AUTODE 2015] wissen die meisten Fahrzeugführer gar nicht, welchen Abstand sie überhaupt einhalten müssen. Da die gesetzlichen Grundlagen keine direkten Angaben über

⁶ Da Radfahrstreifen und Schutzstreifen dennoch den gleichen physikalischen Einwirkungen ausgesetzt sind, wird bei dieser Arbeit auch das „Vorbeifahren“ als ÜHV angesehen.

die Größenordnung von Abständen geben, treffen meist Gerichte bei Unklarheit Entscheidungen. [ADFC 2010] Die Entscheidungen hängen aber von mehreren Faktoren ab. Nach [ILOVECYCLING 2015] sind das dabei unter anderem:

- „die Beschaffenheit des eigenen Fahrzeuges (Lkw mehr als Pkw)
- die Fahrgeschwindigkeit (sowohl von Radfahrer als auch Überholer)
- die Fahrbahnverhältnisse (Schlaglöcher, Glatteis...)
- die Wetterverhältnisse (Seitenwind!)
- die Eigenart des Eingeholten (Kind, Gepäck...)“

Nach der am Anfang des Kapitels 1.3.3 genannten Einteilung folgen jetzt die verschiedenen Gerichtsurteile.

Seitenabstände Radfahrer zum Gehweg

Der Bundesgerichtshof (BGH)⁷ hat entschieden, dass ein Abstand von 75 bis 80 cm bei einem Gehweg, welcher direkt neben der Fahrbahn verläuft, ausreichend ist. [ADFC 2010, 4 f.]

Seitenabstände zu parkenden Fahrzeugen

Das Landgericht (LG) Berlin⁸ und das Oberlandesgericht (OLG) Karlsruhe⁹ haben in ihren Urteilen entschieden, dass ein Abstand zu parkenden Fahrzeugen von einer Türbreite ausreicht. Dabei wird der Öffnungsbereich einer Autotür in der Spanne von 80 cm bis hin zu 1,50 m angegeben. Dem Radfahrer wird somit eine Chance eingeräumt, sich nicht in diese Gefahrensituation begeben zu müssen. [ADFC 2010, 5] und [DE LEUW 2015]

Das OLG Celle¹⁰ entschied weiter, dass bei hohen Verkehrsmengen ein geringerer Abstand von 40 cm legitim sei. [ADFC 2010, 5] und [DE LEUW 2015]

Das OLG Jena¹¹ entschied, dass im Falle eines Unfalls die Schuldfrage dennoch beim Fahrzeugführer liegt. Dieser habe durch Aufreißen der Tür die Gefahrensituation herbeigeführt. Das Gericht empfiehlt auch den Radfahrern genügend Sicherheitsabstand zum parkenden Kfz einzuhalten. [ADFC 2010, 5]

⁷ Vgl. BGH, Az. VI ZR 66/56.

⁸ Vgl. LG Berlin, Az. 24 O 466/95.

⁹ Vgl. OLG Karlsruhe, Az. 10 U 283/77.

¹⁰ Vgl. OLG Celle, Az. 5 U 327/86.

¹¹ Vgl. OLG Jena, Az. 5 U 596/06.

Seitenabstand zum Fahrbahnrand

„Ein Radfahrer darf bei Dunkelheit und Regen auf stark befahrener Straße nicht weiter als 1 m vom rechten Fahrbahnrand fahren“, entschied das OLG Saarbrücken¹² [ADFC 2010, 5].

Autofahrer überholt Radfahrer

Das OLG Hamm¹³ legte einen Seitenabstand von mindestens 1,50 m bis zu einer Geschwindigkeit von 90 km/h fest. Darüber hinaus müssen Fahrzeugführer einen Abstand von 2,00 m einhalten. Bei besonderen Randbedingungen, wie beispielsweise das Befahren von Steigungen, legte das OLG Frankfurt/Main¹⁴ einen höheren Abstand von 2,00 m fest. Auch das Befördern von Kindern auf einem Fahrrad sei ein Grund den Abstand auf 2,00 m zu erhöhen. Dies entschied das OLG Karlsruhe¹⁵. [ADFC 2010, 5]

Das OLG Hamm¹⁶ entschied außerdem, sobald eine Straße eine sehr geringe Breite aufweist, soll vom ÜHV „entweder abgesehen oder die eigene Geschwindigkeit auf ein Maß herabgesetzt werden“, dass eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann. [GIESSE 2016].

Radfahrer untereinander

Das OLG Frankfurt/Main¹⁷ entschied, dass ein Abstand von 1,50 m bzw. 2,00 m unter Radfahrern nicht erforderlich ist. Dieser würde automatisch dazu führen, dass sich Radfahrer beispielsweise auf einem Radweg nicht überholen dürften. Voraussetzungen dafür sind ein Warnton mittels Klingel des Überholenden, der vom Überholten wahrgenommen werden muss. [DE LEUW 2015]

Sonstiges

Im Jahr 1967 urteilte der BGH¹⁸, dass ein Fahrzeugführer gegen die StVO verstößt, sobald der Überholte sich erschreckt und dadurch fehlerhaft handelt. Denn dann ist der Abstand schon zu gering und kann als Nötigung oder Gefährdung des Straßenverkehrs geahndet werden. [ILOVECYCLING 2015]

Alle Gerichtsurteile sind dabei in Tab. 1-3 zusammengefasst.

¹² Vgl. OLG Saarbrücken, Az. 3 U 186/77.

¹³ Vgl. OLG Hamm, Az. 9 U 66/92.

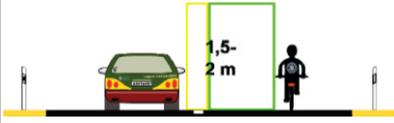
¹⁴ Vgl. OLG Frankfurt/Main, Az. 2 Sa 478/80.

¹⁵ Vgl. OLG Karlsruhe, Az. 10 U 102/88.

¹⁶ Vgl. OLG Hamm VRS 21, 375.

¹⁷ Vgl. OLG Frankfurt/Main, Az. 17 U 129/88.

¹⁸ Vgl. BGH, Verkehrsmittelungen 1967, 9.

Abstände nach unterschiedlichen Gerichtsurteilen				
Justiz		Abstandsart	Skizze	Abstand
Gericht	Aktenzeichen (Az.) bzw. Nr.			
BGH	Az. VI ZR 66/56	Seitenabstände Radfahrer zum Gehweg		0,75 m - 0,80 m
LG Berlin	Az. 24 O 466/95	Seitenabstand zu parkenden Kfz		0,80 m - 1,50 m (eine Türbreite)
OLG Karlsruhe	Az. 10 U 283/77			0,40 m (bei dichtem Verkehr)
OLG Celle	Az. 5 U 327/86			Schuldfrage beim Verursacher
OLG Jena	Az. 5 U 596/06			
OLG Saarbrücken	Az. 3 U 186/77	Seitenabstand zum Fahrbahnrand		1,00 m (bei Dunkelheit, Regen und dichten Verkehr)
OLG Hamm	Az. 9 U 66/92	Autofahrer überholt Radfahrer		1,50 m (bei v < 90 km/h)
OLG	Az. 2 Sa 478/80			2,00 m (bei v ≥ 90 km/h)
OLG Karlsruhe	Az. 10 U 102/88			2,00 m (bei Steigungen)
OLG Hamm	VRS 21, 375			2,00 m (bei Beförderung mit Kind)
				Abbruch Überholvorgang bei geringer Straßenbreite
OLG Frankfurt/Main	Az. 17 U 129/88	Radfahrer überholen untereinander		Abstand zwischen 1,50 m und 2,00 m nicht erforderlich bei Warnton und dessen Wahrnehmung

Tab. 1-3: Abstände nach Gerichtsurteilen (eigene Darstellung nach [ADFC 2010], [IGESSE 2016] und [DE LEUW 2015])

Internationale Regelungen

Beim Überholen in Österreich ist ein Abstand einzuhalten, der im Verhältnis zur Verkehrssicherheit und Geschwindigkeit steht. Es wird kein expliziter Wert vorgegeben, aber falls mehrere Fahrstreifen vorhanden sind, muss zwangsläufig immer der zweite Fahrstreifen benutzt werden. In Großbritannien muss Radfahrern ähnlich viel Platz, wie Kfz eingeräumt werden. Das führt zwangsläufig dazu, dass die Gegenfahrbahn benutzt werden muss und beim Vorhandensein von Gegenverkehr nicht überholt werden kann. In Frankreich gibt es dagegen konkrete Abstandsmaße. So wird dort innerorts ein Abstand von mindestens 1,00 m und außerorts von mindestens 1,50 m gefordert. In Spanien wird lediglich gefordert, dass die Überholenden den linken Fahrstreifen mitbenutzen. [ADFC 2010, 6]

Kontrollen und Strafmaße

Im aktuellen Bußgeldkatalog wird „Überholen mit zu wenig Seitenabstand“ mit 30 € bestraft. Sobald es zu einer Sachbeschädigung kommt, wird die Strafe auf 35 € erhöht. [BKAT 2016] Gerade im Hinblick darauf, dass in den meisten Fällen mit Sachbeschädigung auch der Rad-

fahrer verletzt wird, sieht [LIEB 2012] das Strafmaß als zu gering angesetzt. [LIEB 2012] erklärt, dass Fahrzeugführer beim ÜHV eine Reihe an Verstößen gegen die StVO begehen. Beispielsweise gefährden sie den Radfahrer, indem sie sich zu früh einordnen bzw. den Radfahrer schneiden. Den Gegenverkehr können Sie dabei ebenfalls behindern. Auch ein rechtzeitiges Ankündigen des ÜHV erfolgt oft nicht, da der Überholende meist in seinem Fahrstreifen verbleibt. Die Polizei wird in der Praxis kaum Kontrollen durchführen, da schlichtweg keine geeigneten Messverfahren vorhanden sind und sich der Verstoß sehr schwierig nachweisen lässt. Eine Einhaltung der vorgegebenen Abstandsmaße wird wohl ohne Kontrollen der Polizei nicht stattfinden. [LIEB 2012]

In den USA hingegen gibt es dagegen ein geeignetes Messverfahren. Dort müssen in den meisten Bundesstaaten die Fahrzeugführer beim Überholen einen seitlichen ÜHA von 0,90 m¹⁹ einhalten. Dabei sind die Polizisten in Form einer Fahrradstaffel im Bundesstaat Tennessee mit einem speziellen Messfahrrad unterwegs. Am Lenker ist ein Ultraschallmessgerät montiert, welches die Entfernungen messen kann. Gleichzeitig wird der ÜHV von einer Kamera erfasst und dokumentiert. [RSB 2015] Im Bundesstaat Texas kam ein Sonargerät mit dem ähnlichen Effekt zum Einsatz, bei dem die Verkehrssünder aber lediglich ermahnt wurden [TDZ 2015].

Probleme

ÜHA auf Schutzstreifen

Nach [ADFC 2016] führen Schutzstreifen zu geringen seitlichen ÜHA, die den Kraftfahrer dazu verleiten, die Markierung als Orientierungshilfe zu nutzen. Dabei soll es aber keine Rolle spielen, ob sich ein Radfahrer gerade neben ihnen befindet oder nicht. Dies führt zwangsläufig zu einem geringen seitlichen ÜHA, wobei in [BAST 2015, 63] dieses Problem als „Leitlinienefekt“ bezeichnet wird. [ADFC 2016]

Fahrzeugabmessungen der Radfahrer

Im Gegensatz zur Benutzung der Fahrbahn durch den motorisierten Individualverkehr (MIV) sind die Fahrzeugbreiten der Nutzer der Radverkehrsanlage schlecht abzuschätzen. Beispielsweise durch Nutzung von Anhängern, Dreirädern oder anderen fahrradähnlichen Fahrzeugen ist eine große Bandbreite von unterschiedlichen Fahrzeugtypen mit unterschiedlichen Anforderungen gegeben. Auch die gefahrenen Geschwindigkeiten sind heutzutage deutlich höher

¹⁹ Der Abstand entspricht der „Three-Foot-Rule“ aus den USA.

geworden. In Hinsicht auf die Entwicklung von Elektrofahrrädern könnte gerade dieser Fakt zu neuen Problemen führen. [ADFC 2010, 6]

Seitliche Sicherheitsabstände nach den anerkannten Richtlinien und Vorschriften

Die anerkannten Werte der Richtlinien RAS_t und ERA stimmen in Bezug auf die Sicherheitsräume nicht immer mit der aktuellen Rechtsprechung überein. So gibt beispielsweise die RAS_t einen Abstand der Bewegungsräume zwischen MIV und Radfahrer von 0,75 m vor. Dieser steht deutlich im Konflikt mit den Werten nach den Urteilen der OLG Hamm, Frankfurt/Main und Karlsruhe, die in einem Bereich von 1,50 m bis 2,00 m liegen. Auch beim Sicherheitsraum zu parkenden Fahrzeugen gibt die RAS_t eine Breite von 0,75 m vor. Dieses Maß entspricht einer schmalen Türbreite und liegt unter der Spanne von 0,80 m bis 1,60 m, die das LG Berlin und das OLG Karlsruhe geurteilt haben. [ADFC 2010, 4 f.] Da Schutzstreifen bei Vorhandensein von Ruhendem Verkehr meistens in der Praxis genau in diesem Abstandsbereich markiert sind, könnte kein Radfahrer den Schutzstreifen nach der aktuellen Rechtsprechung regelgerecht benutzen.

1.3.4 Nationale Untersuchungen

Vorbemerkung zu den Untersuchungen

In der Literatur gibt es nur wenige Untersuchungen nationaler Art zum ÜHA. Innerhalb dieses Kapitels werden drei Untersuchungen erläutert. Als erstes wird eine Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) aufgezeigt. Innerhalb dieser Studie ging es um die Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. Dort wurden unter anderem ÜHV aufgenommen und ausgewertet. In einem Gutachten des Stadt- & Verkehrsplanungsbüros Kaulen wurden ebenfalls durch Verkehrsbeobachtungen ÜHA ausgewertet. Studenten der Technischen Universität (TU) Berlin untersuchten das Überholverhalten von Kfz in Berlin. Ziel des Kapitels ist es die Untersuchungen zu beschreiben und deren Ergebnisse zu präsentieren. Bei den Zusammenfassungen der Untersuchungen werden nur seitliche ÜHA zwischen Kfz und Radfahrer betrachtet, da dies für den späteren Feldversuch untersuchungsrelevant ist. Andere Abstandsarten, wie beispielsweise der Abstand zum Fahrbahnrand, werden in den folgenden Kapiteln dieser Arbeit nicht mehr näher betrachtet.

Untersuchung der BAST

Allgemeines

Die Untersuchung von ÜHV innerhalb des Berichts der BAST stellt nur einen Teil dieser Gesamtuntersuchung dar. Es wird sich dabei aber - innerhalb dieser Arbeit - nur auf Ausschnitte bezogen, die auch einen inhaltlichen Zusammenhang haben. Dazu zählt beispielsweise die ausschließliche Betrachtung von zweistreifigen Querschnitten innerorts. In den Jahren 2012 und 2013 wurden innerhalb der Untersuchung der BAST 1.036 ÜHV analysiert. Davon gab es 566 Überholsituationen zwischen Radfahrern und Kfz auf zweistreifigen Querschnitten. [BAST 2015]

Versuchsaufbau, Erhebung und Auswertung

Die ÜHV wurden mittels Videoaufnahmen erhoben, wobei Abb. 1-5 den Versuchsaufbau zeigt. Dabei wurden zwei Kameras am Straßenrand aufgestellt, um den Verkehrsablauf vollständig aufzeichnen zu können. Dies hatte den Vorteil, dass die Aufnahmen sowohl qualitativ als auch quantitativ ausgewertet und beurteilt werden konnten. An dem lokalen Standort konnte somit ein Bereich von 50 m Länge erfasst werden. Um später die Aufnahmen auswerten zu können wurden auf der Straße Referenzpunkte definiert. Diese wurden anschließend mittels einer Maske über die Aufnahmen gelegt. Dadurch war es möglich alle notwendigen geometrischen Maße zu bestimmen. Die ÜHA wurden aufgrund der Messanordnung von der Achse des Fahrrads und der Außenkante des Kfz gemessen. Die Randbedingungen der Messstrecken wurden im Vorfeld erhoben. Dazu zählen unter anderem Querschnittsmaße oder das Vorhandensein von Ruhendem Verkehr. Außerdem wurden weitere wichtige Kennwerte erhoben. Dazu zählten beispielsweise lokale Geschwindigkeitsmessungen, die Ermittlung von Rad- und Verkehrsstärke nach Fahrzeugklassen und Abstandsmaße zwischen Fahrbahnrand, Fahrrad und Überholendem sowie Gegenverkehr. Die Fahrzeugbreiten, Fahrlinien und die Verkehrsmittelart gehörten ebenso zur Erhebung. Auch Kenngrößen des Ruhenden Verkehrs, wie die Anzahl und Dauer der Ein- bzw. Ausparkvorgänge und Behinderungen bei Parkvorgängen wurden mit erhoben. [BAST 2015, 52-55]

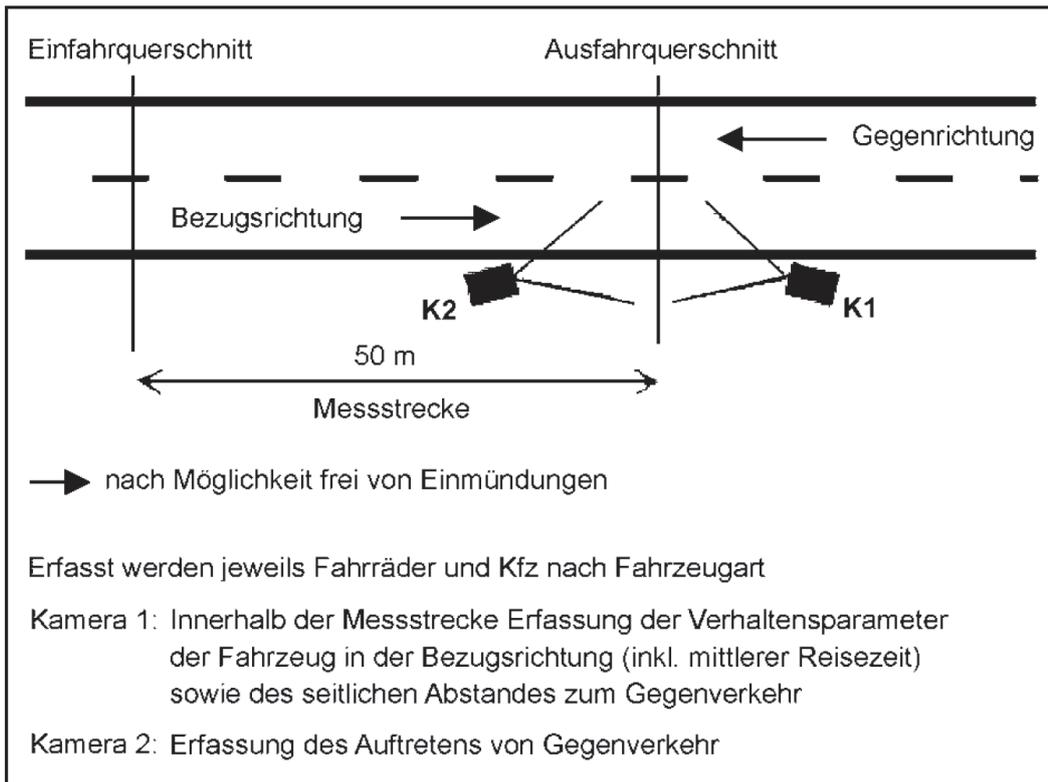


Abb. 1-5: Messanordnung der Videoerhebung [BAST 2015, 54]

Ergebnisse

In der Untersuchung werden Fahrbahnbreiten, die Verkehrsstärken, das Vorhandensein von Schutzstreifen sowie der Schwerverkehr als Einflussgrößen beschrieben. Es konnte festgestellt werden, dass die Kfz-Führer so gut wie immer überholten, solange kein Gegenverkehr auftrat. Die Fahrbahnbreite hat in der Untersuchung Einfluss auf das Überholverhalten. So ist bei schmalen Fahrbahnen die Behinderungswirkung des Radfahrers spürbar. Der ÜHA steigt tendenziell mit breiter werdenden Fahrbahnen [BAST 2015, 64]. Das Vorhandensein von Gegenverkehr und die Fahrbahnbreiten stellen somit den größten Einfluss dar. [BAST 2015, 54 f.] Dagegen konnte kein signifikanter Einfluss der Kernfahrbahnbreite nachgewiesen werden. [BAST 2015, 65]

Die Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass ÜHV mit Gegenverkehr um bis zu 17 cm geringere ÜHA aufweisen, als ÜHV ohne Gegenverkehr. Abb. 1-6 zeigt in diesen Zusammenhang ÜHA, die von mindestens 85 % aller Kfz eingehalten werden. [BAST 2015, 63]

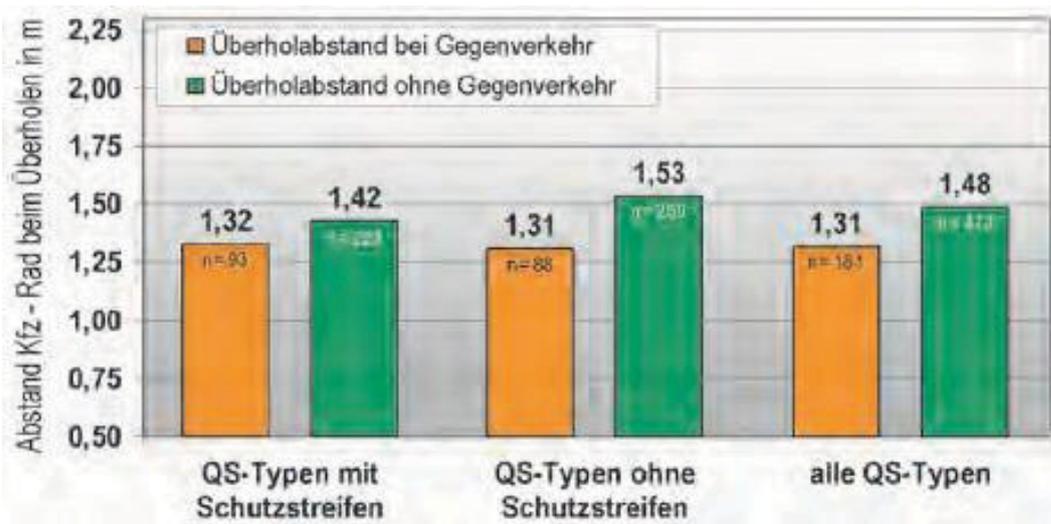


Abb. 1-6: ÜHA zwischen Kfz und Radfahrern mit und ohne Gegenverkehr [BAST 2015, 63]

Die Geschwindigkeiten sinken nach Abb. 1-7 bei Vorhandensein eines Schutzstreifens. Dargestellt ist dabei der Abstand, der von mindestens 85 % aller Kfz eingehalten wird. Bei Schutzstreifen wird ohne Gegenverkehr tendenziell enger überholt als bei Straßen ohne Schutzstreifen. Die Untersuchung begründet dies mit dem „Leitlinieneffekt“ des Schutzstreifens [BAST 2015, 63]. Unter Beachtung der halben Lenkerbreite und der Außenspiegel, ergeben sich seitliche ÜHA im Bereich zwischen 0,85 m und 1,05 m. Die in den Abb. 1-6 und Abb. 1-7 dargestellten Abstandswerte beziehen sich dabei aber nur auf den Abstand zwischen der Achse des Radfahrers und der Karosserieaußenkante des Kfz. [BAST 2015, 63]

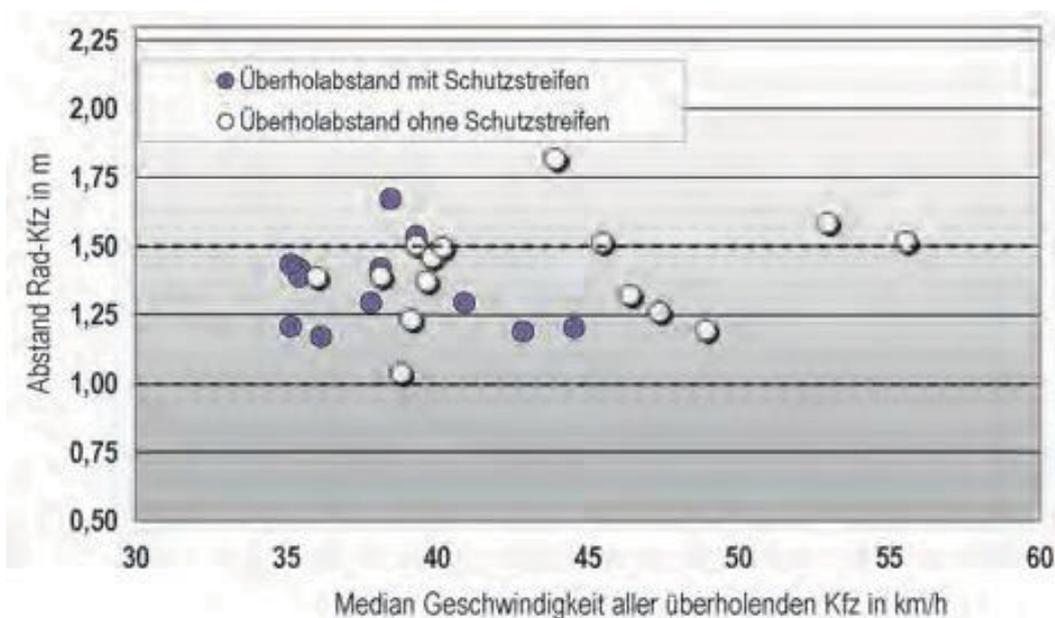


Abb. 1-7: ÜHA zwischen Kfz und Radfahrern in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit [BAST 2015, 63]

Die Untersuchung ergibt somit, dass die rechtlich geforderten Werte von 1,50 m und größer in der Praxis nicht eingehalten werden. Diese Werte werden gerade unter Beachtung der

Breitenmaße des Radfahrers und den Breitenmaßen der Außenspiegel der Kfz deutlich unterschritten. Außerdem wird festgestellt, dass das Vorhandensein eines Schutzstreifens keinen maßgeblichen Einfluss auf die ÜHA hat. Lediglich senkt dieser die Geschwindigkeiten der Kfz minimal und führt somit zu einem kleinen Sicherheitsgewinn für die Radfahrer. Wie in Kapitel 1.3.2 erwähnt, können damit die auf den Radfahrer wirkenden Kräfte beeinflusst werden. [BAST 2015, 64] Der Einfluss der Kernfahrbahnbreite wurde ebenfalls untersucht. Dabei konnte bei Gegenverkehr kein signifikanter Einfluss auf den ÜHA festgestellt werden. [BAST 2015, 65]

Untersuchung des Stadt- & Verkehrsplanungsbüros Kaulen

Methodik

In der Untersuchung des Stadt- & Verkehrsplanungsbüros Kaulen wurden vier Sicherheitsbereiche von Abständen bei Überholungen definiert. Die Bereiche sind der Abb. 1-8 zu entnehmen. Auch hier wurden die Abstände in einem Bereich mit Hilfe von Videotechnik erhoben und ausgewertet. In der Auswertung wurde, ähnlich der BAST-Studie, eine Messgrafik in das Videobild gelegt. Die Messanordnung maß dabei den Abstand der Fahrradreifen und der Bereifung der Kfz. Um den lichten Abstand zwischen Fahrrad und Kfz zu bestimmen, wurden in dieser Untersuchung halbe Lenkerbreiten von 0,30 m und eine Außenspiegelbreite von 0,20 m vom gemessenen Wert abgezogen. [SVK 2014, 31 f.]

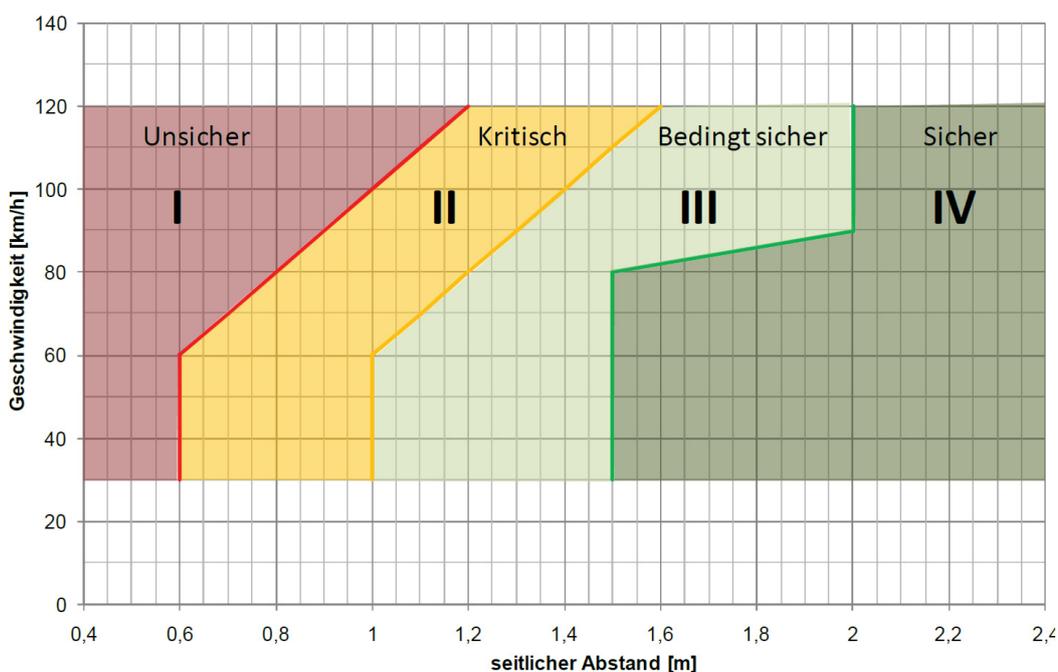


Abb. 1-8: Bewertungsbereiche des seitlichen ÜHA [SVK 2014, 32]

Datenermittlung

Neben den seitlichen ÜHA wurden auch die Geschwindigkeiten, die Verkehrsmengen und deren Zusammensetzung sowie die Fahrlinien erhoben. Auch Konflikte und kritische Situationen waren erhebungsrelevant. [SVK 2014, 35 f.]

Es sollte ein Vorher-Nachher-Vergleich mit und ohne Schutzstreifen erzielt werden. Aus diesem Grund fand die Erhebung in zwei Teilen statt. Im ersten Teil wurden die Straßen in ihrem Vorher-Zustand ohne Markierung analysiert. Anschließend folgten die Markierungsarbeiten und die Analyse des Nachher-Zustandes. Die Erhebungen fanden in den Jahren 2011 bis 2012 im Zeitraum von 12:00 bis 19:00 Uhr statt. [SVK 2014]

Ergebnisse im Vorher-Zustand

Die ÜHA sind nach [SVK 2014, 47] bei schmalen Fahrbahnbreiten (6,00 m bis 6,50 m) größer als bei breiten. Verminderte ÜHA treten auf, sobald Fahrbahnbreiten zwischen 6,50 m und 7,00 m Breite existieren. Begründet wird dies durch eine Orientierung der Kfz an der Mittelachse bzw. der Leitlinie. Auch hier bestätigt sich somit der „Leitlinieneffekt“. Dabei wurde festgestellt, dass 30 % bis 40 % in einem kritischen Abstand kleiner 1,00 m durchgeführt werden. Bei sehr schmalen Querschnitten (Fahrbahnbreite bei ca. 6,00 m) tritt dieser Leitlinieneffekt nicht auf, da schlichtweg der ÜHV im eigenen Fahrstreifen unmöglich ist. Dabei muss zwangsläufig der Gegenfahrstreifen benutzt werden. Sobald Gegenverkehr auftritt, kann somit nicht überholt werden. Im Gegensatz dazu finden bei breiteren Querschnitten (6,50 m bis 7,00 m) ÜHV mit Gegenverkehr statt. Dies äußert sich in verminderten ÜHA. [SVK 2014, 47 f.]

Zusammenfassend erkennt [SVK 2014, 48], dass schmale Fahrbahnquerschnitte große ÜHA und breite Querschnitte eher kritische ÜHA fördern sowie das Vorhandensein von Leitlinien diesen Effekt bestärkt.

Ergebnisse im Nachher-Zustand

Nach [SVK 2014, 48] zeigt sich eine leichte Tendenz der Abnahme von kritischen ÜHA. Dies kann aber aufgrund der geringen Fallzahlen in der Untersuchung nicht signifikant bestätigt werden. Es zeigt sich nach [SVK 2014, 49] kaum eine Veränderung in den ÜHA. ÜHV mit Gegenverkehr dagegen traten nach [SVK 2014, 49] in der Untersuchung nie bzw. sehr selten

auf. Das kann mit den in der Untersuchung ausgewählten Strecken, die sehr schmale Straßenbreiten aufwiesen, zusammenhängen. Dort konnten aufgrund des Platzmangels keine ÜHV vorgenommen werden.

Zusammenfassend sagt [SVK 2014, 50], dass auf keiner Strecke alle Radfahrer mit sicheren ÜHA überholt werden. Es wurden vereinzelt gefährliche Abstände (Bereich 1) gemessen. Die Verringerung der Kernfahrbahnbreite führt nach [SVK 2014, 50] dazu, dass die kritischen ÜHV verringert bzw. ganz vermieden werden. Im Gegensatz ermittelte eine Studie der BAST²⁰ aus dem Jahr 2000, dass eine Reduktion der Kernfahrbahn zu einer Reduktion der ÜHA führt.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind aufgrund der geringen Fallzahlen durch weitere Untersuchungen zu prüfen. Sicherheitsrelevante Ergebnisse sollten nicht abgeleitet werden [SVK 2014, 60]

Untersuchung von Studenten der TU Berlin

Methodik

An der Universität von Berlin wurde mit Hilfe von sieben Studenten ein Messfahrrad entwickelt und anschließend Messfahrten unternommen. Am Messfahrrad wurden ein Ultraschallsensor, eine Kamera und zwei Taschen für die Aufbewahrung eines Laptops und der Energieversorgung angebracht. Merkmale wie das Tragen eines Helms, das Geschlecht oder das Vorhandensein von Radwegen ohne Benutzungspflicht wurden dabei untersucht. Der Ultraschallsensor diente zur Ermittlung der ÜHA. Insgesamt wurden 702 Überholungen mit drei Personen auf zweistreifigen Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h aufgezeichnet. Die gemessenen Abstände lagen dabei häufig unter 0,80 m. [IMHOF 2008]

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abb. 1-9 dargestellt. Als erstes Ergebnis zeigt die Untersuchung, dass weibliche Personen mit einem größeren Abstand überholt werden, als männliche Personen. In der Untersuchung gibt es aber große Abweichungen innerhalb der Testgruppen. Somit haben das Verhalten der Testfahrer und deren Erscheinungsbild einen großen Einfluss auf das Testergebnis. Die Untersuchung kommt des Weiteren zu dem Ergebnis, dass sobald der Radfahrer einen Helm trägt, ihm weniger Raum zur Verfügung gestellt wird. Aber auch hier kam es zu deutlichen Schwankungen bei den Testfahrern, bis hin zu

²⁰ Vgl. Studie der BAST nach [BAST 2000].

einem gegenteiligen Ergebnis. Beim Vorhandensein eines Radweges ohne Benutzungspflicht ergab die Untersuchung noch geringere ÜHA. Das wird dabei mit einem „Erziehungseffekt“ zu erklären versucht. Die Fahrzeugführer akzeptierten nicht, dass die Radfahrer den Radweg nicht benutzten. Sie versuchen dem Radfahrer durch ihr Verhalten zu zeigen, dass er diesen befahren soll. Das Geschlecht und das Vorhandensein eines nichtbenutzungspflichtigen Radweges haben auf den ÜHA einen statistisch signifikanten Einfluss. Außerdem wurde ein Zusammenhang zwischen dem Erscheinungsbild des Radfahrers und dem Vorliegen eines Radweges ohne Benutzungspflicht mit dem Tragen eines Helms statistisch signifikant nachgewiesen. [IMHOF 2008]

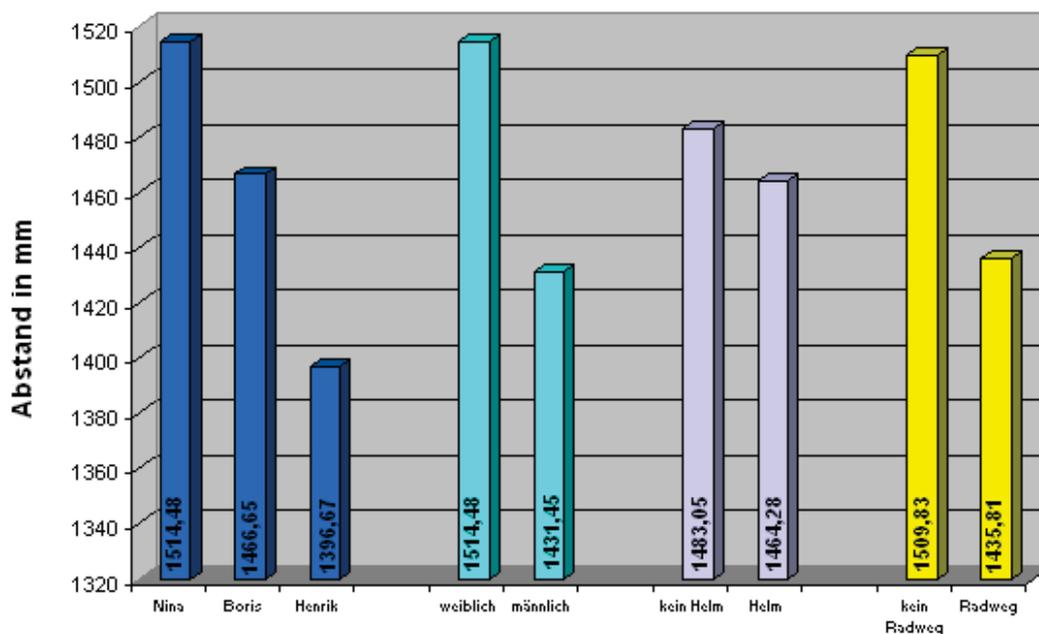


Abb. 1-9: Mittelwerte der ÜHV nach Merkmalen [IMHOF 2008]

1.3.5 Internationale Untersuchungen

Untersuchungen

Die ausgewählten Untersuchungen stammen aus unterschiedlichen Nationen. Dabei ist zu beachten, dass bei einigen Untersuchungen das Verkehrssystem mit Linksverkehr Anwendung findet. Es werden fünf Untersuchungen beispielhaft aufgezeigt.

Untersuchung von Walker im Jahr 2007

Methodik

Ian Walker, ein Verkehrspsychologe an der Universität Bath in Großbritannien untersuchte die Auswirkungen beim Überholen von Kfz und Radfahrern in Bezug auf die Position des Fahrradfahrers, dessen Geschlecht und die Nutzung eines Fahrradhelms. Dazu hat Walker in einer eigenen Untersuchung im Jahr 2006 ca. 2.300 ÜHV aufgezeichnet. Das Messfahrrad war mit Messtechnik ausgestattet. Dabei wurde an die Lenkerstange eine Kamera und ein Laserpointer sowie ein Ultraschallsensor montiert. Weitere Messtechnik, unter anderem ein Laptop, befand sich in zwei Fahrradtaschen am Fahrrad. Anschließend wurden die Videoaufnahmen in den Städten Salisbury und Bristol durchgeführt. Hierzu konnte der Abstand zum Fahrbahnrand mit Hilfe eines Laserpointers verändert und über die Fahrt konstant gehalten werden. Es wurden nur ÜHV analysiert, sobald ein Kfz einen Radfahrer überholte. Während der Untersuchung kam es sogar zu zwei Unfällen mit Berührungen zwischen Walker und den Kfz. Für die Variation des Geschlechts, kam eine Perücke zum Einsatz. Walker war sich bewusst, dass das Geschlecht nicht zweifelsfrei und ohne Fehler mit der Frisur korreliert. [WALKER 2007]

Ergebnisse und Diskussion

Walker fand heraus, dass der ÜHA umso geringer ist, je weiter er sich in die Straßenmitte bewegte. Das kann daran liegen, dass die Fahrzeugführer geradlinig einer gedachten Linie folgen. Dies stellt sich dabei unabhängig davon ein, in welchem Abstand sich der Radfahrer von der Fahrbahnbegrenzung befindet. Fahrzeugführer fahren weiter in Richtung Fahrbahnmitte, je weiter der Radfahrer sich von der Fahrbahnbegrenzung entfernt befindet. Somit wird der ÜHA geringer. [WALKER 2007]

Bei der Variation des Merkmals Helmnutzung kam [WALKER 2007] zu dem Ergebnis, dass das Tragen eines Helms ebenfalls zu geringeren ÜHA führt. Diese waren im Mittel um 8 cm geringer. Begründet hat er das damit, dass Fahrzeugführer glauben, dass Radfahrer mit Helm geschützter sind und sich ernsthafte sowie geübter verhalten, sodass von ihnen weniger unerwartete Lenkbewegungen ausgehen. [WALKER 2007]

Des Weiteren fand er heraus, dass Pkw und Transporter sowie Geländewagen und Pickups mit größeren ÜHA überholten als vergleichsweise Busse und Lkw. Gerade bei größeren Fahrzeugen erklärt Walker das mit der Länge der Kfz. Dabei benötigen Lkw und Busse längere Überholwege und somit größere Zeitlücken im Gegenverkehrsstrom. Außerdem sind diese

Fahrzeugführer sehr ungern lange Zeit auf der Gegenfahrbahn. Das führt nach Walker auch dazu, dass diese Kfz relativ zeitig wieder einscheren. Das geschieht dann meist unter Gefährdung des Radfahrers. [WALKER 2007]

Beim Geschlecht stellte er fest, dass Frauen ca. um 15 cm mehr ÜHA eingeräumt wird, als Männern. Frauen werden nach Walker als weniger erfahren eingeschätzt und verschaffen sich daher mehr ÜHA. [WALKER 2007]

Kritik an Walkers Studie 2007 durch Sluka

[SLUKA 2007] sieht dagegen die Untersuchung von Walker kritisch. Er vermutet eine Beeinflussung durch die Fahrweise von Walker. Das Auftreten von zwei Unfällen bei ca. 2.300 ÜHV sieht er kritisch, gerade vor dem Hintergrund, dass Überholunfälle sehr seltene Ereignisse sind. Kritisch sieht er auch die Messmethodik, bei der Walker keinen Fehlerbereich angibt und versucht einen konstanten Abstand zum Fahrbahnrand einzuhalten. Die Fahrweise von Radfahrern unterliegt dabei immer Schwankungen, sodass die Abstandsmessungen nur zum überholenden Kfz hinreichend genau sind. Außerdem sieht er eine Diskrepanz zwischen den Erfahrungen von Alltagsradlern und Walker. Alltagsradler empfinden dabei wohl eher, dass der ÜHA mit dem eigenen Abstand zur Fahrbahnbegrenzung ansteigt. Walker hat das Gegenteil herausgefunden. Gerade in der Hinsicht, dass Walker keine ÜHV betrachtet, die unter Benutzung des Gegenfahrstreifens stattfinden, könnte das seine Mittelwerte stark verfälschen. Des Weiteren betrachtet Walker die Fahrbahnbreite nicht als Einflussfaktor. Gerade dieser hat aber eine entscheidende Wirkung. Auf breiten Fahrbahnen bleibt schlichtweg mehr Platz zum Überholen als auf schmalen. Außerdem kritisiert er, dass Walker alle Versuche selbst gefahren ist und damit eventuell seine eigenen Erwartungen in die Ergebnisse mit eingeflossen sind. Damit sagt er aus, dass das Verhalten, die Fahrweise oder auch die Körperhaltung des Radfahrers wohl sehr deutlich dazu beitragen, wie er auf die Fahrzeugführer wirkt und wie die Fahrzeugführer ihn wahrnehmen und überholen. Auch Walker erkennt, dass sich seitliche ÜHA, die durch mehrere dicht hintereinanderfahrende Kfz eingehalten werden, gegenseitig beeinflussen. Den Zusammenhang erläutert Walker leider nicht näher. [SLUKA 2007]

Untersuchung von Walker et. al. im Jahr 2013

Walker et. al. untersuchten im Jahr 2013 an zwei britischen Universitäten den Einfluss von verschiedenen Bekleidungsarten von Radfahrern auf den seitlichen ÜHA. Hierbei kam ein Messfahrrad mit einem Ultraschallsensor – ähnlicher Bauart wie in [WALKER 2007] - zum

Einsatz. Die Messtechnik konnte den Abstand bis auf 1 cm Genauigkeit erfassen. Dieses Mal wurden 5.690 ÜHV analysiert. Dabei fuhr ausschließlich ein männlicher Radfahrer dieselbe Strecke mit unterschiedlichen Kleidungstypen. Es kamen sieben verschiedene Bekleidungsstypen zum Einsatz, welche in der Abb. 1-10 zu sehen sind. Außerdem trugen bis auf den Alltagsradler alle anderen Bekleidungsstypen einen Helm. [WALKER et. al. 2014] und [RSB 2013]



Abb. 1-10: Bekleidungsstypen (eigene Darstellung nach [WALKER et al. 2014] und [RSB 2013])

Die Testfahrten fanden am Tag und bei trockenem Wetter in den Jahren 2012 und 2013 statt. Dazu wurden nur ÜHV ausgewertet, die unter folgenden Bedingungen stattgefunden haben:

- das Fahrrad fuhr zwischen 16 km/h und 28 km/h,
- das Fahrrad fuhr auf einem konstanten Weg mit einem Abstand zur Bordsteinkante zwischen 0,5 m und 0,8 m,
- die Sicht war gut, mit Tageslicht, ohne Regen und ohne Nebel,
- der Radfahrer saß im Sattel und nicht stehend auf den Pedalen und
- es gab keine näheren Straßenkomplikationen, wie parkende Autos oder eine vorangehende Kreuzung. [WALKER et. al. 2014, 72]

Ergebnisse

Während der Untersuchung kam es zu gefährlichen Überholmanövern. Diese verteilten sich jedoch gleichmäßig auf alle Bekleidungstypen, sodass kein spezieller Typ als Problemfall kategorisiert werden konnte. Hauptziel dieser Studie war es die Erkenntnisse aus [WALKER 2007] zu bestätigen. Dort wurde vermutet, dass die Helmnutzung im Zusammenhang mit dem Erscheinungsbild des Radfahrers wirkt und sich die Fahrzeugführer dementsprechend verhalten. Jedoch konnten bis auf eine Ausnahme keine Unterschiede zwischen den Bekleidungstypen festgestellt werden. Die Vermutung, dass der Erfahrungslevel des Radfahrers eine Rolle spielt, wurde nicht bestätigt. Selbst der Vergleich zwischen dem Typen „Anfänger“ und den erfahreneren Typen, wie z. B. der „Rennradfahrer“, brachte kein signifikantes Ergebnis. Lediglich der Bekleidungstyp „Polizei“ mit dem Warnhinweis der Videoaufnahme führte zu größeren ÜHA. Somit folgt, dass wohl eher andere Faktoren, wie beispielsweise die Infrastruktur, Einflüsse auf die ÜHA haben. Den Hauptgrund dafür konnten die Autoren leider nicht mit Sicherheit benennen. Sie versuchten dennoch Gründe aufzuzeigen. Gegebenenfalls lag es an regionalen Unterschieden²¹ oder am Verhalten der Fahrzeugführer, welches sich eventuell durch externe Einflüsse zwischen den Untersuchungen verändert haben könnte. [RSB 2013] und [WALKER et. al. 2014]

In dieser Untersuchung gab es noch eine weitere Erkenntnis, die schon vorher im Kapitel 1.3.4 durch [SLUKA 2007] erkannt wurde. Es wurde herausgefunden, dass sich dicht aufeinander folgende Kfz nicht voneinander unabhängig und unbeeinflusst verhalten. Die Untersuchung ergab, dass Fahrzeugführer im Durchschnitt 2,28 cm dichter überholen, sobald sie innerhalb

²¹ Die Untersuchung [WALKER 2007] wurde im Süd-Westen Englands und die Untersuchung [WALKER et. al. 2014] im Süd-Osten Englands durchgeführt.

von 5 s einem anderen Kfz nachfolgen. Dennoch sind die ÜHA ungefähr im gleichen Rahmen geblieben, wie bei unbeeinflusst freifahrenden Kfz. [WALKER et. al. 2014, 74]

Untersuchung von Parkin und Meyers

Methodik

[PARKIN und MEYERS 2010] untersuchten ÜHA bei Straßen mit und ohne Radverkehrsanlage. Dabei kamen nach [PARKIN und MEYERS 2010] Radfahrstreifen zum Einsatz. Da diese aber auf den Bildern eher Schutzstreifen ähneln, werden diese in der Arbeit allgemein als Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn angesehen. Auch hierbei wurde ein Fahrrad mit Kameratechnik ausgestattet. Im Gegensatz dazu wurde aber kein Ultraschallmessgerät, sondern lediglich die Kameraaufnahmen zum Ermitteln der ÜHA genutzt. Dazu wurde die Kamera am Gepäckträger des Fahrrads montiert. Kalibriert wurden die Aufnahmen mit Hilfe von Test-Markierungen auf dem Boden in Abständen von 5 cm. Anschließend wurden die Videoaufnahmen am Bildschirm mit Hilfe einer Auswertungsschablone ausgewertet. Außerdem wurde im Versuch darauf geachtet, einen konstanten Abstand vom Fahrbahnrand einzuhalten. [PARKIN und MEYERS 2010] und [VINCENT 2015]

Ergebnisse:

[PARKIN und MEYERS 2010] kamen zu dem Ergebnis, dass es geringere ÜHA bei Straßen mit vorhandener Radverkehrsanlage gibt, als ohne. Dies gilt aber nur signifikant bei ÜHV mit Pkw und bei höheren Geschwindigkeiten (wie sie meist außerorts vorkommen). Vermutet wird dabei, dass bei vorhandener Radverkehrsanlage die Kfz ihren Fahrstreifen als hindernisfrei ansehen und sich an der Markierung orientieren. Sie behaupten, sobald keine Radverkehrsanlage vorhanden ist, dass das Überholen von den Fahrzeugführern bewusster wahrgenommen wird. [PARKIN und MEYERS 2010] und [VINCENT 2015]

Eine Abhängigkeit des ÜHA von der Geschwindigkeit wurde ermittelt. Dabei ist der Abstand bei hohen Geschwindigkeiten (40 mph - 45 mph = 64 km/h - 72 km/h) geringer als bei niedrigen (30 mph = 48 km/h). Ab 50 mph (80 km/h) erhöht sich der ÜHA jedoch wieder. Diese doch relativ hohen Geschwindigkeitsbereiche können darauf schließen lassen, dass die untersuchten Strecken eher nicht einem innerstädtischen Kontext zugeordnet werden können. Aus diesem Grund fällt die Vergleichbarkeit zu den vorangegangenen Untersuchungen schwer. [PARKIN und MEYERS 2010] und [VINCENT 2015]

Weitere Untersuchungen

Es gab noch weitere Untersuchungen, wobei deren Ergebnisse hier kurz dargestellt werden. [LAMONDIA und DUTHIE 2012] untersuchten in den USA vier Streckenabschnitte mit Hilfe von Videoaufzeichnungen. Dabei wurden die Einflüsse der Straßenumgebung und das Fahrverhalten – speziell die Interaktionen zwischen Kfz und Radfahrer – untersucht. Hierbei kommen sie zu dem Ergebnis, dass sich die Fahrzeugführer verunsichert fühlen, sobald der Radfahrer sehr weit entfernt vom Fahrbahnrand im Fahrstreifen fährt. Dabei erhöhten sich die ÜHA. Auch die Abhängigkeit des ÜHA von der Geschwindigkeit wurde, ähnlich wie bei [PARKIN und MEYERS 2010], bestätigt. [LAMONDIA und DUTHIE 2012] und [VINCENT 2015]

[CHUANG et. al. 2012] untersuchte ebenfalls die Einflüsse auf den ÜHA. Dazu kam ein Fahrrad mit Messtechnik zum Einsatz. Er untersuchte die Einflüsse des Fahrzeugtyps, der Straßenverkehrsanlage und die des Radfahrers sowie dessen Verhalten. Dabei wurden auch die Messungen bezüglich der Stabilität des Radfahrers während des ÜHV betrachtet. Gemessen wurde auch auf Straßen mit einer markierten Radverkehrsanlage. Diese ähnelt im Aussehen eher Radfahrstreifen, wobei diese auch durch Mofas und Fußgänger benutzt werden können. Er kam wie [WALKER 2007] ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Busse mit einem geringeren ÜHA als andere Kfz überholen. Auch die Erkenntnis von [WALKER 2007], dass weibliche Radfahrer mit größerem Abstand überholt werden kann [CHUANG et. al. 2012] bestätigen. Außerdem führt die Markierung der Radverkehrsanlage zu größeren ÜHA, was jedoch teilweise im Konflikt zu anderen Untersuchungen steht. Des Weiteren fand [CHUANG et. al. 2012] heraus, dass das Überholen durch lange Kfz dazu führt, dass Radfahrer den ÜHA durch eine eigene Reaktion mittels eines Ausweichmanövers verändern. [CHUANG et. al. 2012] und [VINCENT 2015]

1.3.6 Zusammenfassung

Regelwerke und seitlicher ÜHA

Die Regelwerke RASt und ERA geben Auskunft über die Gestaltung der verschiedenen Führungsformen des Radverkehrs. Gesetzliche Regelungen der StVO und deren Verwaltungsvorschrift definieren das Überholen und geben Hinweise zu den einzuhaltenden Abständen. Genaue Abstandsmaße zeigen aber nur einzelne Gerichtsurteile klar auf. Empfohlene Abstandswerte für den seitlichen ÜHA liegen dabei im Bereich zwischen 1,50 m und 2,00 m.

Die VwV-StVO und im speziellen die RASSt geben Verkehrsräume und Sicherheitsräume an. Ob diese noch dem aktuellen Stand der Technik - gerade in Hinblick auf die Urteile der Gerichte – entsprechen, sollte überprüft werden. Schon aus diesen Gründen empfiehlt die ERA die Einführung von zusätzlichen Sicherheitstrennstreifen. Damit würden sich deutlich größere Regelbreiten der Radverkehrsanlagen ergeben und den damit verbundenen Platzansprüchen des Radverkehrs gerecht werden.

Da sich die meisten Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung an Knotenpunkten oder Ausfahrten ereignen, gibt es sehr wenige registrierte Unfälle mit der Unfallursache „zu geringer ÜHA“. Das führt bei Unfallauswertungen meist dazu, dass das sehr kleine Untersuchungskollektiv nicht so intensiv beachtet wird, wie beispielsweise Unfälle an Knotenpunkten mit Radverkehrsbeteiligung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kraftfahrer zum Überholen immer die Gegenfahrbahn zumindest zum Teil benutzen sollten, um ÜHV sicher und mit den notwendigen Abständen durchführen zu können. Falls dies die Verkehrslage nicht zulässt, sollte ein Überholen grundsätzlich nicht stattfinden.

Erkenntnisse aus den nationalen Untersuchungen

Alle nationalen Untersuchungen haben unabhängig voneinander eine Unterschreitung der geforderten Werte der Rechtsprechung in Bezug auf die seitlichen ÜHA ergeben. Weiterhin ist festzustellen, dass mit Gegenverkehr geringere ÜHA auftreten. Bei dem Einfluss der Fahrbahnbreite sind sich die Untersuchungen uneinig. In der Untersuchung der BAST steigt der ÜHA mit der Fahrbahnbreite, wobei in den anderen Untersuchungen schmale Fahrbahnquerschnitte tendenziell große ÜHA und breite Querschnitte eher kritische fördern. Auf die Fahrbahn markierte Leitlinien können dabei eher zu kritischen ÜHA führen. [BAST 2015], [SVK 2014] und [IMHOF 2008]

Das Vorhandensein eines Radweges ohne Benutzungspflicht kann zu geringen ÜHA führen. Schutzstreifen bewirken nach der BAST ein Senken der Kfz-Geschwindigkeiten. Das reine Vorhandensein hat dabei aber noch keinen Einfluss. Lediglich wird ohne Vorhandensein von Gegenverkehr enger überholt, als bei Straßen ohne Schutzstreifen. Begründet wird dies mit dem „Leitlinieneffekt“ des Schutzstreifens. Die Untersuchungen der BAST und des Stadt- & Verkehrsplanungsbüro Kaulen belegen diesen Fakt ebenfalls. [BAST 2015], [SVK 2014] und [IMHOF 2008]

Aber auch das Verhalten und die Eigenschaften der Testfahrer sowie deren Erscheinungsbild haben einen großen Einfluss auf das Testergebnis. Beispielsweise werden weibliche Personen mit einem größeren Abstand überholt, als männliche Personen. Auch das Tragen eines Helms führt zu geringeren Abständen. [BAST 2015], [SVK 2014] und [IIMHOF 2008]

Erkenntnisse aus den internationalen Untersuchungen

Aus den internationalen Untersuchungen gingen teilweise ähnliche, aber auch unterschiedliche Erkenntnisse hervor. So bestätigte [CHUANG et. al. 2012] die Erkenntnis von [WALKER 2007], dass Busse mit geringerem ÜHA überholen und dass weiblichen Radfahrern mehr ÜHA eingeräumt wird, als männlichen. Die Helmnutzung wurde nur von Walker untersucht und ergab geringere ÜHA, als beim Tragen eines Helms. Um den Einfluss des Erscheinungsbilds zu bestätigen, untersuchten [WALKER et. al. 2014] den Einfluss von unterschiedlichen Bekleidungstypen und entdeckte nur einen Zusammenhang mit dem Tragen von Polizeikleidung. Dabei entdeckte er, dass unmittelbar folgende Kfz tendenziell mit geringeren seitlichen ÜHA überholen. Unterschiedliche Ergebnisse liefern die Untersuchungen beim Betrachten des Abstands vom Fahrbahnrand. Dabei verringern sich die ÜHA nach [WALKER 2007], je weiter der Radfahrer sich in die Fahrbahnmitte bewegt. Das Gegenteil fanden [LAMONDIA und DUTHIE 2012] heraus. Bei der Abhängigkeit von Geschwindigkeit und ÜHA sind sich [PARKIN und MEYERS 2010] und [LAMONDIA und DUTHIE 2012] einig. Nach [PARKIN und MEYERS 2010] erhöht sich der seitliche ÜHA, je geringer die Geschwindigkeit der Kfz ist. [CHUANG et. al. 2012] fand außerdem heraus, dass wenn lange Kfz überholen, Radfahrer ihren ÜHA anpassen. [WALKER 2007], [WALKER et. al. 2014], [PARKIN und MEYERS 2010], [LAMONDIA und DUTHIE 2012], [CHUANG et. al. 2012] und [VINCENT 2015]

Einflussfaktoren auf den seitlichen ÜHA aus der Literaturanalyse

Zusammenfassend werden hier die verschiedenen Einflussfaktoren innerhalb der Untersuchungen überblicksartig dargestellt. Dabei werden nur Einflussfaktoren, die auf den seitlichen ÜHA wirken, betrachtet und getrennt nach den verschiedenen Untersuchungen aufgelistet. Gegebenenfalls besteht zwischen den Einflussfaktoren Fahrbahnbreite und Geschwindigkeit eine Wechselwirkung, die dazu führt, dass bei den Untersuchungen erhebliche Unterschiede in Bezug auf die Einflussfaktoren ermittelt wurden. Dies ist jedoch gesondert in einer zukünftigen Untersuchung zu erforschen. Die Verfahrensweisen der nationalen sowie der internationalen Untersuchungen könnten für den späteren Feldversuch in Kapitel 3 Ansätze für die Durchführung der videotechnischen Aufnahmen sowie deren Auswertung geben. Im Hinblick

auf die Durchführbarkeit des Feldversuchs könnte sich die Versuchsanordnung von [PARKIN und MEYERS 2010] eignen.

Nationale Untersuchungen

[BAST 2015]:

- Gegenverkehr
- Fahrbahnbreite und Kernfahrbahnbreite
- Vorhandensein von Schutzstreifen
- Geschwindigkeiten der Kfz

[SVK 2014]:

- Gegenverkehr
- Fahrbahnbreite und Kernfahrbahnbreite
- Vorhandensein von Schutzstreifen

[IMHOF 2008]:

- Geschlecht
- Helmnutzung
- Nichtbenutzen eines Radwegs ohne Benutzungspflicht

Internationale Untersuchungen

[WALKER 2007]:

- Helmnutzung
- Geschlecht
- Abstand zum Fahrbahnrand
- Fahrzeugart

[WALKER 2014 et. al.2014]:

- Bekleidungstyp
(Erscheinungsbild des Radfahrers)

[PARKIN und MEYERS 2010]:

- Radverkehrsanlage
- Geschwindigkeiten der Kfz

[LA MONDIA und DUTHIE 2012]

- Einfluss Straßenumgebung
- Interaktion zwischen Kfz und Radfahrer

[CHUANG et. al. 2012]

- Geschlecht
- Verhalten der Radfahrer
- Fahrzeugart

1.4 ABGRENZUNG DER ARBEIT

Die Arbeit beschränkt sich auf ÜHV innerörtlicher Straßen in Dresden. Dabei werden mit Ausnahme einer Nebenuntersuchung nur Straßen mit der Führungsform Schutzstreifen untersucht. Die Randbedingungen der Untersuchungsmethodik²² innerhalb des Feldversuchs schränkten die Auswahl in der Kernuntersuchung auf diese Führungsform ein. Hauptgrund dafür war die videotechnische Auswertung, welche die Schutzstreifenmarkierung benötigte, um die seitlichen ÜHA ausmessen zu können. Des Weiteren konnten nur durch das Vorhandensein der Markierung Geschwindigkeiten des Radfahrers sowie der Kfz erhoben werden.

²² Vgl. dazu Kapitel 3.

Der Schutzstreifen ist im Gegensatz zum Radweg oder Radfahrstreifen Bestandteil des Fahrstreifens und darf im Bedarfsfall auch von Kfz überfahren werden. Somit unterliegt der Schutzstreifen gänzlich anderen Randbedingungen und ist daher besonders untersuchungsrelevant. Die Untersuchung aller Führungsformen hätte den Erhebungsrahmen im Sinne dieser Arbeit erheblich überschritten. Es werden weiterhin auch nur seitliche ÜHA untersucht, da diese die Abstände zum Kfz-Verkehr abbilden. Ein Betrachten aller in Kapitel 1.3.3 genannten Abstandsmaße soll nicht durchgeführt werden. Im Gegensatz zur Kernuntersuchung werden innerhalb einer Nebenuntersuchung ÜHV auf Straßenteilen ohne Markierung und auf einem Radfahrstreifen aufgenommen. Dabei konnten aufgrund der Untersuchungsmethodik keine Geschwindigkeiten erhoben werden. Die Nebenuntersuchung erfolgt aus Vergleichsgründen und zur qualitativen Einschätzung. Der Umfang der Untersuchungen, die Art und Weise der Erhebung sowie die Stichprobenauswahl werden in Kapitel 3 näher beschrieben.

Die Stadt Dresden wurde als Untersuchungsraum ausgewählt, da diese als Oberzentrum sehr viele Radverkehrsanlagen in den verschiedensten Führungsformen aufweist. Die für die Untersuchung notwendigen Straßen mit unterschiedlichen Eigenschaften konnten somit in dieser Stadt gefunden werden. Die genaue Abgrenzung der Auswahl der Untersuchungsstrecken wird in Kapitel 2.2 beschrieben.

1.5 METHODIK

Die Arbeit bestimmt sich methodisch aus dem in Abb. 1-11 genannten Ablauf. Dabei gliedert sich die Arbeit in fünf Phasen. Die erste Phase, die Phase der Vororientierung, wurde bereits beschrieben. Dort wurden bereits die Aufgaben- und Problemstellung sowie die Ziele und die Abgrenzung erläutert, welche die Randbedingungen für die zweite Phase vorgeben. Hier werden die Messstrecken festgelegt und näher charakterisiert. Außerdem werden die Erkenntnisse aus einer Unfallbetrachtung der ausgewählten Messstrecken mit einbezogen. Danach schließt sich die Phase des Feldversuchs an. Hier wird der Stichprobenumfang erläutert und es folgen die theoretischen Überlegungen bis hin zur Durchführung des Feldversuchs. Danach wird in Kapitel 3 detailliert beschrieben, wie durch empirische Versuche eine bestimmte Messanordnung gefunden werden konnte. Schließlich wurde der Feldversuch praktisch durchgeführt, die Daten erhoben und in einer Rohdatentabelle zusammengestellt. Danach schließen sich zwei weitere Phasen an, in denen zunächst die Datenauswertung erläutert und die Ergebnisse dargestellt werden. Anschließend werden diese zusammenfassend interpretiert und es werden Handlungsempfehlungen abgegeben sowie ein Ausblick über den zukünftigen Forschungsbedarf gegeben.

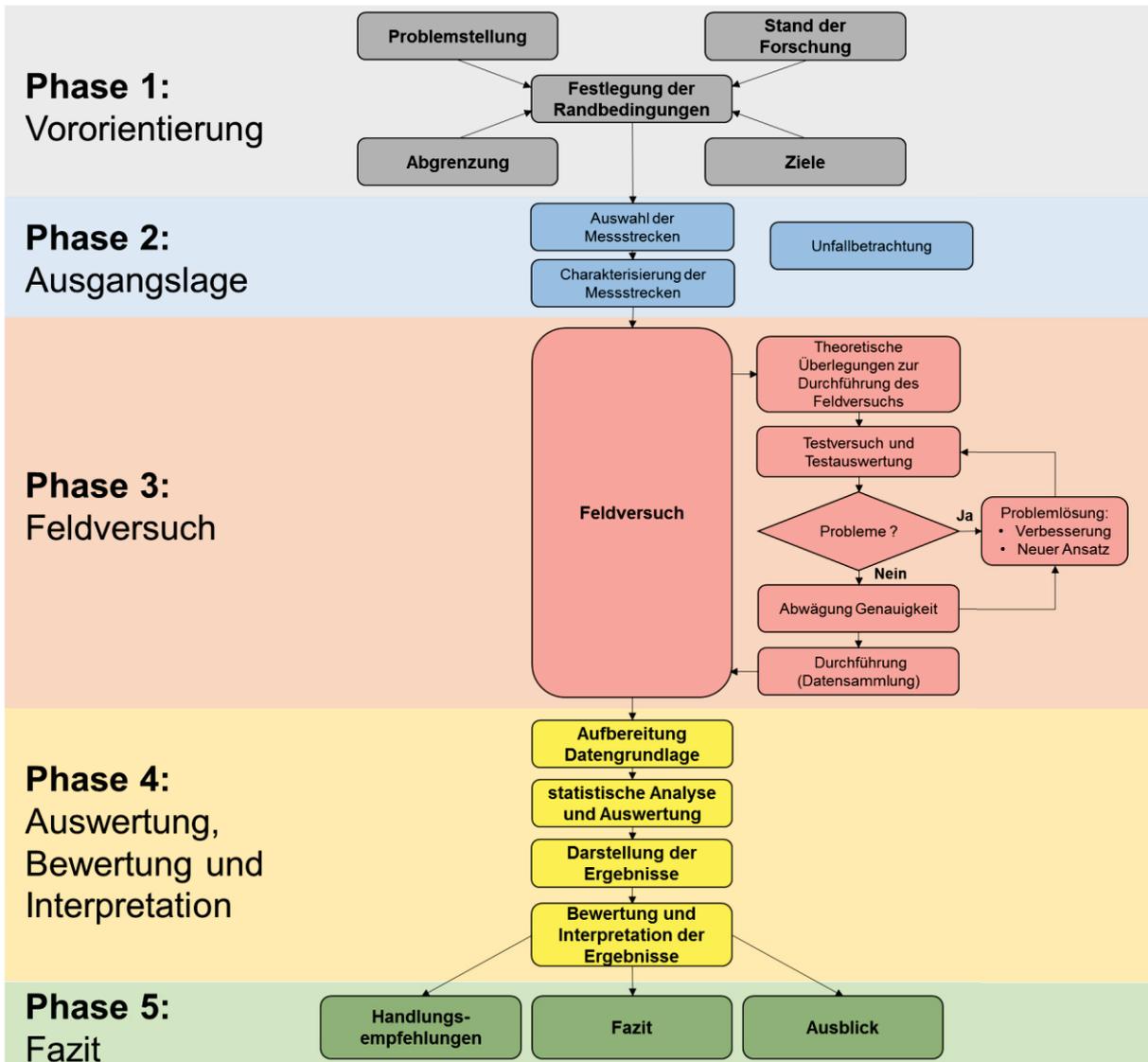


Abb. 1-11: Ablaufschema

2 AUSGANGSLAGE

2.1 VORBEMERKUNG

Dieses Kapitel beschreibt die Vorbereitungen für den praktischen Feldversuch. Es befasst sich mit der Auswahl der unterschiedlichen Untersuchungsstrecken und deren Charakterisierung sowie einer Unfallbetrachtung im Vorfeld.

2.2 CHARAKTERISTIKA UND AUSWAHL DER MESSSTRECKEN

2.2.1 Allgemeines zur Auswahl der Messstrecken

Die Messstreckenauswahl wurde im Dresdener Straßennetz getroffen. Dabei kamen in der Kernuntersuchung, wie bereits in Kapitel 1.4 genannt, nur Straßen mit Schutzstreifenmarkierung zum Einsatz. Da ÜHV vorwiegend auf der freien Strecke auftreten, mussten Straßen gefunden werden, die einen bestimmten Knotenpunktabstand aufweisen. So muss beispielsweise die Streckenlänge so lang sein, dass im Fahrvorgang auch einige Kfz den Radfahrer überholen können. Gleichbleibende Querschnitte erleichtern die Erhebung und Auswertung der ÜHV. Ein Wechsel der Führungsform der Radverkehrsanlage ist durch die Beschränkung auf Schutzstreifen ebenfalls ein Ausschlusskriterium. Weitere Ausschlusskriterien waren:

- aktuelle Baustellen (zum Zeitpunkt der Untersuchung),
- nicht regelkonform ausgeführte Markierung des Schutzstreifens und
- ungünstige Fahrstreifenführung durch eine Verschwenkung oder Verziehung, bzw. einer Eröffnung eines Abbiegefahrstreifens für einen folgenden Knotenpunkt.

Die Vorüberlegungen für den Feldversuch führten somit auch zum Ausschluss bestimmter Messstrecken aufgrund ihrer Spezifika. In Tab. 2-1 ist eine Auswahl der Straßen mit Schutzstreifenmarkierung in Dresden aufgelistet. Daraus lässt sich die spezifische Auswahl der fünf Messstrecken erkennen. Diese sind die Boltenhagener Straße, die Chemnitzer Straße, die Karl-Marx-Straße, die Lennéstraße und die Wiener Straße. Alle anderen Straßen werden in der weiteren Untersuchung nicht mehr beachtet.

Messstreckenauswahl	
Ausgewählte Straßen mit Schutzstreifen	Straßen mit Schutzstreifen, die nicht weiter betrachtet werden
Boltenhagener Straße	Bodenbacher Straße ^{*3,6}
Chemnitzer Straße	Fetscherstraße ^{*5}
Karl-Marx-Straße	Glaciestraße ^{*1,3,4,5,6}
Lennéstraße	Kleine Marienbrücke ^{*1,3}
Wiener Straße	Marienstraße ^{*4}
<ul style="list-style-type: none"> *1 Schutzstreifenlänge zu kurz *2 Wechsel der Führungsform *3 ungünstige Fahrstreifenführung (beispielsweise Verschwenkung oder Verziehung) *4 aktuelle Baustellen (Zeitpunkt der Untersuchung) *5 kurze Folge von Knotenpunkten *6 häufige Wechsel der Querschnittsform *7 nicht regelkonform ausgeführte Markierung des Schutzstreifens 	Meißner Straße ^{*7}
	Moränenende ^{*5}
	Nöthnitzer Straße ^{*1}
	Pennricher Straße ^{*1,3,6}
	Pirnaer Landstraße ^{*3,6}
	Reitbahnstraße ^{*5,6}
	Rennplatzstraße ^{*1,2,3,5,6}
	Rudolf-Renner Straße ^{*1,3,6}
	Schweriner Straße ^{*1}
	Winterbergstraße ^{*2,3,5}

Tab. 2-1: Messstreckenauswahl

2.2.2 Ermitteln der Charakteristika der Messstrecken

Allgemein

Für die Messstrecken wurden Grundlegendaten zusammengestellt. Dazu zählen unter anderem die Anzahl der Fahrstreifen, die zulässige Höchstgeschwindigkeit, die Breitenmaße der Verkehrsanlagen sowie die Markierung und Längsneigung.

Erhebung von Breitenangaben und der Längsneigung der Messstrecken

Die Maßketten für die Erstellung von Querschnitten wurden manuell vor Ort ausgemessen. Dazu wurde versucht möglichst rechtwinklig die Straße mit Hilfe von Kreidestrichen und einem Maßband zu vermessen. Die Messwerte wurden dabei auf eine Genauigkeit von 5 cm gerundet. Die Vermessung der Straßenabschnitte erfolgte zu verkehrsschwachen Zeiten an mehreren Stellen pro Abschnitt. Die Auswahl erfolgte zufällig und stichprobenartig an Stellen gleichen Querschnitts. Dabei wurden die Mittelwerte der Messungen im jeweiligen Querschnitt verwendet. Die Längsneigung der Messstrecken wurde mit Hilfe einer Wasserwaage und eines Maßbandes ermittelt.

Straßenspezifische Eigenschaften

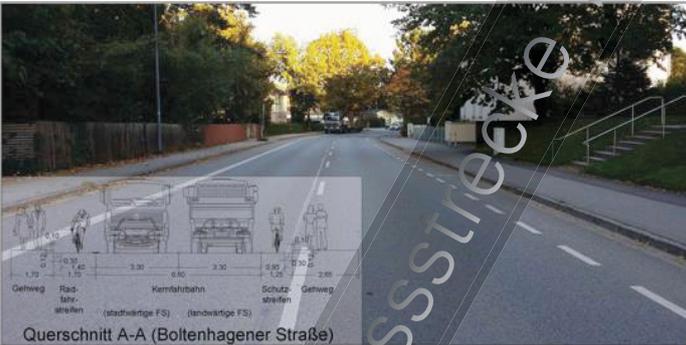
Die verbleibenden Eigenschaften der Straßenabschnitte wurden zusammengetragen und im folgenden Abschnitt zusammengestellt. Die Werte des durchschnittlichen werktäglichen Verkehrs (DTVw) und der Schwerverkehrsanteil (SV-Anteil) stammen aus dem Themenstadtplan der Stadt Dresden (vgl. [THEMENSTADTPLAN 2015]).

Zusammenstellung der Charakteristika

Für jede der ausgewählten Straßen wurde ein Datenblatt angelegt. Abb. 2-1 zeigt beispielhaft ein solches. Die Datenblätter können dem Anhang A1 und die Querschnitte dem Anhang A2 entnommen werden. Dort befindet sich auch die Tab. i. A. 1-1, in der die wichtigsten Streckeneigenschaften zusammenfassend dargestellt sind. Außerdem wurden in den Datenblättern die Straßen nach Streckenabschnitten gleichen Querschnitts und gleichen Werten des DTVw eingeteilt.

Datenblatt Messstrecke 1

Ort: Dresden
 Straße: Boltenhagener Straße
 Abschnitt: Ahlbecker Straße - Dörnichtweg



Querschnitt A-A (Boltenhagener Straße)

Abb. i. A. 1-1: Boltenhagener Straße mit Querschnitt A-A (eigene Darstellung)

Messbereiche:
 Anzahl Messbereiche: 2 (1 in Kernuntersuchung und 2 in Nebenuntersuchung)



Abb. i. A. 1-2: Streckenabschnitte Boltenhagener Straße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:
 Anzahl Fahrstreifen: 2 (mit Mittelmarkierung)
 Breite Kernfahrbahn: 6,60
 DTVw: 12.600 Kfz/Tag (3 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 0,95 m, 1,25 m (inkl. Bordrinne) / einseitiger Schutzstreifen
 Führungsform Straße/bahn: nicht vorhanden
 Ruhender Verkehr: nicht zugelassen
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 3,8 %
 Umfeldnutzung: Wohnen
 Besonderheit: Schutzstreifen (landwärtig), Radfahrstreifen (stadtwärtig)

Abb. 2-1: Datenblattbeispiel Messstrecke 1

2.3 UNFALLBETRACHTUNG

Allgemeines

In der Unfalluntersuchung wird zunächst das Unfallgeschehen unter Beteiligung von Radfahrern in Dresden statistisch aufgezeigt und anschließend versucht Problemstellen bzw. -abschnitte auf den Messstrecken aufzuzeigen.

In Tab. 2-2 sind die Anzahl der Unfälle und der Verunglückten in Dresden aufgelistet. Die Radverkehrsbeteiligung wird an Unfällen mit Personenschaden aufgezeigt. Dabei geschehen im Durchschnitt ca. 2.200 Unfälle mit Personenschaden, bei denen ca. 4.400 Personen beteiligt sind. Abb. 2-2 zeigt die Radverkehrsbeteiligung mit ca. 1.000 Personen. Dabei ist festzustellen, dass in Dresden ein bis zwei Radfahrer pro Jahr ums Leben kommen und sich durchschnittlich 800 bis 1.000 Personen verletzen. Es wurden die Unfälle mit Personenschaden ausgewählt, da Unfälle mit Radfahrern sehr oft mit Verletzungen durch Stürze einhergehen. Radverkehrsunfälle ohne Personenschaden werden meistens nicht polizeilich gemeldet und tauchen oft in keiner amtlichen Statistik auf. Die verwendeten Daten stammen aus der Online Datenbank *GENESIS* des statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen.

Unfälle der Stadt Dresden						
	alle Unfälle					
	Unfälle insgesamt (ohne sonstige Sachschadens- unfälle)	Unfälle mit Personenschaden	Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i.e.S.	sonstige Sachschadens- unfälle unter Einwirkung berauschender Mittel	Getötete	Verletzte
Jahr	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
2012	3.020	2.264	641	115	13	2.712
2013	2.907	2.123	667	117	14	2.534
2014	3.037	2.303	642	92	16	2.824
Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden						
Jahr		insgesamt	mit Fahrrad			
2012		4.426	1.017			
2013		4.247	916			
2014		4.580	1.128			
Verletzte und Getötete bei Unfällen mit Personenschaden mit Radverkehrsbeteiligung						
Jahr		Getötet	Verletzt			
2012		1	963			
2013		2	831			
2014		2	1.020			

Tab. 2-2: Unfälle in Dresden der Jahre 2012-2014 (eigene Darstellung nach [GENESIS 2016])

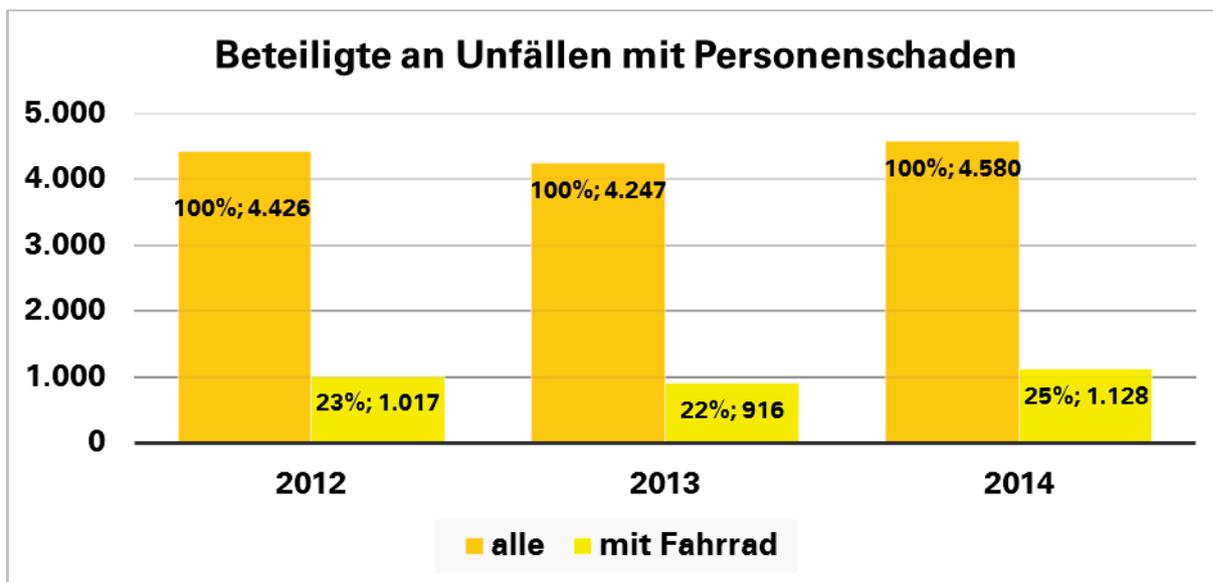


Abb. 2-2: Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden (eigene Darstellung nach [GENESIS 2016])

Aus der amtlichen Statistik können die Unfallursachen für Unfälle im Längsverkehr auf der freien Strecke aus der Datenbank nicht ermittelt werden. Noch schwieriger ist es die Ursache „Unfall aufgrund von zu geringen seitlichen ÜHA“ im Unfallgeschehen zu ermitteln. Wie in Kapitel 1.3.3 bereits erläutert sind diese Unfälle sehr seltene Ereignisse. Dabei treten oft kritische Situationen auf, die durch eine Reaktion des Radfahrers entschärft werden und somit zu keinem Unfall führen. Deshalb kann diese Betrachtung auch zu keinem signifikanten Ergebnis führen.

Die folgende Unfallbetrachtung für die einzelnen Messstrecken wird nach dem Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko) durchgeführt. Dafür kam eine Sonderkarte für den Radverkehr zum Einsatz, welche für den Zeitraum der Jahre 2012 bis 2014 mittels der Software *EUSka* angelegt wurde. Darin wurden alle Unfälle mit Personenschaden und Radfahrbeteiligung herausgefiltert und anschließend ausgewertet.

Auf der Boltenhagener Straße gab es lediglich einen Auffahrunfall mit einem Fahrrad mit Hilfsmotor oder eines Kleinkraftrades. Auf der Wiener Straße wurden keine Unfälle im Längsverkehr mit Radfahrbeteiligung im oben genannten Zeitraum polizeilich erfasst. Auf der Karl-Marx-Straße ereignete sich im Oktober 2015 ein Unfall. Es kam zum Zusammenstoß eines Radfahrers mit einer geöffneten Autotür eines geparkten Fahrzeugs. Hierbei übersah die aus dem Pkw aussteigende Person den Radfahrer auf dem Schutzstreifen und der Radfahrer wurde verletzt. Eventuell könnte dem Unfall die Ursache „zu geringer seitlicher Sicherheitsabstand zu den parkenden Fahrzeugen“ zu Grunde liegen. Auf der Lennéstraße ereigneten sich ausschließlich Unfälle von Radfahrern im Gehwegbereich an Ausfahrten. Bei allen ausgewählten

Messstrecken ereigneten sich vorwiegend die Unfälle an Knotenpunkten. Dies bestätigt die eingangs behauptete Aussage, dass Radverkehrsunfälle auf der Strecke seltene Ereignisse sind. Da im Sinne dieser Arbeit nur Unfälle im Längsverkehr²³ relevant sind, werden diese in der Arbeit nicht ausgewertet.

Die Chemnitzer Straße ist mit ihrem Unfallgeschehen interessanter als die anderen Straßen. Hier häufen sich Unfälle auch auf der Strecke. Die in Abb. 2-3 dargestellte Unfalltypensteckkarte der Jahre 2012 bis 2014 zeigt dieses Unfallgeschehen.

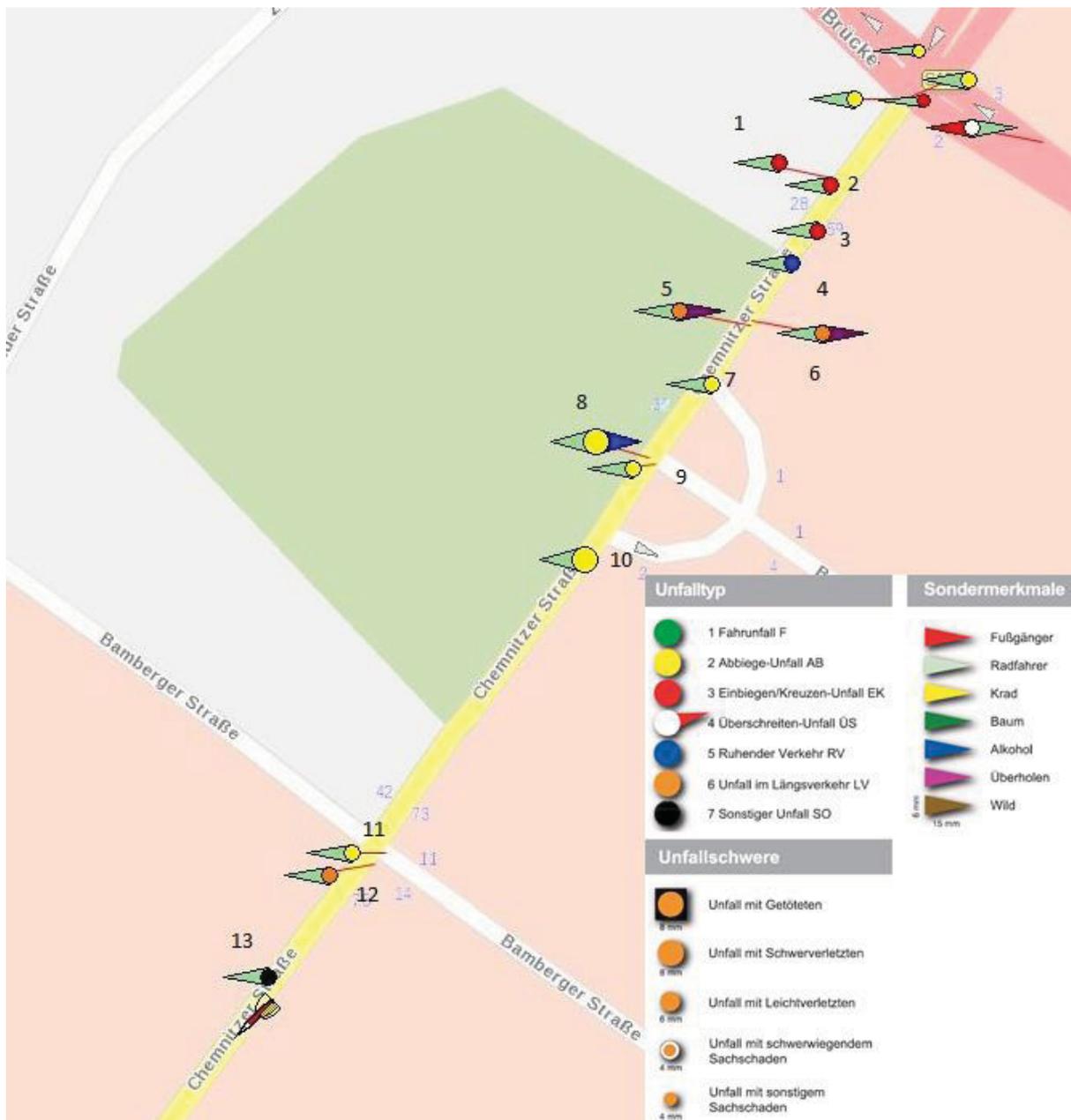


Abb. 2-3: Sonderkarte Radverkehr (eigene Darstellung aus EUSka und nach [FGSV 2012])

²³ Auch Fahrunfälle, Unfälle durch den Ruhenden Verkehr bzw. sonstige Unfälle können aufgrund von zu geringem seitlichen ÜHA auftreten.

Auf der Chemnitzer Straße kam es zu drei Unfällen durch zu geringen seitlichen ÜHA. Dabei wichen die Kfz auf den Schutzstreifen aus. Ein Ausweichen aufgrund von Gegenverkehr wird hier als Ursache angenommen. Das ist ein Grund dafür, die Chemnitzer Straße detaillierter zu untersuchen, da es auch hier zu Unfällen durch zu geringen seitlichen ÜHA kam, obwohl diese sehr selten sind. Weiterhin stürzen zwei Radfahrer aufgrund von plötzlich geöffneten Beifahrertüren. Außerdem kam es zu Linksabbiegeunfällen unter Nichtbeachtung der Vorfahrt des Radfahrers auf dem entgegenkommenden Schutzstreifen. Weiterhin ereigneten sich auf der Chemnitzer Straße Unfälle in Höhe der Einfahrten zum Aldi-Markt bzw. zu einer Tiefgarage durch regelwidriges Benutzen des Gehwegs auf der falschen Straßenseite. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Radfahrer die Radverkehrsanlage „Schutzstreifen“ meiden und lieber den Gehweg benutzen, da sie diesen subjektiv als sicherer wahrnehmen.

Außerdem wird auf einen baulichen Mangel hingewiesen. Der Übergang von Radweg auf Schutzstreifen ist auf der Chemnitzer Straße schlecht gestaltet. Abb. 2-4 zeigt dessen Anordnung. Es ist zwar im Unfallgeschehen kein Unfall an dieser Stelle verzeichnet, dennoch wird eine Umgestaltung aus Gründen der Verkehrssicherheit empfohlen. Die Umgestaltung sollte sich gemäß [FGSV 2006, 85] an dem Bild 75 orientieren.



Abb. 2-4: Ende des Radwegs Chemnitzer Straße (Aufnahme aus [GOOGLESV 2008])

3 FELDVERSUCH

3.1 VORBEMERKUNG

Innerhalb dieses Kapitels wird die Durchführung des Feldversuchs detailliert beschrieben. Dabei gilt zu beachten, dass das in Abb. 3-1 dargestellte Ablaufdiagramm erstellt wurde, um den Ablauf aufzuzeigen. Da der Ablauf des Feldversuchs sehr komplex ist und viele Arbeitsschritte beinhaltet, werden diese zu Hauptarbeitsschritten zusammengefasst und in den folgenden Abschnitten näher erläutert. Das Diagramm soll außerdem dabei helfen, die Übersicht im Versuchsablauf zu behalten.

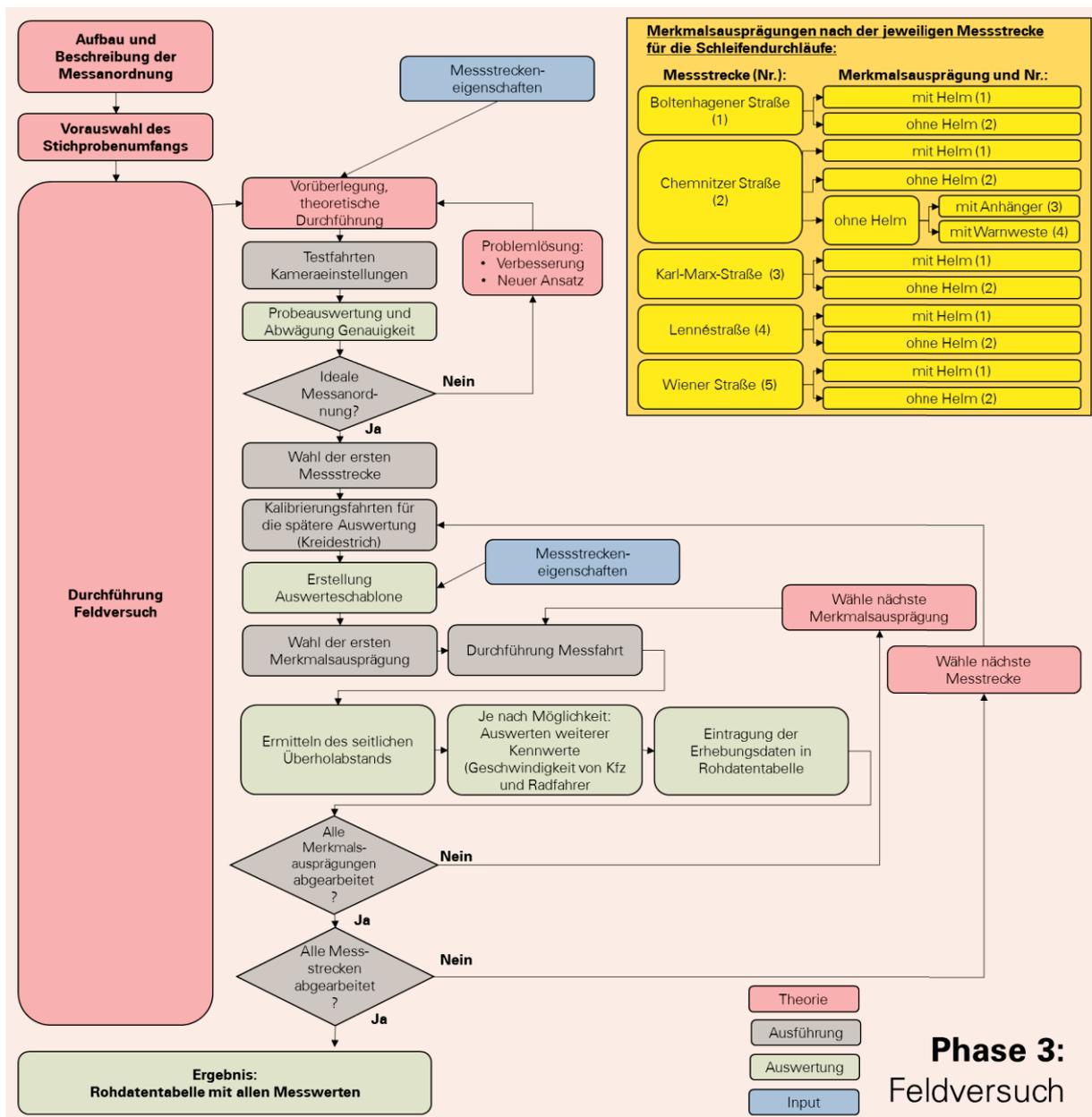


Abb. 3-1: Komplexes Ablaufschema des Feldversuchs

Hauptarbeitsschritte:

- Aufbau und Beschreibung der Messanordnung (Versuchsaufbau)
- Auswahl eines geeigneten und durchführbaren Stichprobenumfangs
- Durchführung des Feldversuchs
- Fehlerabschätzung, Verbesserungsmöglichkeiten und Ausblick

3.2 VERSUCHSAUFBAU

Kamera und Messfahrrad

Im Feldversuch wurde ein Fahrrad mittels Kameratechnik ausgestattet. Zum Einsatz kam eine Kamera der Firma Go-Pro²⁴. Hauptaugenmerk lag dabei in der Aufnahme der ÜHV zwischen dem Radfahrer und den Kfz. Die Abb. 3-2 zeigt den Versuchsaufbau. Dabei ist das Sichtfeld der Kamera dargestellt. Das Sichtfeld wurde so gewählt, dass der ÜHV und das Vorhandensein des Gegenverkehrs aufgenommen werden konnte. Außerdem sieht man die Ausstattung des Fahrrads. Am Fahrrad ist die Kamera mittels einer Stange am Rahmen befestigt, um Einflüsse von Lenkbewegungen möglichst gering zu halten. Zur Erhöhung der Aufnahmedauer wurde ein externer Akku an die Kamera angeschlossen. Die Fahrradtasche diente zur Aufbewahrung und gleichzeitig als Sichtschutz der Kamera für die Kraftfahrer. Ziel dessen war, dass die Kraftfahrer die Kamera möglichst nicht vor dem ÜHV erkennen konnten, um somit keine Verhaltensänderung herbeizuführen.

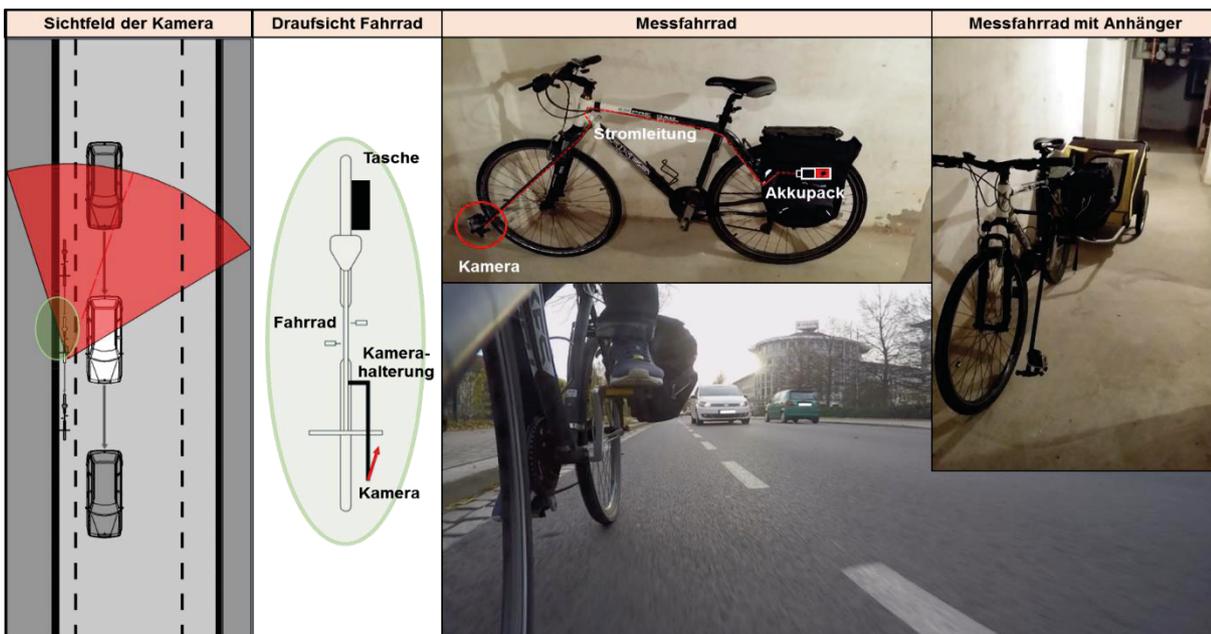


Abb. 3-2: Versuchsaufbau

²⁴ Das Datenblatt der verwendeten Kamera befindet sich im Anhang A3.

Geometrie im Straßenraum

Bei den ÜHV gibt es eine Reihe an verschiedensten Maßen. Abb. 3-3 zeigt deren geometrische Anordnungen. Im Folgenden werden alle Maße benannt: Dargestellt sind beispielhaft ein Pkw und ein Fahrrad mit einem Anhänger. Dargestellt sind die Abstände und die Breitenangaben der Fahrzeuge bzw. der Infrastruktur.

b_{SS} :	Breite des Schutzstreifens (ohne befahrbarer Rinne)
b_{SSR} :	Breite des Schutzstreifens (mit befahrbarer Rinne)
b_{Kfz} :	Breite des Kfz (ohne Außenspiegel)
b_{KfzS} :	Breite des Kfz (mit Außenspiegel)
b_L :	Lenkerbreite Fahrrad
b_{An} :	Breite des Fahrradanhängers
$b_{ÜSS}$:	Breite des Überstands des Außenspiegels (über Karosserie)
d_{Rad} :	Abstand zwischen Fahrradreifen und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
d_{Kfz} :	Abstand zwischen Kfz und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
d_{mess} :	gemessener Abstand zwischen Fahrradreifen und Kfz
$d_{SÜHA}$:	seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)
$d_{SÜHAS}$:	seitlicher ÜHA (mit Außenspiegel)

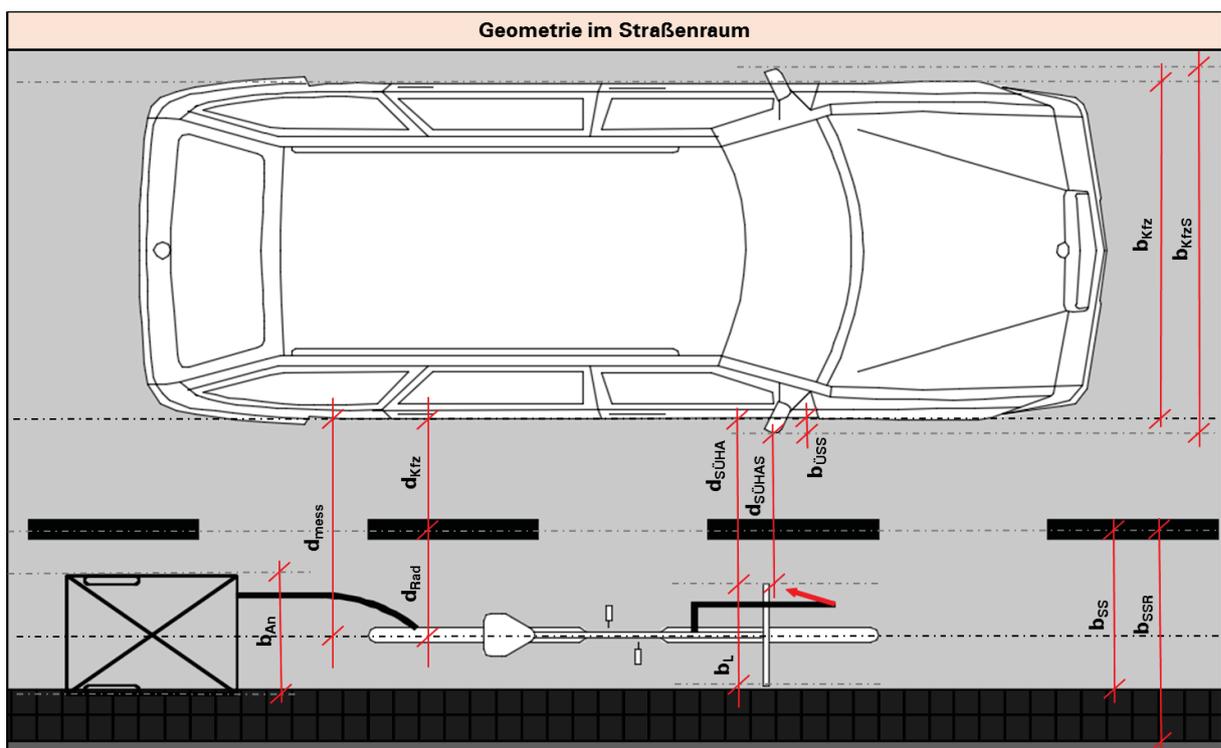


Abb. 3-3: Geometrie im Straßenraum

3.3 STICHPROBENUMFANG

Nach [BAUINFO 2016] sollte eine Stichprobe die Grundgesamtheit in der Realität in ihren Eigenschaften abbilden. Dabei werden der Stichprobenfehler und das Vertrauensintervall als Qualitätsmaße eingesetzt. Der Stichprobenfehler gibt die Abweichung des eigentlichen Wertes der Stichprobe von der Grundgesamtheit an. Das Vertrauensintervall beschreibt dagegen die Zuverlässigkeit der Untersuchung. Sinn und Zweck der Stichprobe ist es die Realität durch eine wirtschaftlich einfach zu erhebende Auswahl zu beschreiben. Daraus können Rückschlüsse auf die eigentlichen Werte in der Grundgesamtheit geschlossen werden. [BAUINFO 2016]

Um den Stichprobenumfang für die Erhebung zu ermitteln, benötigt man nach [SCHNABEL und LOHSE 1997, 127] die Standardabweichung und deren Mittelwert der Grundgesamtheit sowie einen Genauigkeitsfaktor. Um den Mittelwert und die Standardabweichung zu ermitteln, können diese entweder geschätzt oder mit vorangegangenen Untersuchungen bestimmt werden. Der Genauigkeitsfaktor beschreibt hingegen das Vertrauensintervall bei vorgegebener Verteilung und lässt sich z. B. durch die Annahme einer Normalverteilung berechnen oder auch aus der Tabelle 9-13 aus [SCHNABEL und LOHSE 1997, 126] ermitteln. Außerdem unterliegt die Untersuchung folgenden Annahmen:

- Die ausgewählten Messstrecken befinden sich alle im Stadtgebiet Dresdens.
- Die Messstrecken haben innerstädtischen Charakter.
- Das Verhalten der Verkehrsteilnehmer ist in dieser Gruppe als homogen anzusehen.
- Das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer (keine Kfz aus Dresden) unterscheidet sich nicht oder nur geringfügig.
- Die Messwerte sind normalverteilt²⁵.

Um nun die unbekanntes Größen (Mittelwert und Standardabweichung) abzuschätzen, wurde ein Stichprobenumfang von 100 ÜHV je Merkmalsausprägung angenommen. Danach erfolgte der Feldversuch und anschließend konnten mit Hilfe der Messdaten aus der Stichprobe die unbekanntes Größen (Mittelwert und Standardabweichung) der Grundgesamtheit ermittelt werden, indem sie mit den Werten aus der Stichprobe gleichgesetzt wurden. Der Stichprobenumfang wurde nach Formel (1) berechnet und überprüft. Verwendet wurde die Formel für

²⁵ Der Nachweis zur Normalverteilung der Messwerte erfolgte in Kapitel A7.

sehr große endliche Grundgesamtheiten, da die ÜHV in Dresden eine nicht unerhebliche Anzahl darstellen.

$$n = \frac{k^2 * V^2}{d_r^2} \text{ für } N \rightarrow \infty \text{ mit } V = \frac{\sigma}{\mu} \quad (1)$$

- n:** minimal erforderlicher Stichprobenumfang
k: Genauigkeitsfaktor nach [SCHNABEL und LOHSE 1997, 126], abhängig von der Verteilung und der statistischen Sicherheit
V: Variationskoeffizient
d_r: relativer Stichprobenfehler
σ: Standardabweichung der Grundgesamtheit
μ: Mittelwert der Grundgesamtheit

Die Ergebnisse der Berechnung befinden sich in Tab. 3-1. Dort sind Stichprobenumfänge bei verschiedenen Konfidenzintervallen und angenommenen Stichprobenfehlern angegeben. Es wurden ein Stichprobenfehler von 5 % und ein Konfidenzintervall mit einer Sicherheit von 95 % gewählt, um einen hinreichenden Stichprobenumfang für die Messwerte zu garantieren.

Mit den berechneten Werten konnte der gewählte Stichprobenumfang von 100 ÜHV je Merkmalsausprägung bestätigt werden. In Tab. 3-2 ist erkennbar, dass im eigentlichen Feldversuch die 100 angestrebten ÜHV in der Kernuntersuchung immer erreicht wurden. Lediglich in der Nebenuntersuchung waren geringere Werte der Fall. Wäre der berechnete Wert größer als die vorgegebenen 100 ÜHV gewesen, hätte der Feldversuch ausgeweitet werden müssen, was aber hierbei nicht der Fall war.

Stichprobenumfang				
Wert	Konfidenzintervall			
	90,0%	95,0%	99,0%	99,9%
k	1,6449*	1,9600	2,5758*	3,2905*
σ	0,31 m			
μ	1,35 m			
n (bei Fehler d _r = 5 %)	56	80	138	225
n (bei Fehler d _r = 10 %)	14	20	35	56
*interpoliert aus der Standardnormalverteilung				

Tab. 3-1: Ermittlung des Stichprobenumfangs

Stichprobenumfang der Kernuntersuchung			
Straße	Merkmalsaufprägung	Anzahl ÜHV	Gesamt
Boltenhagener Straße	ohne Helm	120	249
	mit Helm	129	
Chemnitzer Straße	ohne Helm	112	499
	mit Helm	126	
	mit Anhänger (ohne Helm)	123	
	mit Warnweste (ohne Helm)	138	
Karl-Marx-Straße	ohne Helm	120	236
	mit Helm	116	
Lennéstraße	ohne Helm	120	240
	mit Helm	120	
Wiener Straße	ohne Helm	120	240
	mit Helm	120	
		Summe:	1.464
Stichprobenumfang der Nebenuntersuchung			
Straße	Merkmalsaufprägung	Anzahl ÜHV	Gesamt
Chemnitzer Straße* ¹	ohne Helm	14	54
	mit Helm	13	
	mit Anhänger (ohne Helm)	10	
	mit Warnweste (ohne Helm)	17	
Boltenhagener Straße* ²	ohne Helm	99	164
	mit Helm	65	
		Summe:	218
Stichprobenumfang - Gesamt			
		Gesamtsumme:	1.682
* ¹ Aufnahmen in Abschnitten ohne Schutzstreifen			
* ² Aufnahmen in Abschnitten mit Radfahrstreifen			

Tab. 3-2: Erreichter Stichprobenumfang

3.4 PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG UND DATENERHEBUNG

Nachdem der theoretische Versuchsaufbau geklärt war und der Stichprobenumfang festgelegt wurde, folgte die eigentliche Durchführung des Feldversuchs. Dazu wurden am Anfang einige Testfahrten und Versuchsauswertungen durchgeführt, um schließlich am Ende ein gutes Ergebnis zu erzielen. Die Genauigkeit der Messungen wurde auf ein bestimmtes Maß beschränkt. Dies wird aber dabei zum jeweilig passenden Zeitpunkt erläutert.

Abfolge der Messstrecken

Als erstes wurde die Chemnitzer Straße betrachtet. Danach folgten die Boltenhagener Straße und die Karl-Marx-Straße. Abschließend wurden die Lennéstraße und die Wiener Straße untersucht. Dabei wurden alle Straßen mit den in Tab. 3-2 aufgeführten Merkmalsausprägungen durchlaufen.

Ablauf der Kalibrierung

Um später die Videoaufnahmen auswerten zu können, wurde für jede der Straßen eine Kalibrierung durchgeführt. Anschließend konnte die Straße gemäß Abb. 3-4 mit einem Kreidestrich markiert werden. Die Durchführung erfolgte mit zwei Personen zur Eigensicherung im Straßenverkehr. Die Kreidestrichmarkierung erfolgte in 10 cm Schritten und sollte später als Referenz dienen. Dazu wurde eine Testfahrt mit dem Fahrrad durchgeführt. Durch die Aufnahme des Kreidestrichs konnte die Verzeichnung der Kamera²⁶ einbezogen und die Abstände überhaupt erst ermittelt werden.



Abb. 3-4: Kreidestrichmarkierung auf der Fahrbahn

Auswertung mittels Auswerteschablone

Um schlussendlich die ÜHA auswerten zu können, wurde mit Hilfe der Aufnahmen aus der Kalibrierungsphase eine Ableseschablone erstellt. Diese konnte mittels Metallschienen und Magneten vor einen Bildschirm gespannt werden. Daraufhin folgte der Abtrag der Kreidestrichmarkierung auf die Auswerteschablone, um reelle Distanzmaße zu erhalten. Ein Vorteil dessen ist, dass die Schablone für alle gleichbleibenden Querschnitte einer Straße verwendet werden kann. Kleinere Abweichungen des Radfahrers (in Bezug auf die Spurtreue) konnten

²⁶ Die Kamera hat ein sogenanntes Weitwinkelobjektiv, welches zu einer Verzeichnung der Realität führt. Dies wird oft auch als „Fischaugeneffekt“ bezeichnet.

mit den Magneten ausgeglichen werden. Abb. 3-5 zeigt dabei musterhaft die Auswerteschablone der Chemnitzer Straße.

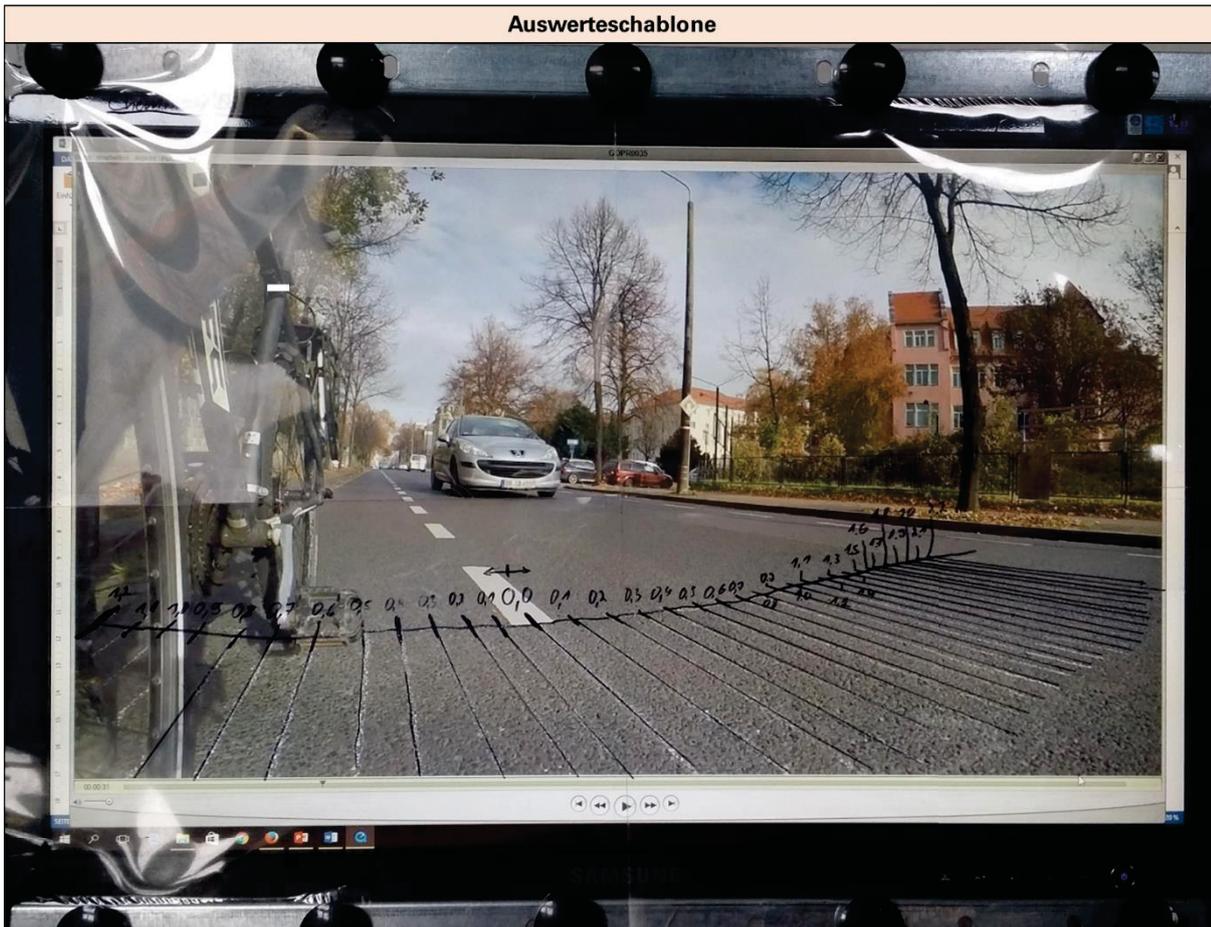


Abb. 3-5: Auswerteschablone

Messfahrten und deren Aufnahmezeiten

Anschließend wurden die Messfahrten durchgeführt. Ziel dabei war es die Schutzstreifen gemäß seiner Markierung mittig zu befahren. Eine Befahrung mit Beachtung der notwendigen Sicherheitsabstände nach Kapitel 1.3.3 sollte mit Absicht nicht stattfinden. Die Anlage sollte, wie in der Praxis, ohne Hintergrundwissen befahren werden. Die Zeiträume der jeweiligen Aufnahmen sind in Tab. 3-3 zu finden. Die Aufnahmen fanden vorwiegend in Zeiten statt, bei denen es nicht zum Rückstau durch sich anschließende Knotenpunkte mit LSA kommen konnte. Dies wurde durch Beobachtung zu verschiedenen Zeiten im Vorfeld ermittelt.

Aufnahmezeiten der Kernuntersuchung			
Straße	Merkmalsausprägung	Datum	Uhrzeit* ¹
Boltenhagener Straße	ohne Helm	19.11.2015	11:40 - 12:45
	mit Helm	19.11.2015	13:50 - 15:10
Chemnitzer Straße	ohne Helm	06.11.2015	15:30 - 16:20
	mit Helm	09.11.2015	15:30 - 16:10
	mit Anhänger (ohne Helm)	10.11.2015	11:15 - 12:10
	mit Warnweste (ohne Helm)	10.11.2015	13:50 - 14:40
Karl-Marx-Straße	ohne Helm	19.11.2015	12:50 - 13:30
	mit Helm	19.11.2015	15:20 - 15:50
Lennéstraße	ohne Helm	13.11.2015	13:50 - 14:20
	mit Helm	16.11.2015	10:10 - 10:50
Wiener Straße	ohne Helm	13.11.2015	13:00 - 13:30
	mit Helm	16.11.2015	09:20 - 09:50
Aufnahmezeiten der Nebenuntersuchung			
Straße	Merkmalsausprägung	Datum	Uhrzeit* ¹
Chemnitzer Straße* ²	ohne Helm	06.11.2015	15:30 - 16:30
	mit Helm	09.11.2015	15:30 - 16:10
	mit Anhänger (ohne Helm)	10.11.2015	11:10 - 12:00
	mit Warnweste (ohne Helm)	10.11.2015	13:50 - 14:40
Boltenhagener Straße* ³	ohne Helm	19.11.2015	11:40 - 12:30
	mit Helm	19.11.2015	13:50 - 15:00
* ¹ gerundet auf 10-Minuten-Intervalle			
* ² Aufnahmen in Abschnitten ohne Schutzstreifen			
* ³ Aufnahmen in Abschnitten mit Radfahrstreifen			

Tab. 3-3: Aufnahmezeiten

Kameraeinstellungen

Die Aufnahmen wurden alle mit einer Auflösung „1.280 x 720 (16:9) 60p“ im Weitwinkelobjektivmodus getätigt. In diesem Modus nimmt die Kamera 60 Bilder je Sekunde²⁷ auf. Durch die Wahl einer niedrigen Auflösung konnte die Erkennbarkeit der Nummernschilder erschwert werden. Da dies jedoch nicht immer gelang, mussten die Videoaufnahmen unter Beachtung des Datenschutzes²⁸ behandelt werden. Bei Weiterverwendung der Daten und künftigen Auswertungen muss dies dringend beachtet werden.

Ermitteln des seitlichen ÜHA

Der seitliche ÜHA ist der wichtigste Messwert dieser Arbeit. Er wird durch zwei Abstandsmessungen (siehe Abb. 3-6) ermittelt. Dabei wird der Abstand zwischen dem Reifen des Fahrrads bis zur Mitte der Schutzstreifenmarkierung abgelesen. Abschließend erfolgt dieser Schritt

²⁷ Dieser Wert wurde von 59,94006 Bilder je Sekunde auf 60 Bilder je Sekunde aufgerundet. In den Berechnungen wurde jedoch der genaue Wert verwendet.

²⁸ Siehe dazu die EU-Datenschutzrichtlinie 95/46/EG.

analog für den Reifen des Kfz. Diese zwei Messwerte ergeben addiert den gemessenen Abstand zwischen Fahrradreifen und Kfz (d_{mess}). Anschließend wird der seitliche ÜHA mit Hilfe der Formel (2) berechnet. Dabei wird entweder die halbe Lenkerbreite oder die halbe Breite des Anhängers berücksichtigt. In der Folge der Arbeit wird nur noch mit dem seitlichen ÜHA ohne Berücksichtigung der Außenspiegel der Fahrzeuge gearbeitet. Grundlage hierfür ist das verwendete Messverfahren, mit dem die Außenspiegelbreiten der Kfz nicht exakt ermittelt werden konnten. Zur Berücksichtigung wurden dennoch zwei Ansätze entwickelt, welche im Anhang A4 zu finden sind. Aus Gründen des Erhebungsaufwands bzw. der Genauigkeit und der großen Streuung der Außenspiegelbreiten wurden diese jedoch nicht angewendet. Ausschließlich zu Vergleichszwecken werden in der Auswertung statistische Kennwerte der seitlichen ÜHA mit Berücksichtigung des Außenspiegels angegeben.

$$d_{S\ddot{U}HA} = \begin{cases} d_{Rad} + d_{Kfz} - 0,3 \text{ für Fall 1} \\ d_{Rad} + d_{Kfz} - 0,35 \text{ für Fall 2} \end{cases} \quad (2)$$

- $d_{S\ddot{U}HA}$: seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)
 d_{Rad} : Abstand zwischen Fahrradreifen und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
 d_{Kfz} : Abstand zwischen Kfz und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
Fall 1: Radfahrer ohne Anhänger (Lenkerbreite: 60 cm)
Fall 2: Radfahrer mit Anhänger (Anhängerbreite 70 cm)

Ermittlung der Geschwindigkeiten des Radfahrers und der Kfz

Die Geschwindigkeit des Radfahrers und des Kfz konnten über die Bildnummern bestimmt werden. Dazu wurde im Einzelbildvorlauf zum Zeitpunkt t_1 die Bildnummer notiert. Das geschah so, dass sich der jeweilige Reifen auf der Höhe der Markierung (Strichanfang oder -ende) befand. Nach Ablauf des Messwegs (s_M) konnte die zweite Bildnummer zum Zeitpunkt t_2 notiert werden. Es wurden dabei immer Distanzen ganzzahliger Werte gewählt, um die Ablesegenauigkeit zu erhöhen. Ein Messweg (s_M) von 4 m erwies sich dabei als ein praktikabler Wert. Abb. 3-7 zeigt grafisch die Ablesemethodik. Mit Hilfe der Formel (3) konnte abschließend die Geschwindigkeit berechnet werden.

$$v = \frac{s_M}{f_2 - f_{t1}} * fpS \quad (3)$$

- v : Geschwindigkeit Radfahrer bzw. Kfz
 s_M : Messweg
 f_{t1} : Bildnummer zum Zeitpunkt t_1
 f_{t2} : Bildnummer zum Zeitpunkt t_2
 fpS : Bilder pro Sekunde (Aufnahmemedium)



Abb. 3-6: Ablesevorgang zur Ermittlung des seitlichen ÜHA

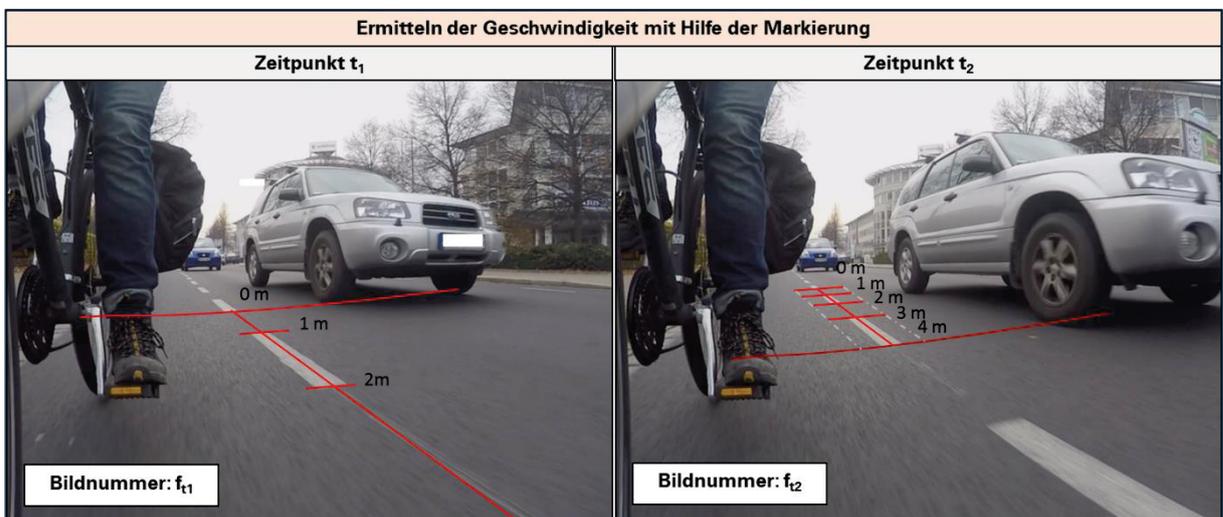


Abb. 3-7: Ablesevorgang zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Kfz

Beschränkungen und Voraussetzungen

Die gewählte Messmethodik und das entwickelte Auswerteverfahren unterlagen bestimmten theoretisch vorausgesetzten Annahmen. Der Radfahrer musste möglichst spurgetreu in der Mitte des Schutzstreifens fahren und versuchen so wenig wie möglich Lenkbewegungen zu machen. Das führt zwangsläufig zu Fehlern. Deren Größe und Art werden in Kapitel 3.5 näher erläutert.

Umfang und Finanzierbarkeit der Erhebung im Rahmen dieser Arbeit, schränkten die Durchführung des Feldversuchs ein. In Kapitel 3.6 sind mögliche Verbesserungsvorschläge erläutert, mit denen die Beschränkung der Untersuchung auf Schutzstreifen entfallen könnte.

Rohdatentabelle

Abschließend wurden die gesammelten Daten zum jeweiligen Zeitpunkt in einer Rohdatentabelle im *Microsoft Excel* zusammengestellt. Diese Tabelle enthält somit sämtliche Eingangsdaten für die anschließende Auswertung und sie kann dem digitalen Anhang²⁹ der Arbeit entnommen werden.

3.5 FEHLERBETRACHTUNG

Die entstandenen Ungenauigkeiten und Fehler werden in dieser Arbeit qualitativ dargestellt. Dabei kann es zu Abweichungen der verschiedensten Arten gekommen sein.

Fehler im Messverfahren und deren Kalibrierung

Dem Messverfahren wird eine hinreichende Genauigkeit unterstellt. Fehler beim Aufbringen der Kreidestrichmarkierung wurden bestmöglich ausgeschlossen. Eventuell nicht im Lot aufgebrachte Kreidestrichmarkierungen sowie Ungenauigkeiten des Maßbands sind zu beachten. Die Abweichungen durch das verwendete Messverfahren betragen schätzungsweise 10 cm bis 20 cm.

Fehler durch den Radfahrer

Zu den Messfehlern durch das Messverfahren kommen Schwankungen und Lenkbewegungen des Radfahrers hinzu. Schwankungen des Radfahrers wurden so gut wie möglich vermieden. Dennoch könnten Einflüsse durch den Radfahrer das Messergebnis verfälscht haben. Fahrbewegungen führen zwangsläufig zum Schwanken der Kamera und somit in der nachfolgenden Auswertung zu Abweichungen. Die Abweichungen in Bezug auf die Spurtreue können nicht sehr hoch sein, da die Kamera am Fahrrad befestigt ist und in der Spur mitwandert. Somit wird nur die Perspektive verschoben und durch Anpassen der Auswertungsfolie in der späteren Auswertung korrigiert. Diese Abweichungen sind sehr schwer wahrnehmbar und können dadurch nicht hinreichend genau erläutert werden.

Beeinflussung der Kfz

Durch den Einsatz einer Fahrradtasche wurde versucht zu verhindern, dass Kraftfahrer beim ÜHV die Kamera erkennen und sich dadurch verändert verhalten. Die Verhaltensänderungen konnten jedoch nicht abgeschätzt werden.

²⁹ Siehe dazu beiliegende CD.

Fehler durch die Eigenschaften der Messstrecke

Aus den Messstrecken wurden Querschnitte für die anschließende Auswertung erstellt. Die Annahme eines konstanten Querschnitts einer Messstrecke beinhaltet Fehler. Jede Straße und somit deren Querschnitt unterliegt Bautoleranzen. Die Messgenauigkeit bei der Ermittlung von Querschnittsbreiten mittels Maßband und Kreidestrichmarkierung sowie deren Rundung auf 5-cm-Schritte führen zwangsläufig zu Messungenauigkeiten, welche ungefähr 10 cm betragen.

Fehler in der Auswertung

Bei der Erstellung der Auswerteschablonen können ebenfalls Fehler aufgetreten sein. Die Auswerteschablonen dienten der Berücksichtigung bezüglich der Verzerrung der Kamera. Fahrungenauigkeiten wirkten sich direkt auf die Ablesemethodik aus. Es wurde versucht mit Magneten eine hinreichende Genauigkeit einzustellen. Dennoch können durch Kippneigungen des Fahrrads und damit auch der Kamera Fehler aufgetreten sein, deren Größe nicht exakt messbar waren. Diese Abweichungen sollten jedoch nicht in erheblichen Größenordnungen das eigentliche Messergebnis beeinflusst haben.

Die Ermittlung der Geschwindigkeiten der Kfz erfolgte durch Ablesen der Reifenaufstandspunkte mit Hilfe der Markierung. Hier kann es auch zu Ablesefehlern gekommen sein. Ablesefehler von zwei bis drei Bildnummern haben eine Abweichung der Geschwindigkeiten der Kfz von ca. 5 km/h zu Folge. Die Geschwindigkeit des Radfahrers konnte durch eine bessere Kameraeinstellung exakter ermittelt werden. Die Berechnung der Geschwindigkeit der Kfz über die Bildnummer erfolgte dabei sehr genau.

Externe Einflüsse

Einflüsse durch Luftbewegungen, entweder durch Wind oder überholende Kfz, sind angenommener Weise minimal. Es waren im Messzeitraum keine größeren Windbewegungen zu verzeichnen. Lediglich größere Fahrzeuge (Lkw) könnten zum Verziehen der Lenkerstange geführt haben, wobei diese ÜHV nicht ausgewertet wurden.

Ausgewählte ÜHV

Es wurden nur ÜHV von Kfz auf der freien Strecke bzw. an Knotenpunkten ohne Beeinflussung von Abbiegern ausgewertet. Beeinflusste ÜHV durch Rückstau an LSA oder durch das Halten von Fahrzeugen wurden nicht berücksichtigt.

Zusammenfassung

Abschließend wird das Messverfahren als gängige und brauchbare Methode bewertet, um ÜHA und seine Einflussfaktoren ermitteln zu können. Die Genauigkeit der Messungen für alle ÜHV schwankt in einem Bereich von 10 cm bis 30 cm. Eine exakte Ermittlung der Fehlerbereiche war zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht möglich. Eine höhere Genauigkeit und bessere Verlässlichkeit der Messwerte, können nur modifizierte oder andere Messanordnungen liefern. Mit den verfügbaren finanziellen Mitteln wurde versucht das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

3.6 VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN DES MESSVERFAHRENS UND AUSBLICK

Die Messgenauigkeit des Messverfahrens könnte durch den Einsatz eines Ultraschallsensors wie in [WALKER 2007] erhöht werden. Auch die Geschwindigkeitsmessungen könnten mit elektronischen Messgeräten auch ohne Vorhandensein der Schutzstreifenmarkierung durchgeführt werden. Für die Untersuchung standen jedoch nicht ausreichende Finanzmittel zur Verfügung.

Durch den Einsatz eines Ultraschallsensors könnte der Messbereich auch auf Straßen ohne Markierung bzw. Radfahrstreifen ausgeweitet werden. Die zu Vergleichszwecken durchgeführte Nebenuntersuchung, sollte in künftigen Forschungsarbeiten detaillierter betrachtet werden.

Die Berücksichtigung des lichten Abstands mit den Außenspiegeln der Kfz müsste in zukünftigen Untersuchungen durch eine veränderte Messanordnung berücksichtigt werden, da dieser dem eigentlichen seitlichen ÜHA entspricht.

Auch der Abstand zum Fahrbahnrand könnte wie nach [WALKER 2007] durch den Einsatz eines Laserpointers genauer eingehalten werden. Damit wäre eine Fahrt in Mitte des Schutzstreifens besser möglich.

4 AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE

4.1 DURCHFÜHRUNG DER STATISTISCHEN ANALYSE

Allgemeines

Die statistische Analyse wurde mit Hilfe folgender Programme an einem Personal-Computer durchgeführt:

- *Microsoft Excel 2013*
- *IBM SPSS Statistics 22*

Dabei wurden die in der *Excel*-Tabelle erfassten Rohdaten aus dem Kapitel 3 nachbearbeitet und für das Einlesen im *IBM SPSS Statistics* vorbereitet. Grafiken und Tabellen wurden aus dem *SPSS* entnommen und je nach Bedarf im *Microsoft Excel* bearbeitet.

Inhalte und Abgrenzung der Auswertung

Die Untersuchung dient dem Ermitteln der Einflüsse auf den seitlichen ÜHA. Innerhalb der Kernuntersuchung wurden dabei nur Straßen mit Schutzstreifen ausgewertet. Die dabei wirkenden Einflussfaktoren auf den seitlichen ÜHA werden in der Tab. 4-1 erläutert. Zunächst werden alle möglich vorstellbaren Einflussfaktoren aufgelistet. Anschließend werden diese abgegrenzt. Am Ende wird eine Auswahl über die zu untersuchenden Einflussfaktoren getroffen, um innerhalb dieser Arbeit zu einem zielgerichteten Ergebnis zu kommen. Dabei werden die zu untersuchenden Merkmalsausprägungen und sechs weitere Einflussgrößen betrachtet.

Einflussfaktoren, wie das Geschlecht, das Wetter und die Bekleidung konnten im gesamten Feldversuch konstant gehalten werden. Tageszeitliche Schwankungen im Verkehrsablauf konnten nicht berücksichtigt werden. Für eine zeitscheibenfeine Untersuchung ist das Untersuchungskollektiv schlichtweg zu gering und der Erhebungsaufwand für mehr Daten einfach zu groß.

Die Nebenuntersuchung betrachtet danach ausschließlich den Vergleich der Führungsformen. Dabei wird zum einen der Schutzstreifen mit dem Mischverkehr ohne Markierung und dem Radfahrstreifen verglichen.

Einflussfaktoren auf den seitlichen ÜHA in der Kernuntersuchung			
Kategorie	mögliche Einflussfaktoren	davon erhoben	davon untersuchungsrelevante Einflussfaktoren (Haupteinflussfaktoren)
Variation des Erscheinungsbildes des Radfahrers	Merkmalsausprägungen als Fahrten ohne oder mit Helm bzw. mit Warnweste oder mit Anhänger	x	Einflüsse der Merkmalsausprägungen
Verkehrliche Einflüsse	Vorhandensein von Gegenverkehr	x	Einfluss des Gegenverkehrs
	Fahrzeugart des Gegenverkehrs ^{*7}	x	
	Position des Radfahrers auf dem Schutzstreifen ^{*1}		
Einflüsse der Messstrecke und Umgebung	DTVw und SV-Anteil	x	Einfluss der Verkehrsmengen
	Breite der Kernfahrbahn	x	Einfluss der Kernfahrbahnbreite
	Breite des Schutzstreifens (ohne Rinne)	x	Einfluss der Schutzstreifenbreite
	Längsneigung ^{*4}	x	
	Markierungszustand ^{*4}	x	
	Vorhandensein einer Mittelmarkierung ^{*5,7}	x	
	Umfeldnutzung ^{*4,7}	x	
	Vorhandensein von Ruhenden Verkehr ^{*3,4,6}	x	
Verkehrsteilnehmer Kfz	Vorhandensein von Straßenbahnverkehr ^{*4,6}	x	
	Fahrzeugart des Überholenden	x	Einfluss der Fahrzeugart
	Fahrzeugmarke und Motorisierung	x	
	Geschwindigkeiten Kfz	x	Einfluss der Kfz-Geschwindigkeit
	Überholunwilligkeit mit anschließendem ÜHV	x	
Verkehrsteilnehmer Rad	Verhalten und Wahrnehmung ^{*1}		
	Geschwindigkeiten Radfahrer ^{*9}	x	
	Geschlecht ^{*2}	x	
	Bekleidung ^{*2}		
Sonstige Einflüsse	Verhalten und Wahrnehmung ^{*1}		
	Datum und Uhrzeit ^{*8}	x	
	Wetter ^{*3,4}	x	

Ausschlusskriterien für die Untersuchung

*1 konnte mit dem angewendeten Messverfahren nicht sinnvoll erhoben werden.

*2 wurden in der Untersuchung konstant gehalten.

*3 wurde weitgehend versucht konstant zu halten.

*4 Untersuchungskollektiv (Auswahl der Messstrecken) ist nicht repräsentativ.

*5 Breite der Kernfahrbahn eher entscheidend, da eine Leitlinie erst ab Straßenbreiten von 5,50 m markiert werden darf.

*6 kam nur auf 1 Straße vor.

*7 andere Einflussfaktoren sind entscheidend.

*8 Untersuchungskollektiv für zeitscheibenfeine Untersuchung zu gering.

*9 Die Geschwindigkeit des Radfahrers pendelte in einem Bereich zwischen 10 km/h und 25 km/h.

Tab. 4-1: Auswahl der untersuchungsrelevanten Einflussfaktoren

Haupteinflussfaktoren

Aus der oben genannten Auswahl werden für die statistische Analyse Haupteinflussfaktoren gebildet. Dabei werden folgende Einflussfaktoren in der Untersuchung analysiert.

- Einflüsse der Merkmalsausprägungen
- Einfluss des Gegenverkehrs
- Einfluss der Verkehrsmengen (DTVw)
- Einfluss der Kernfahrbahnbreite
- Einfluss der Schutzstreifenbreite
- Einfluss der Fahrzeugart
- Einfluss der Kfz-Geschwindigkeit

Methodik und Durchführung der Auswertung

Die Ergebnisse werden dreigeteilt angegeben. Zunächst werden die Ergebnisse der Kernuntersuchung detailliert betrachtet. Danach folgt zu Vergleichszwecken ein Vergleich der Führungsformen mit Hilfe der Nebenuntersuchung. Anschließend werden die Ergebnisse zusammenfassend interpretiert und bewertet.

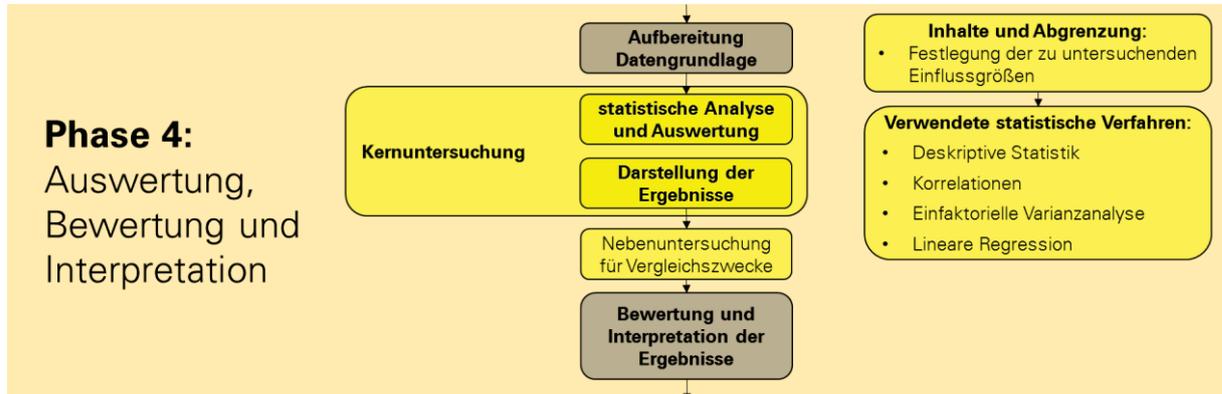


Abb. 4-1: Ablaufschema der Auswertung

Die statistische Auswertung ordnet sich nach Abb. 4-1 in den methodischen Ablauf der Arbeit ein. Sie beschäftigt sich dabei zuerst mit einer deskriptiven Beschreibung der Messwerte, unter Darstellung von Häufigkeitsverteilungen und deren Histogrammen sowie dem Ableiten der Verteilungsart. Erste Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen werden dabei vorwiegend mit sogenannten „Boxplott-Diagrammen“ beschrieben. Anschließend werden die variierten Merkmalsausprägungen mit Hilfe von Gruppenvergleichen mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) unterzogen. Die Berechnungen dafür befinden sich in den je-

weilig angegebenen Anhängen. Außerdem werden die Ergebnisse eines linearen Regressionsmodells miteinbezogen. Anschließend werden die Ergebnisse zusammenfassend betrachtet und eventuelle Einflüsse ermittelt und abschließend interpretiert. Die verwendeten statistischen Mittel „explorative Datenanalyse“, „Boxplott-Diagramm“, „Varianzanalyse“ oder auch die „lineare Regression“ werden nachfolgend erläutert.

Variablen

Für die Durchführung der statistischen Analyse wurden im *SPSS* Variablen angelegt und bearbeitet. Die jeweiligen Zuweisungen und deren Eigenschaften befinden sich im Anhang A5.

Statistische Mittel

Explorative Datenanalyse – Test auf Normalverteilung

Nach [BROSIUS 2013, 403] ist die Normalverteilung der Daten der Grundgesamtheit eine Grundlage für viele statistische Tests. Die meisten Tests sind sehr robust gegen Abweichungen, sodass auch annähernd normalverteilte Daten analysiert werden können. *SPSS* kann mit Hilfe einer explorativen Datenanalyse auf die Verteilungsart „Normalverteilung“ testen. Zwei grafische Verfahren und zwei Signifikanztest stehen dazu im *SPSS* zur Verfügung. [BROSIUS 2013, 403-405]

Die grafischen Verfahren stellen die empirisch gesammelten Daten, den theoretischen Werten in sogenannten „Normalverteilungsdiagrammen“³⁰ einer Normalverteilung gegenüber. Aus diesen lassen sich Abweichungen von einer perfekten Normalverteilung sehr leicht erkennen. Die Signifikanztests hingegen berechnen eine Wahrscheinlichkeit, mit der eine Aussage über das Vorliegen einer Normalverteilung abgeleitet werden kann. Sobald dort Werte von 0 % vorliegen, ist die Verteilung nicht normalverteilt. Die Signifikanztests testen die Daten dabei sehr streng auf eine perfekte Normalverteilung. Das kann bei den meisten empirisch gesammelten Daten dazu führen, dass die explorative Datenanalyse zu einem Ergebnis nicht normalverteilter Daten kommt, obwohl die Daten dennoch annähernd normalverteilt sein können. Dann ist gegebenenfalls durch Einbezug von Histogrammen die Normalverteilungsannahme zu lockern, da wie oben bereits genannt, die statistischen Verfahren sehr robust gegen Abweichungen dieser Art sind. Sollten Daten mit annähernder Normalverteilung auftreten, sollten diese nach [BROSIUS 2010, 182] bei ihrer Interpretation etwas vorsichtiger betrachtet werden. [BROSIUS 2013, 403-405]

³⁰ Diese werden oft als normalverteilte Q-Q-Diagramme bezeichnet.

Boxplott-Diagramme

Boxplott-Diagramme dienen zur grafischen Darstellung von Lage und Verteilung von Werten und eignen sich dabei besonders für Vergleichszwecke. Abb. 4-2 zeigt grafisch alle dargestellten statistischen Maße. Dabei werden der Median, das 25 %-Perzentil und das 75 %-Perzentil, Ausreißer- und Extremwerte sowie der größte und kleinste nicht ausreißende bzw. extreme Wert angegeben. Der Median wird als schwarzer Balken dargestellt. Der orangefarbene Kasten (Boxhöhe) begrenzt im unteren Bereich das 25 %-Perzentil sowie im oberen Bereich das 75 %-Perzentil. Der Kasten stellt somit die mittleren 50 % aller Werte dar. Die kleinsten und größten Werte (ohne Ausreißer- und Extremwerte) sind durch schmale Linien mit kleinen Querstrichen versehen. Die Ausreißer- und Extremwerte werden von SPSS folgendermaßen definiert:

- Ausreißerwerte sind alle Werte, die mindestens das 1,5 fache bis hin zum 3-fachen der Boxhöhe über- bzw. unterschreiten.
- Extremwerte sind alle Werte, die mindestens das 3 fache der Boxhöhe über- bzw. unterschreiten. [BROSIUS 2010, 169-171] und [BROSIUS 2013, 401 f.]

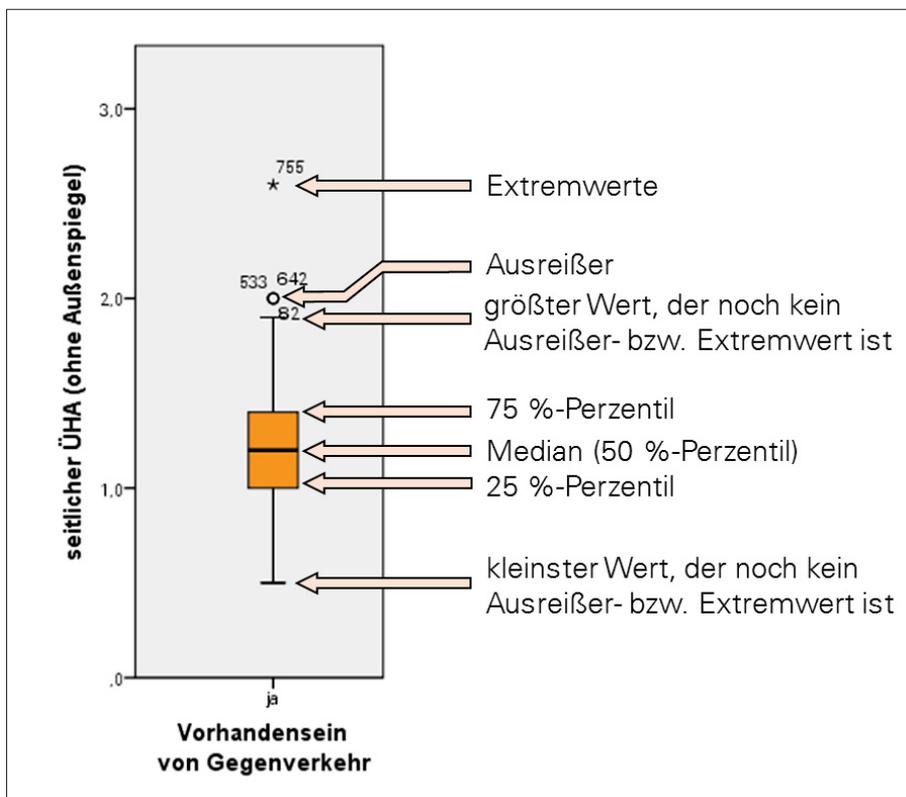


Abb. 4-2: Beispiel Boxplott-Diagramm (eigene Darstellung nach [BROSIUS 2010, 171])

ANOVA

Die ANOVA ist ein statistisches Verfahren, welches es ermöglicht, einen Vergleich von mehreren Gruppen miteinander durchzuführen, um Unterschiede signifikant zu ermitteln. Dabei werden die Mittelwerte der Gruppen miteinander verglichen. Die ANOVA hat im Gegensatz zu dem t-Test den entscheidenden Vorteil, dass Sie nicht nur zwei, sondern auch mehrere Mittelwerte der unterschiedlichen Gruppen miteinander vergleichen kann. Sie prüft die Nullhypothese, welche besagt, dass alle in der Grundgesamtheit betrachteten Mittelwerte gleich seien. Für die Durchführung der ANOVA gelten folgende Voraussetzungen:

- Die zu testende Variable hat mindestens Intervallskalenniveau,
- die zu testende Variable unterliegt einer Normalverteilung und
- die Varianzen der Variablen sind gleich groß (Varianzhomogenität). [BROSIUS 2010, 235-242] und [BROSIUS 2013, 499-515]

Dabei gilt zu beachten, dass die Varianzhomogenitätsbedingung durch einen sogenannten „Levene-Test“ im *SPSS* getestet werden kann. Sobald dieser eine Signifikanz von $> 0,05$ anzeigt, kann von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden. Solange die Gruppenstärken der betrachteten Variablen annähernd gleich sind, spielt diese Bedingung nach [UNI GRAZ 2016] jedoch keine große Rolle. [BROSIUS 2010, 235-242] und [BROSIUS 2013, 499-515]

Die ANOVA kommt am Ende nur zu dem Ergebnis, ob signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen existieren. Wo diese aber liegen, entscheidet sie nicht. Dafür gibt es Mehrfachvergleiche³¹. Diese können ebenfalls im *SPSS* ermittelt werden und dienen zur Quantifizierung der Unterschiede innerhalb der Gruppen. [BROSIUS 2010, 235-242] und [BROSIUS 2013, 499-515]

Die ANOVA wird innerhalb der Arbeit für die „Merkmalsausprägungen“ sowie für die Einflussfaktoren „Vorhandensein von Gegenverkehr“, „DTVw“, „SV-Anteil“, „Kernfahrbahnbreite“, „Schutzstreifenbreite“ sowie „Fahrzeugart“ in dieser Arbeit durchgeführt. Dabei sind die Ergebnisse in den Anhängen A8 bis A14 dargestellt.

Lineare Regression

Die lineare Regression ist ein oft verwendetes komplexes statistisches Verfahren, um nicht nur den Zusammenhang zwischen zwei Variablen zu untersuchen, sondern auch von einer Variable die abhängig ist von mehreren erklärenden Variablen. Dabei ermittelt die Regression

³¹ Diese werden oft auch als Post-hoc-Tests bezeichnet.

zum Ende eine Gleichung mit Koeffizienten. Hauptaufgabe der linearen Regression ist es somit, die unbekanntenen Koeffizienten bestmöglich zu schätzen. Dabei gilt das Ergebnis als Schätzung und wird mit der Realität niemals exakt übereinstimmen. [BROSIUS 2010, 253-264]

Die lineare Regression kann mittels *SPSS* durchgeführt werden. Dabei wird im *SPSS* ein Regressionsmodell angelegt, in dem die abhängigen Variablen und deren beschreibende Variablen eingebunden sind. Für die Berechnung sind die Variablen mindestens in Skalenniveau einzubinden. Um kategoriale Daten in der Regression berücksichtigen zu können, kann mit Hilfe sogenannter Dummy-Variablen³² jede Ausprägung umcodiert werden. [BROSIUS 2010, 253-264]

Die Ergebnisse der linearen Regression stellt *SPSS* in drei Tabellen dar. Dabei steht in der ersten Tabelle die Modellzusammenfassung, welche die Güte des Modells beschreibt. Dabei beschreibt der R^2 -Wert³³ wie gut die erklärenden Variablen die abhängige Variable beschreiben. Dieser Wert kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je weiter dieser an den Wert 1 herankommt, desto höher ist die Güte des Modells. Außerdem gibt es den korrigierten R^2 -Wert, welcher die Zunahme der Anzahl der beschreibenden Variablen berücksichtigt. Je mehr Variablen das Modell erklären, umso unsicherer wird das Modell. Als letztes Gütemaß gibt es den Standardfehler des Schätzers, der lediglich die Abweichung der durch die Regression geschätzten Werte mit den tatsächlichen Werten angibt. Die zweite Tabelle sagt etwas über die statistische Sicherheit der Regressionsanalyse aus. Mit einem Signifikanzniveau von 0,000 kann davon ausgegangen werden, dass der Zusammenhang auch in der tatsächlichen Grundgesamtheit existiert. Mit Hilfe einer ANOVA wird dies bei der linearen Regression durchgeführt. Die letzte Tabelle beschreibt dann die ermittelten Koeffizienten und damit auch die Regressionsgleichung. Sie enthält schlussendlich alle Informationen über die Zusammenhänge der einzelnen Variablen. Die Koeffizienten beschreiben dabei wie stark der Zusammenhang ist und in welche Richtung dieser verläuft. Die Tabelle gibt aber auch die Signifikanz der einzelnen Variablen an. Daraus geht hervor, von welchen Variablen die zu erklärende Variable abhängt. Auch hier gilt bei einer Signifikanz von 0,000, dass die Variablen miteinander korrelieren. Zu beachten ist, dass bei der linearen Regression nur Korrelationen ermittelt werden. Kausalität

³² Die Dummy-Variablen sind binär codierte Variablen, die eine Ausprägung darstellen. Meist liegt dabei eine Ausprägung vor, sobald die Variable den Zustand 1 erreicht.

³³ Dieser wird in der Statistik als Bestimmtheitsmaß bezeichnet.

sollte dabei immer geprüft werden, da auch korrelierende Variablen nicht zwangsläufig voneinander abhängen müssen³⁴. [BROSIUS 2010, 253-264]

4.2 ERGEBNISSE DER KERNUNTERSUCHUNG

4.2.1 Deskriptive Statistik

Statistische Kennzahlen des seitlichen ÜHA

In diesem Kapitel werden deskriptive Statistiken und deren Häufigkeiten für den seitlichen ÜHA angegeben. Dazu wird der ÜHA ohne Berücksichtigung der Außenspiegel betrachtet. Zu Informationszwecken wurde der Fall mit Berücksichtigung des Außenspiegels angegeben. Der gewählte Ansatz entspricht der Lösung 2 des Anhangs A4. Dies hat auf die Ergebnisse keinen signifikanten Einfluss. Lediglich werden dort, durch die Verringerung jedes ÜHA um ca. 10 cm³⁵, der Median, der Mittelwert, das Minimum und Maximum sowie die Perzentile verändert. Die anderen statistischen Maße bleiben ähnlich bzw. gleich. Es handelt sich somit nur um eine Verschiebung der Verteilung um die angenommene Außenspiegelbreite von ca. 10 cm.

Statistiken			
		seitlicher ÜHA (ohne Berücksichtigung der Außenspiegel)	seitlicher ÜHA (mit Berücksichtigung der Außenspiegel)
N	Gültig	1.464	1.464
	Fehlend	0	0
Mittelwert		1,3493	1,1937
Median		1,3000	1,2000
Standardabweichung		0,3078	0,3025
Minimum		0,5000	0,4000
Maximum		2,7000	2,5000
Perzentile	25	1,1000	1,0000
	50	1,3000	1,2000
	75	1,5000	1,4000

Tab. 4-2: Deskriptive Statistiken des seitlichen ÜHA

Aus der Tab. 4-2 kann man ablesen, dass sich der seitliche ÜHA mit und ohne Berücksichtigung der Außenspiegel bei der Hälfte aller Werte bei 1.30 m liegt. 75 % aller ÜHV finden mit einem kleineren seitlichen ÜHA von 1,50 m statt. Wenn man nun die Außenspiegelbreiten

³⁴ Vgl. dazu [RUMSEY 2010, 300], wo dieser Unterschied deutlich aufgezeigt wird.

³⁵ Verwendet wurde eine auf 10 cm gerundete mittlere Außenspiegelbreite (der originale Mittelwert des Ansatzes der Lösung 2 betrug: 12,3 cm).

berücksichtigt, sind die Werte dabei nach unten verschoben und ergeben geringere ÜHA. Die Werte liegen in einem Bereich von 0,50 m bis hin zu 2,70 m und streuen im Mittel um 0,30 m.

Verteilungsart und Häufigkeiten

Um die Verteilungsart zu bestimmen, wurde im Anhang A7 eine explorative Datenanalyse mit SPSS durchgeführt. Dabei kamen ein Normalverteilungsdiagramm sowie zwei Signifikanztests zum Einsatz. Dort ist zu erkennen, dass das normalverteilte Q-Q-Diagramm leichte Abweichungen von der Normalverteilung aufzeigt. Innerhalb dieses Diagramms müssten die Werte der eingezeichneten Geraden folgen. Das tun Sie sehr gut im Bereich der beobachteten Werte von 1 m bis 2 m. In den angrenzenden Bereichen folgen sie der Geraden nur noch annähernd. Die verwendeten Signifikanztests ergeben eine Wahrscheinlichkeit von 0 %. Das heißt, dass die Tests die Daten als nicht normalverteilt einschätzen. Da die Tests sehr streng fungieren, ist ein Blick auf die Verteilung mittels eines Histogramms sinnvoll. Aus den Häufigkeitsverteilungen des seitlichen ÜHA (siehe Anhang A6) und dem entsprechenden Histogramm (siehe Abb. 4-3) kann man die Verteilungsart dennoch ableiten. Die entsprechenden Verteilungsfunktionen sind dem Anhang A6 zu entnehmen. Aus dem Histogramm sowie der Verteilungsfunktion lässt sich erkennen, dass die Messwerte annähernd normalverteilt sind. Die Daten weichen zwar von einer perfekten Normalverteilung ab, können aber dennoch für die statistischen Verfahren benutzt werden, da diese, wie bereits genannt, hinreichend robust gegen eine Verletzung der Normalverteilungsbedingung sind.

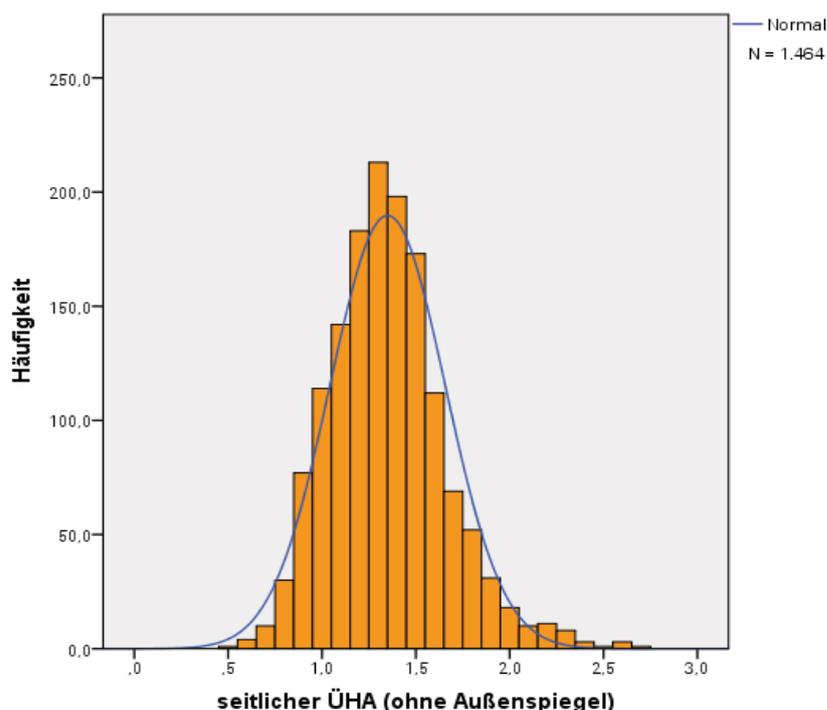


Abb. 4-3: Histogramm seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)

Statistiken der untersuchten Einflussfaktoren

Die folgenden Einflussfaktoren wurden mit allen Daten der Kernuntersuchung durchgeführt. Es wurden dabei 1.464 ÜHV ausgewertet. Die Tab. 4-3 zeigt die deskriptiven Statistiken der Einflussfaktoren. Dabei sind jedoch nur die sinnvollen Variablen angegeben, bei denen sich statistische Kennzahlen ermitteln lassen.

Deskriptive Statistiken							
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung	Perzentile	
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	25	75
DTVw (richtungs- und abschnittsfein)	1.464	4.800	9.200	7.395,83	1.342,579	6000,00	8700,00
SV-Anteil DTVw (richtungs- und abschnittsfein)	1.464	0,02	0,08	0,0377	0,01547	0,0300	0,0400
Breite der Kernfahrbahn	1.224	4,4	6,9	5,636	1,0617	4,4000	6,6000
Schutzstreifenbreite (ohne befahrbarer Rinne)	1.464	0,95	1,40	1,1816	0,12136	1,1500	1,2500
Geschwindigkeit der Kfz	1.464	17,6	78,5	41,043	6,9048	36,000	45,400
Gültige Anzahl (listenweise)	1.224						

Tab. 4-3: Deskriptive Statistiken der Einflussfaktoren

4.2.2 Ergebnisse der linearen Regression

Die lineare Regression wird in dieser Arbeit zur Analyse der Zusammenhänge der ausgewählten Einflussfaktoren verwendet. Dabei wurden die Merkmalsausprägungen und die Fahrzeugart mit Hilfe von Dummy-Variablen modelliert. Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, erzeugt SPSS drei Ergebnistabellen bei der linearen Regression. Deren Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.

Tabelle 1 – Modellübersicht

Die Güteparameter der linearen Regression stehen in der Modellübersicht in Tab. 4-4. Das verwendete Modell weist einen R^2 -Wert von 0,23 oder auch 23 % auf. Das heißt, dass sich mit dem Modell 23 % der Variable seitlicher ÜHA aufklären lassen. Der korrigierte Wert für R^2 liegt bei einem Prozentpunkt weniger. Der Einfluss der Anzahl der erklärenden Variablen ist in diesem Fall nicht entscheidend. Der Standardfehler der Schätzung gibt eine Abweichung der geschätzten von den tatsächlichen Werten von ca. 0,30 m an.

Modellübersicht									
Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung	Änderungsstatistik				
					Änderung R-Quadrat	Änderung in F	df1	df2	Sig. Änderung in F
1	0,480 ^a	0,230	0,222	0,2854	0,230	27,870	13	1.210	0,000

a. Prädiktoren: (Konstante), Vorhandensein von Gegenverkehr, fzeit=Lkw, merkmal_umcod=mit Helm, fzeit=Pkw SUV, fzeit=Bus, fzeit=Transporter, Geschwindigkeit der Kfz, Schutzstreifenbreite (mit befahrbarer Rinne), merkmal_umcod=mit Anhänger, merkmal_umcod=mit Warnweste, Breite der Kernfahrbahn, DTVw (richtungs- und abschnittsfein), SV-Anteil DTVw (richtungs- und abschnittsfein)

Tab. 4-4: Lineare Regression: Modellübersicht

Tabelle 2 – ANOVA

Die Tab. 4-5 gibt an, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen den erklärenden Variablen und der abhängigen Variable existiert. Das Ergebnis ermittelt eine Signifikanz von 0,000. Somit kann davon ausgegangen werden, dass mit dem Modell signifikante Zusammenhänge erklärt werden können.

ANOVA ^a						
Modell		Quadrat-summe	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	29,512	13	2,270	27,870	0,000 ^b
	Residuum	98,560	1.210	0,081		
	Gesamtsumme	128,072	1.223			

a. Abhängige Variable: seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)

b. Prädiktoren: (Konstante), Vorhandensein von Gegenverkehr, fzeit=Lkw, merkmal_umcod=mit Helm, fzeit=Pkw SUV, fzeit=Bus, fzeit=Transporter, Geschwindigkeit der Kfz, Schutzstreifenbreite (mit befahrbarer Rinne), merkmal_umcod=mit Anhänger, merkmal_umcod=mit Warnweste, Breite der Kernfahrbahn, DTVw (richtungs- und abschnittsfein), SV-Anteil DTVw (richtungs- und abschnittsfein)

Tab. 4-5: Lineare Regression: ANOVA

Tabelle 3 – Koeffizienten

Signifikante Einflussfaktoren

Die errechneten Koeffizienten der Regressionsgleichung können der Tab. 4-6 entnommen werden. Dabei haben folgende Einflussfaktoren einen signifikanten Einfluss³⁶

- DTVw, SV-Anteil, Breite der Kernfahrbahn, Schutzstreifenbreite
- Fahrzeugart: „Transporter“

³⁶ Alle Faktoren, bis auf die Merkmalsausprägung „mit Helm“, haben eine Irrtumswahrscheinlichkeit von ca. ≤ 5 %. Die Helmnutzung ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % signifikant.

- Merkmalsausprägung: „mit Helm“ und „mit Anhänger“
- Vorhandensein von Gegenverkehr

Die anderen Einflussfaktoren sind nach der Regressionsanalyse nicht signifikant. Sie sind also nicht allgemein gültig und gelten nur in dieser Stichprobe. Aus diesem Grund werden diese innerhalb der Regressionsanalyse nicht betrachtet.

Ergebnisse der signifikanten Koeffizienten

Die signifikanten Ergebnisse werden in Tab. 4-6 kurz zusammengestellt. Dabei gilt zu beachten, dass die entdeckten Zusammenhänge ausschließlich korrelieren. Kausale Zusammenhänge werden später erläutert und interpretiert.

- Bei einer Steigerung des DTVw, beispielsweise um 1.000 Kfz/24h, verringert sich der seitliche ÜHA um ca. 3 cm³⁷.
- Bei einer Steigerung des SV-Anteils um 1 Prozentpunkt verringert sich der seitliche ÜHA um 12 cm.
- Bei einer Steigerung der Kernfahrbahnbreite um 1 m, steigt der seitliche ÜHA um 4 cm.
- Bei einer Steigerung der Schutzstreifenbreite um 1 m, sinkt der seitliche ÜHA um 20 cm.
- Beim Tragen eines Helms, verringert sich der seitliche ÜHA um 3 cm gegenüber der Merkmalsausprägung „ohne Helm“.
- Beim Fahren mit einem Anhänger verringert sich der seitliche ÜHA um 6 cm gegenüber der Merkmalsausprägung „ohne Helm“.
- Sobald Gegenverkehr vorhanden ist, verringert dieser den seitlichen ÜHA um 22 cm.

Als größter Einflussfaktor hat sich das Vorhandensein von Gegenverkehr herausgestellt. Dicht darauf folgen die Schutzstreifenbreite und der SV-Anteil.

³⁷ Der Koeffizient des DTVw sagt aus, sobald der DTVw sich um 1 Kfz/24h erhöht, sinkt der seitliche ÜHA um 3,0289E-05 m. Da dies ein kaum vorstellbarer Wert ist, wird ein Beispiel für die Erhöhung des DTVw um 1.000 Kfz/24h angegeben.

Koeffizienten ^a						
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	2,187	0,142		15,390	0,000
	DTVw (richtungs- und abschnittsfein)	-3,289E-05	0,000	-0,144	-3,123	0,002
	SV-Anteil DTVw (richtungs- und abschnittsfein)	-0,121	0,014	-0,584	-8,951	0,000
	Breite der Kernfahrbahn	0,039	0,012	0,127	3,295	0,001
	Schutzstreifenbreite (mit befahrbarer Rinne)	-0,204	0,041	-0,371	-5,007	0,000
	Geschwindigkeit der Kfz	0,001	0,001	0,019	0,716	0,474
	fzart=Pkw SUV	-0,018	0,038	-0,012	-0,483	0,629
	fzart=Transporter	-0,055	0,029	-0,049	-1,924	0,055
	fzart=Lkw	0,011	0,040	0,007	0,291	0,771
	fzart=Bus	-0,019	0,096	-0,005	-0,203	0,839
	merkmal_umcod=mit Helm	-0,031	0,019	-0,047	-1,668	0,096
	merkmal_umcod=mit Anhänger	-0,064	0,034	-0,060	-1,904	0,057
	merkmal_umcod=mit Warnweste	-0,031	0,032	-0,030	-0,945	0,345
	Vorhandensein von Gegenverkehr	-0,221	0,017	-0,335	-13,030	0,000

a. Abhängige Variable: seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)

Tab. 4-6: Lineare Regression: Koeffizienten

4.2.3 Einfluss der Merkmalsausprägungen

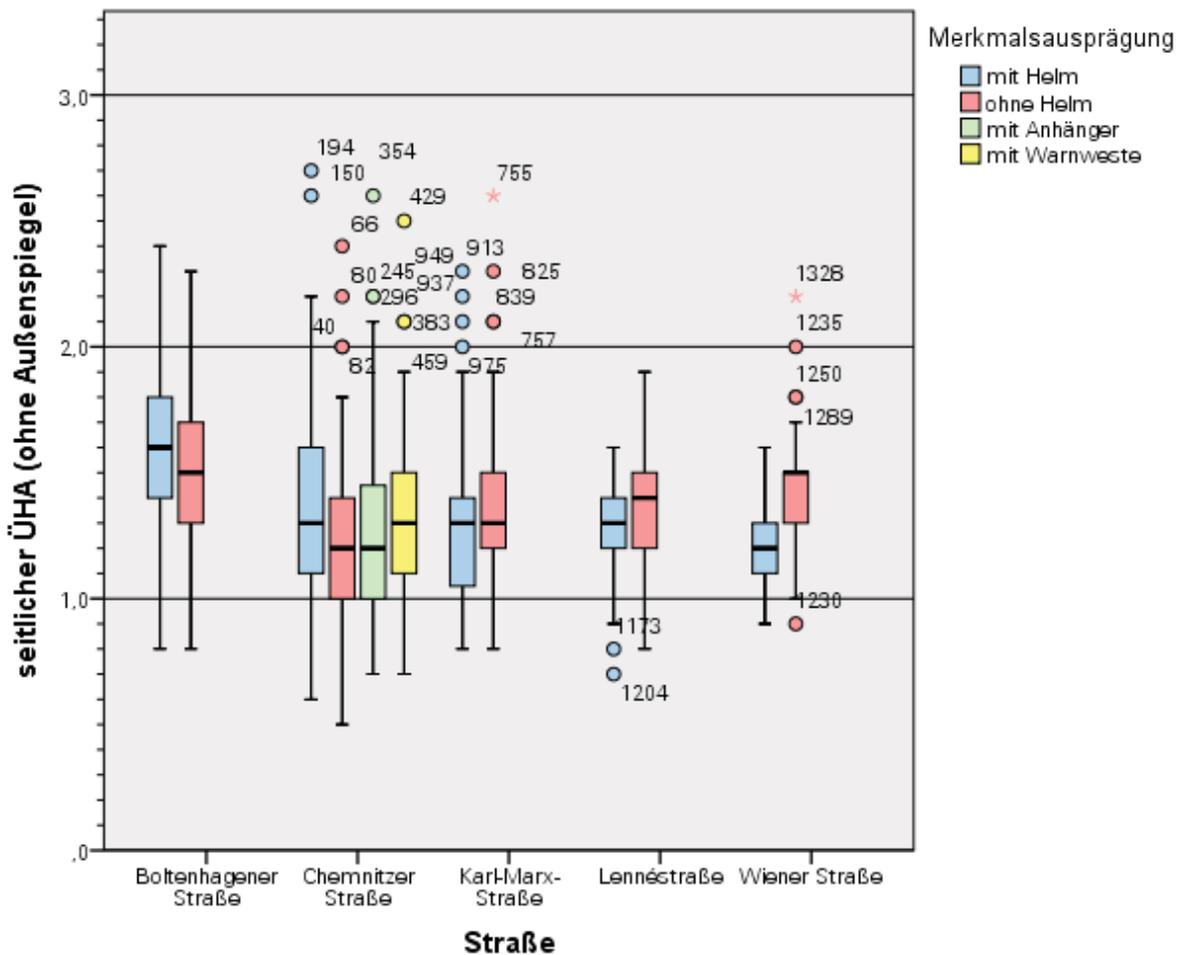


Abb. 4-4: Seitlicher ÜHA nach Straßen und Merkmalsausprägungen

Auswertung Merkmal Helmnutzung für alle Straßen

Der Abb. 4-4 kann entnommen werden, dass es Unterschiede zwischen den Merkmalsausprägungen gibt. Auch die ANOVA in Anhang A8 bestätigt für alle Straßen und Merkmalsausprägungen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppen mit Irrtumswahrscheinlichkeiten von kleiner als 5 %. Beobachtbar ist dabei, dass sich die Boltenhagener Straße und die Chemnitzer Straße von den anderen Straßen unterscheiden. Dort gibt es größere ÜHA durch das Tragen eines Helms. Bei den Messwerten der Boltenhagener Straße sind zwischen den Merkmalsausprägungen in Bezug auf den Median Unterschiede in der Höhe von 0,10 m spürbar. Im Vergleich der Boltenhagener Straße mit der Chemnitzer Straße sind deutliche Unterschiede zu sehen. So sind bei der Chemnitzer Straße die ÜHA deutlich geringer. Auch die Spannweite der Werte ist sehr groß. Sie reicht von 0,80 m bis hin zu 2,40 m. Bei den anderen Straßen gibt es einen gegenteiligen Effekt. Da führt das Tragen eines Helms eher zu größeren

ÜHA. Am deutlichsten ist dieser Effekt auf der Wiener Straße zu beobachten. Dort wird deutlich, dass 50 % aller ÜHA ohne Helm größer sind als 50 % der Werte mit Helm. Außerdem ist dort die Spannweite aller Messwerte am kleinsten.

Auswertung der Merkmale „ohne Helm“ im Vergleich zu „mit Anhänger“ bzw. „mit Warnweste“

Der Vergleich zwischen den Merkmalsausprägungen „ohne Helm“, „mit Anhänger“ und „mit Warnweste“ ist nur auf der Chemnitzer Straße möglich. Im Vergleich zur Merkmalsausprägung „mit Anhänger“ ergab die ANOVA einen signifikanten Unterschied mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 %. Im Boxplott-Diagramm ist kein wesentlicher Unterschied feststellbar. Bis auf den Wertebereich, welcher bei der Merkmalsausprägung „mit Anhänger“ leicht nach oben verschoben ist, gibt es keine grundlegenden Unterschiede. Die Boxhöhe ist annähernd identisch, somit liegen 50 % der Messwerte im selben Bereich. Auch der Median ist identisch. Im Vergleich zur Merkmalsausprägung „mit Warnweste“ gab es in der ANOVA ebenfalls signifikante Unterschiede, aber dieses Mal mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Hier ist festzustellen, dass das Tragen einer Warnweste zu leicht größeren ÜHA führt. Diese liegen aber in einem Bereich von 0,1 m.

Einfluss der Merkmalsausprägungen über alle Straßen

Werden die Messwerte über alle Straßen aufgetragen erhält man das Boxplott-Diagramm in Abb. 4-5. Dort sieht man, dass der seitliche ÜHA je nach Merkmalsausprägung schwankt. Daraus leitet sich ab, dass das Tragen eines Helms tendenziell dazu führt, dass die Kraftfahrer näher überholen. Die Werte der Merkmalsausprägung „ohne Helm“ ähneln sich jedoch trotzdem der Merkmalsausprägung „mit Helm“, sodass gesagt werden muss, dass die Unterschiede nicht sehr stark sind. Das Fahren mit einem Anhänger (ohne Helm) führt dabei tendenziell im Vergleich mit der Merkmalsausprägung „ohne Helm“ zu geringeren seitlichen ÜHA. Der Einfluss durch das Tragen einer Warnweste ist kaum feststellbar.

Durch die lineare Regression konnte festgestellt werden, dass nur für die Merkmalsausprägungen „mit Helm“ und „mit Anhänger“ im Vergleich zu „ohne Helm“ signifikante Einflüsse bestehen.

Wenn nun die Werte in ihren Größenverhältnissen verglichen werden, kann dem Boxplott Diagramm entnommen werden, dass es tendenziell keine große Rolle spielt, ob der Radfahrer

einen Helm trägt oder nicht. Das Benutzen eines Anhängers hat dabei den größten Einfluss und das Tragen einer Warnweste hat geringe Auswirkungen auf den seitlichen ÜHA.

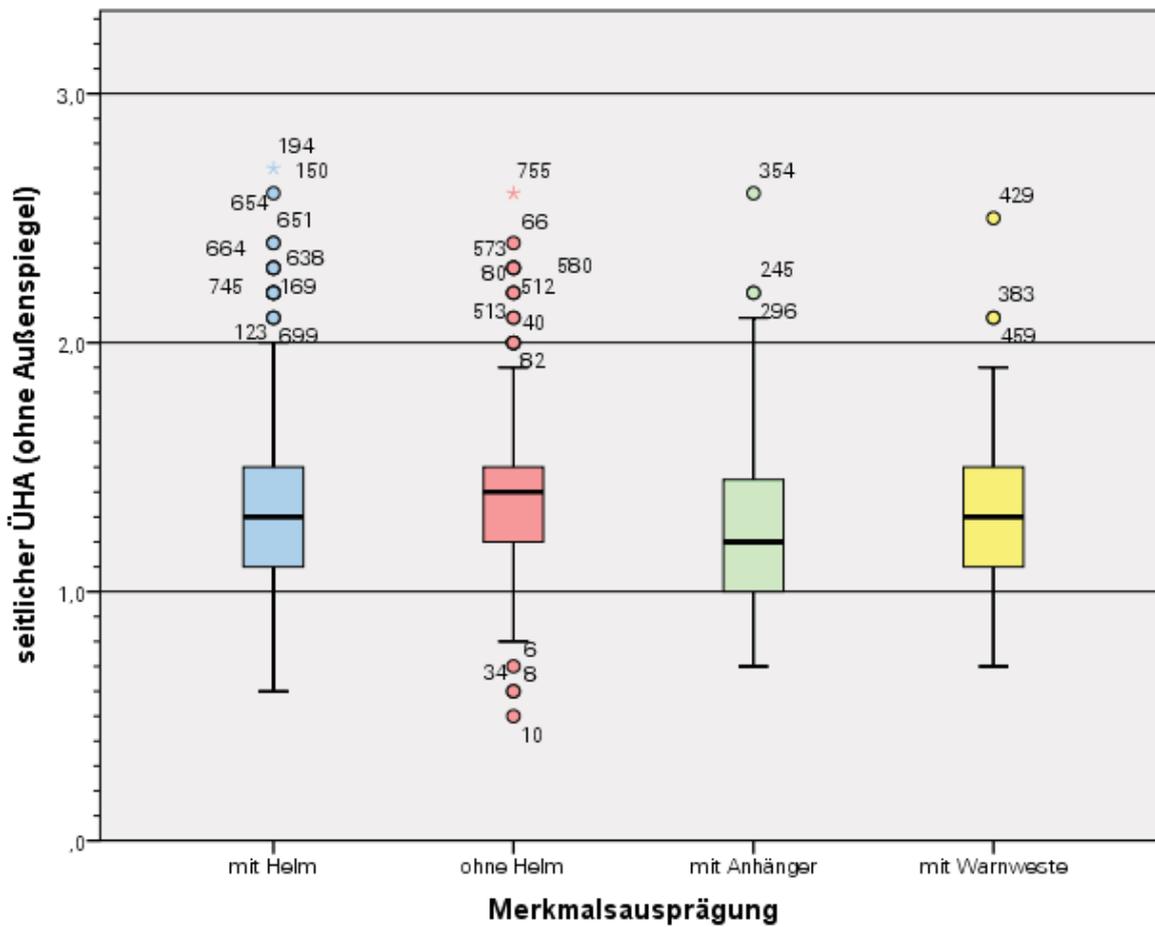


Abb. 4-5: Seitlicher ÜHA nach Merkmalsausprägungen

4.2.4 Einfluss des Gegenverkehrs

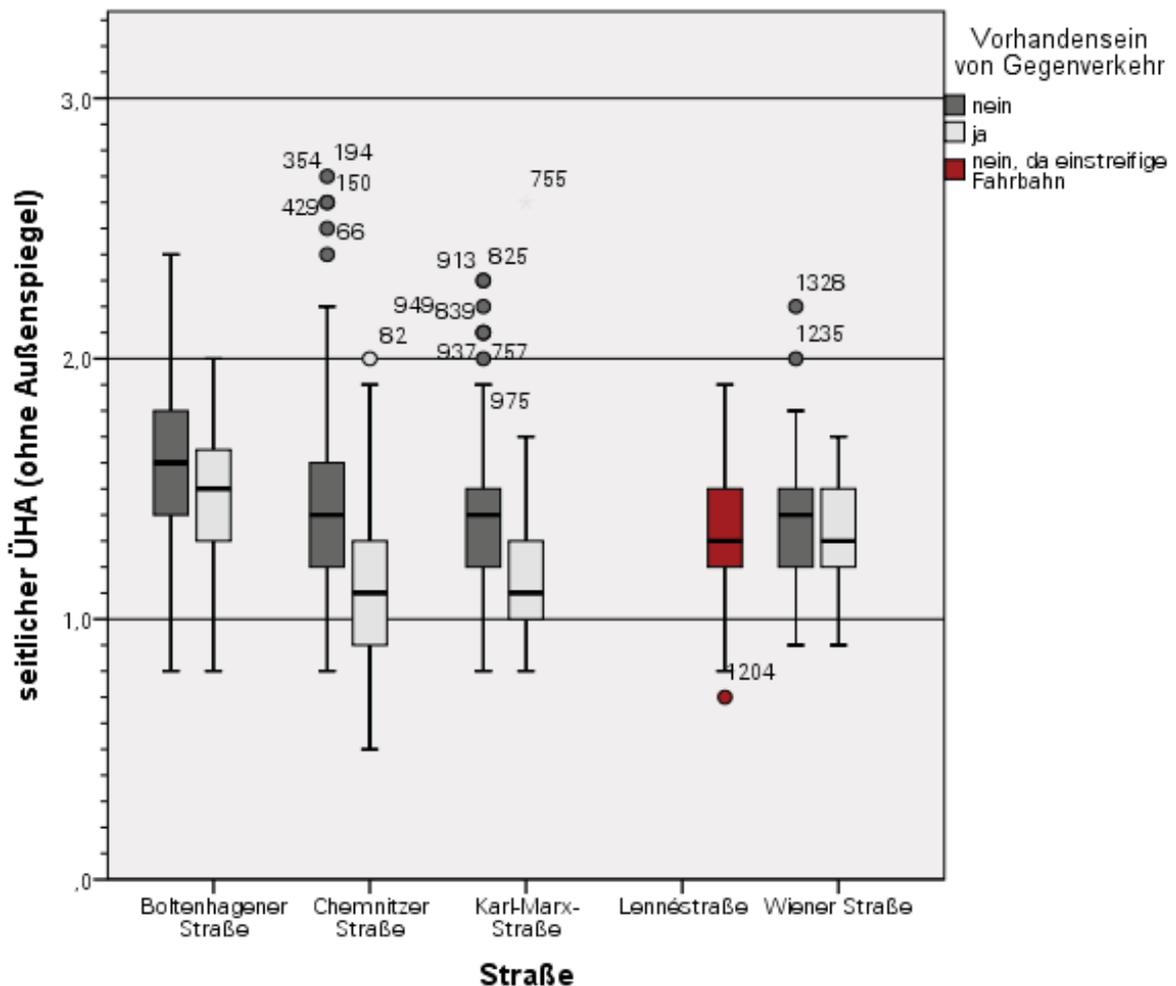


Abb. 4-6: Seitlicher ÜHA nach Straßen und Vorhandensein von Gegenverkehr

Bei dem Einfluss des Gegenverkehrs konnten je Gruppe und Straße ausreichende Fallzahlen erreicht werden. Dabei ist die Gruppe „kein Gegenverkehr vorhanden“ immer stärker vertreten. Das Vorhandensein von Gegenverkehr hat dabei nach Abb. 4-6 einen sehr großen Einfluss auf den seitlichen ÜHA. Durch die lineare Regression konnte dieser starke Zusammenhang bestätigt werden. Neben allen anderen Einflussfaktoren wirkt das Vorhandensein von Gegenverkehr auf diesen zweistreifigen Straßen am meisten. Dabei nimmt der seitliche ÜHA im Mittel um 22 cm ab, sobald Gegenverkehr auftritt.

Im Boxplot Diagramm in Abb. 4-6 zeigt sich bei allen Straßen dieser Zusammenhang. Das Vorhandensein von Gegenverkehr führt dabei zu geringeren seitlichen ÜHA. Bei der Chemnitzer Straße ist der Effekt am größten. Dabei unterscheiden sich die Werte des Median um bis zu 0,30 m. Bei allen Straßen bis auf die Wiener Straße liefert die ANOVA im Anhang A9 signifikante Ergebnisse. Bei der Wiener Straße sieht man den Effekt nur marginal am Median, da

aber die Ergebnisse der ANOVA für die Wiener Straße keine Signifikanz feststellen, ist die Wiener Straße nicht aussagekräftig. Bei der Lennéstraße gibt es durch den besonderen Bahnkörper in Mittellage nur 1 Fahrstreifen je Richtung, sodass dort kein Gegenverkehr, der im Sinne eines ÜHV die seitlichen ÜHA beeinflusst, stattfindet.

4.2.5 Einfluss der Verkehrsmengen

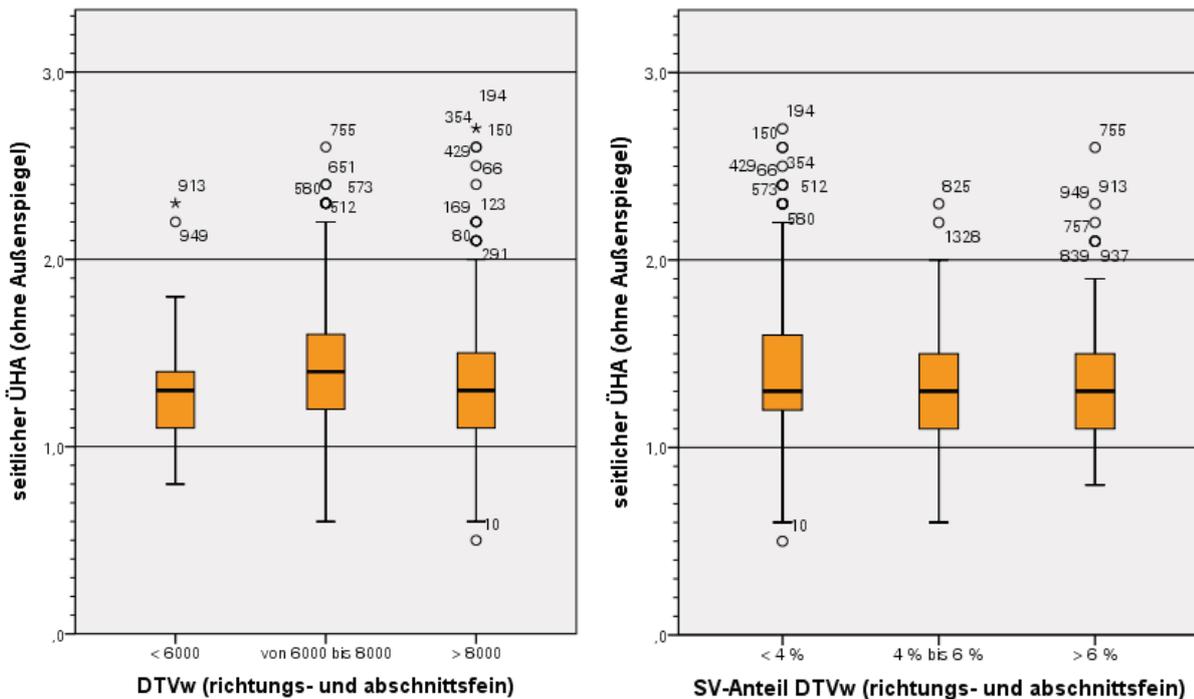


Abb. 4-7: Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zu DTVw bzw. SV-Anteil

Der DTVw und der SV-Anteil wurden für die Auswertung in jeweils 3 Gruppen eingeteilt, um höhere Fallzahlen je Gruppe zu erhalten. Hierbei ist zu beachten, dass sich die betrachteten Fallzahlen der Gruppen deutlich unterscheiden. So ist beim DTVw die Gruppe „von 6.000 bis 8.000 Kfz/24h“ die größte und beim SV-Anteil die Gruppe „< 4 %“. Die ANOVAS in den Anhängen A10 und A11 ergeben für die Gruppen signifikante Unterschiede. In den Abb. 4-7 sind dabei grafisch zwei Boxplott-Diagramme dargestellt.

Beim DTVw ergeben die Post-hoc-Tests (siehe gleicher Anhang) einen signifikanten Unterschied der Gruppe „von 6.000 bis 8.000“ im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen. Es zeigt sich, dass mit zunehmenden DTVw der seitliche ÜHA zunächst sehr leicht steigt und danach wieder sinkt.

Mit zunehmendem SV-Anteil sinkt der seitliche ÜHA leicht. Auch hier ergeben die Post-hoc-Tests nur zwischen den Gruppen „< 4 %“ und „4 % bis 6 %“ einen signifikanten Unterschied.

Für die Gruppe „> 6 %“ sind die Fallzahlen im Vergleich zu den anderen Gruppen zu unterschiedlich.

4.2.6 Einfluss von Kernfahrbahnbreite

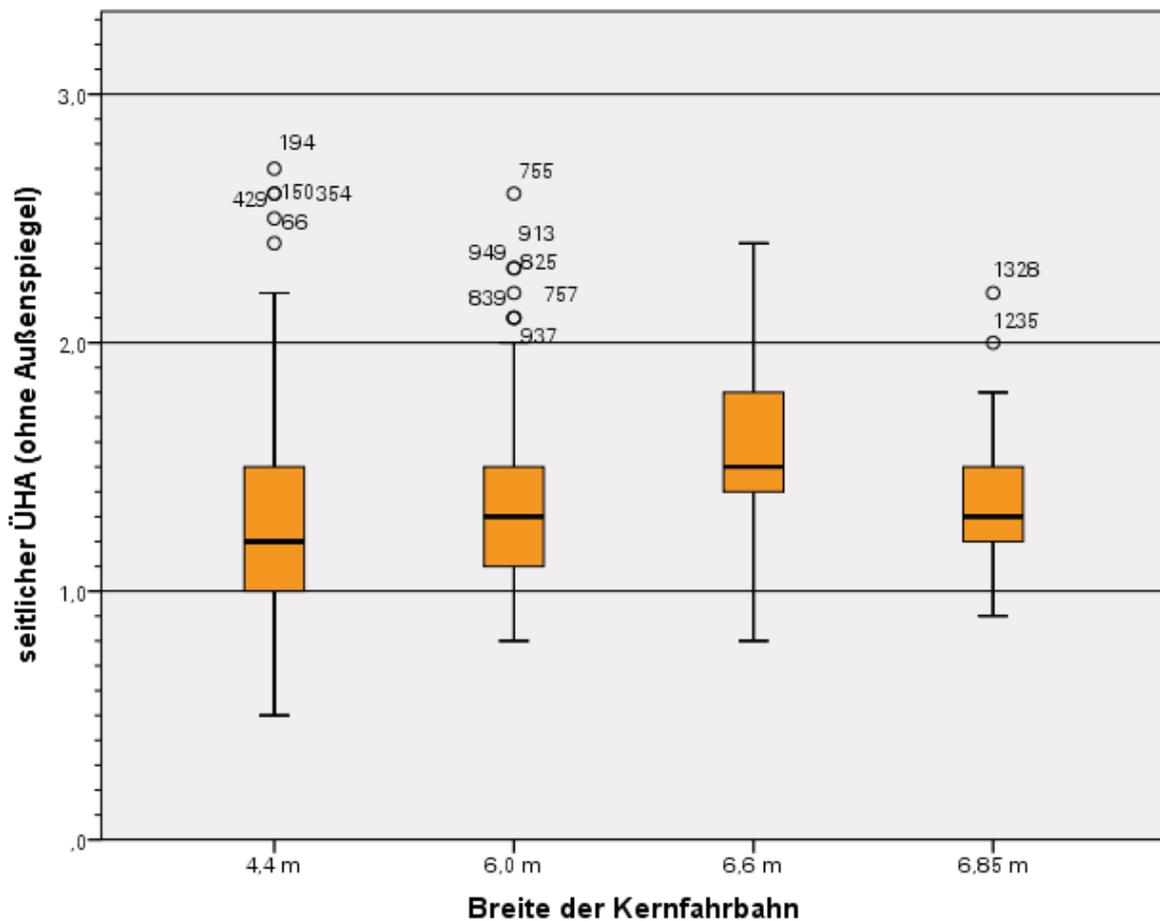


Abb. 4-8: Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zur Kernfahrbahnbreite

Beim Einfluss der Kernfahrbahnbreite sind die Fallzahlen annähernd gleich. In der Gruppe „4,4 m“ sind diese fast doppelt so groß wie im Vergleich zu den anderen Gruppen. Die lineare Regression ergab, dass bei einer Steigerung der Kernfahrbahnbreite um 1 m, der seitliche ÜHA um 4 cm steigt. In der Abb. 4-8 ist dieser Effekt ebenfalls zu erkennen. Jedoch lässt sich dort auch erkennen, dass ab einem gewissen Schwellenwert mit zunehmender Kernfahrbahnbreite der seitliche ÜHA wieder abnimmt. Aus den Ergebnissen der ANOVA im Anhang A12 und deren Post-hoc-Tests lässt sich erkennen, dass die Gruppe „6,6 m“ signifikante Unterschiede im Vergleich zu den anderen Gruppen aufweist.

4.2.7 Einfluss von Schutzstreifenbreite

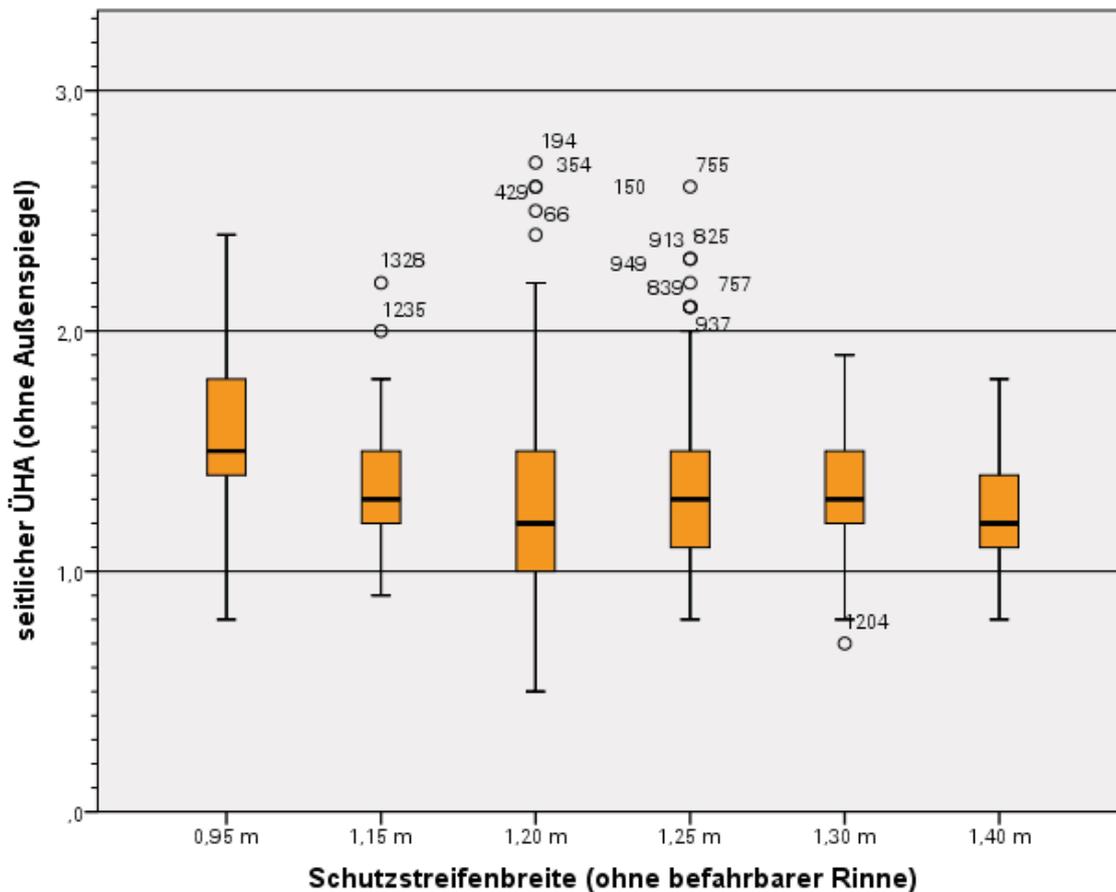


Abb. 4-9: Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zur Schutzstreifenbreite (ohne Rinne)

Bei dem Einfluss der Schutzstreifenbreite gibt es aufgrund der Vielzahl der Gruppen auch unterschiedliche Fallzahlen. So weisen die Gruppen „0,95 m“ und „1,15 m“ ca. 250 Fälle auf. Die Gruppe „1,20 m“ stellt mit fast 500 Fällen die größte Gruppe dar. Danach folgen unterschiedliche Fallzahlen jeder Gruppe. Aus der linearen Regression geht hervor, dass mit zunehmender Schutzstreifenbreite auch die seitlichen ÜHA abnehmen. Das bestätigt auch das Boxplott-Diagramm aus Abb. 4-9. Dieser Trend ist dabei aber nur leicht zu verzeichnen. Die Gruppe „0,95 m“ weist dabei in der ANOVA und deren Post-hoc-tests im Anhang A13 signifikante Unterschiede zu allen anderen Gruppen auf. Weitere signifikante Unterschiede gibt es nicht.

4.2.8 Einfluss der Fahrzeugart

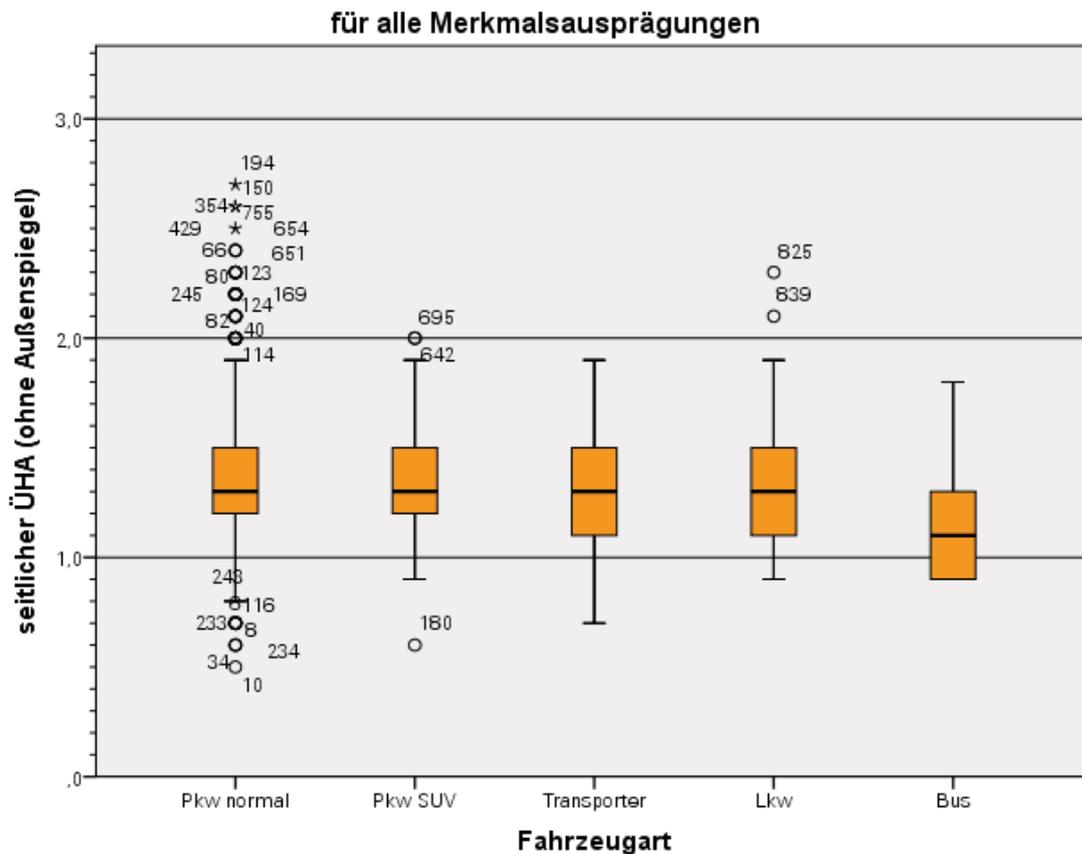


Abb. 4-10: Seitlicher ÜHA nach Straße und Fahrzeugart

Die Fallzahlen beim Einfluss des Gegenverkehrs sind sehr unterschiedlich. Das liegt an der natürlichen Zusammensetzung des Fahrzeugkollektivs. Dabei sind im Straßenverkehr viel mehr Pkw als andere Fahrzeugarten vorhanden. Dies führt automatisch dazu, dass in der Auswertung bei den Gruppen so starke Unterschiede bestehen. Die Gruppe „Bus“ weist gerade mal zehn Fälle auf, sodass diese nicht sinnvoll statistisch ausgewertet werden können. Die ANOVA im Anhang A14 und auch die lineare Regression kommen zu dem Ergebnis, dass nur die Fahrzeugart „Transporter“ im Vergleich zu „Pkw normal“ einen signifikanten Unterschied aufweist. Im Boxplott in Abb. 4-10 ist dennoch zu erkennen, dass diese Unterschiede nicht sehr groß sind. Laut linearer Regression nimmt der seitliche ÜHA von der Gruppe „Transporter“ im Vergleich zur Gruppe „Pkw normal“ um ca. 5 cm ab. Es ist zwar im Boxplott ein deutlicher Unterschied zwischen der Gruppe „Bus“ und „Pkw normal“ zu erkennen, welcher aber mit keiner ausreichenden statistischen Sicherheit bestätigt werden konnte.

4.2.9 Einfluss der Geschwindigkeiten

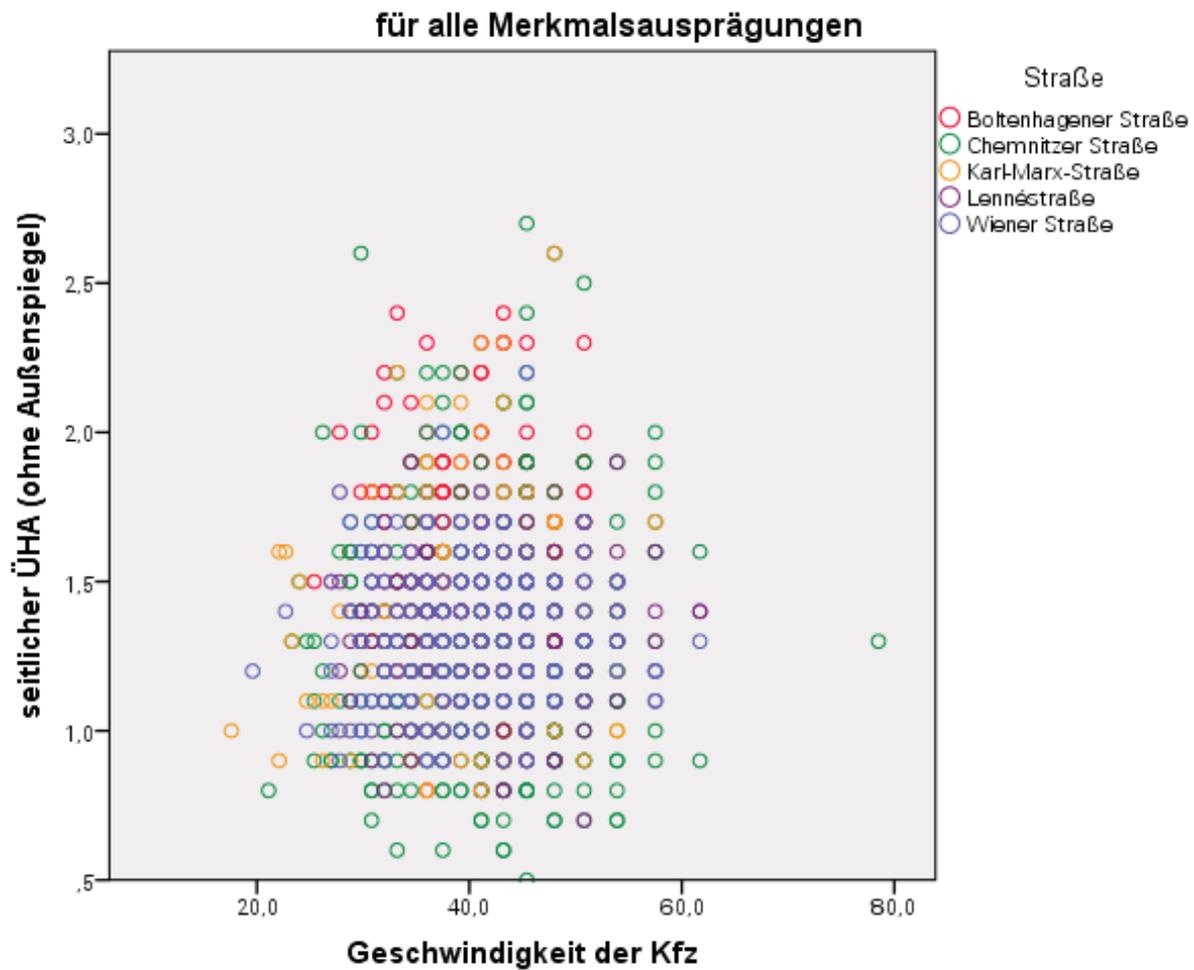


Abb. 4-11: Seitlicher ÜHA nach Geschwindigkeiten des Kfz

Ein Einfluss der Geschwindigkeiten konnte nicht festgestellt werden. Die lineare Regression kommt zu keinem signifikanten Ergebnis. Aus dem Streudiagramm in Abb. 4-11 können keine Zusammenhänge erkannt werden. Die Messwerte streuen bei allen Abständen und Geschwindigkeiten. Der seitliche ÜHA hängt also nicht von der Geschwindigkeit des Kfz auf zweistreifigen innerörtlichen Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h ab.

4.3 ERGEBNISSE DER NEBENUNTERSUCHUNG

4.3.1 Abgrenzung und deskriptive Statistik

Statistiken				
Führungsform des Radverkehrs	N		seitlicher ÜHA	
	Gültig	Fehlend	Mittelwert	Standartabweichung
Schutzstreifen Chemnitzer Straße	499	0	1,278	0,3450
Schutzstreifen Boltenhagener Straße	249	0	1,567	0,2997
Radfahrstreifen	164	0	1,534	0,3311
Mischverkehr ohne Markierung	54	0	1,359	0,3242

Tab. 4-7: Statistiken des seitlichen ÜHA nach den Führungsformen

Die Nebenuntersuchung wurde durchgeführt um einen Vergleich zwischen den Führungsformen darzustellen. Die Durchführung erfolgte parallel zur eigentlichen Kernuntersuchung. Dabei wurden bei Streckenanteilen ohne Schutzstreifenmarkierung auf der Chemnitzer Straße und bei Streckenanteilen mit Radfahrstreifen auf der Boltenhagener Straße ÜHV gesondert ermittelt. Somit gibt es geringe Fallzahlen. Wenn nun die Fallzahlen nach den Merkmalsausprägungen aufgetrennt werden (siehe Tab. 4-7), würden sich diese pro Merkmalsausprägung soweit reduzieren, dass mit den vorhandenen Daten eine Auswertung nicht möglich wäre. Aus diesem Grund wird bei der Nebenuntersuchung nur noch die Führungsform unterschieden. Außerdem sind die Fallzahlen des Vergleichs zwischen „Schutzstreifen“ und „Mischverkehr ohne Markierung“ bzw. „Radfahrstreifen“ ohnehin sehr unterschiedlich. Aus diesen Grund sind die folgenden Aussagen mit Vorsicht zu interpretieren. Dabei werden nur die Boltenhagener Straße und die Chemnitzer Straße betrachtet, da dort die Führungsformen in gleichen Abschnitten vorkommen und somit ein direkter Vergleich möglich ist.

Statistische Verfahren wie eine ANOVA oder eine lineare Regression sollen bei der Nebenuntersuchung nicht zum Einsatz kommen, da diese nur zum Kurzvergleich gedacht ist und dies den Bearbeitungsumfang übersteigen würde.

4.3.2 Vergleich der Führungsformen

Chemnitzer Straße

Auf der Chemnitzer Straße überholen die Kfz mit höheren Abständen, sobald keine Schutzstreifenmarkierung vorhanden ist. Die Wertebereiche sind annähernd gleich, jedoch ist der Median bei der Führungsform Mischverkehr ohne Markierung höher. Sie unterscheiden sich dabei um 0,20 m.

Boltenhagener Straße

Bei der Boltenhagener Straße liegen die Werte der Mediane bei 1,50 m seitlichen ÜHA. Die häufigsten Werte unterscheiden sich dabei ein wenig. So sind beim Radfahrstreifen die Boxhöhen um 0,10 m nach unten verschoben. Das spricht für leicht geringere seitliche ÜHA beim Radfahrstreifen.

Ansonsten ist auch in den Abb. 4-12 zu erkennen, dass sich die Straßen bei der Führungsform Schutzstreifen deutlich unterscheiden. Dies lässt Hinweise darauf zu, dass andere Einflussfaktoren wie beispielsweise die Streckencharakteristik auf den seitlichen ÜHA wirken.

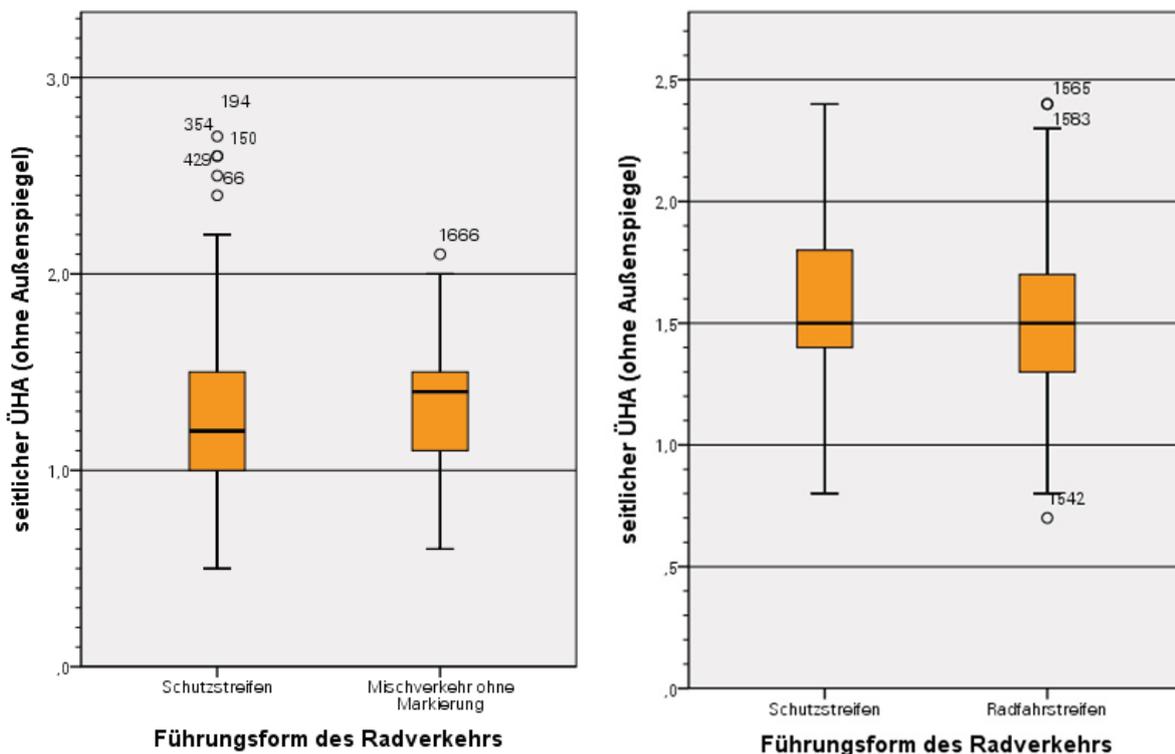


Abb. 4-12: Seitlicher ÜHA in Abhängigkeit zur Führungsform des Radverkehrs

4.4 ZUSAMMENFASSUNG, BEWERTUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Seitlicher ÜHA - Allgemein

Die gemessenen Werte des seitlichen ÜHA im Mittel von ca. 1,30 m liegen unter den rechtlich und planerisch geforderten Werten von 1,50 bis 2,00 m. Bei den ÜHV kam es teilweise zu kritischen und gefährlichen Abständen. Einmal musste der Radfahrer sogar Ausweichen, um eine Kollision zu vermeiden. Die Nutzung eines Anhängers liegt dabei im gleichen Bereich, obwohl der Fahrzeugführer nach der aktuellen Rechtsprechung mindestens 2,00 m seitlichen ÜHA einhalten müsste. Gerade in der Hinsicht, dass sich im Fahrradanhänger oft Kleinstkinder auf Höhe der Stoßstangen der Kfz befinden, wird dies als sehr kritisch eingestuft. Die aus der

Literaturanalyse bekannte Unterschreitung der Sicherheitsabstände beim Überholen bestätigte die Untersuchung mit Hilfe des Feldversuchs.

Regression:

23 % des Modells werden, durch die in der Untersuchung verwendeten Einflussfaktoren, erklärt. Begründet wird das in der Abgrenzung der Untersuchung. Schon dort konnten nicht alle Einflüsse betrachtet werden. Weitere Einflüsse wie das Verhalten der Fahrzeugführer oder der Radfahrer sind in dieser Untersuchung nicht erfasst, da dies den Erhebungsrahmen im Sinne dieser Arbeit deutlich überschritten hätte.

Zusammenfassung Merkmalsausprägungen

Für den Radfahrer im Straßenverkehr sind durch die Variation der Merkmalsausprägungen kaum Einflüsse spürbar. Diese lagen in geringen Bereichen 0,1 m bis 0,2 m auf der jeweiligen Straße. Die ÜHA in den Merkmalsausprägungen auf der jeweiligen Straße unterscheiden sich dabei weniger stark. Sobald jedoch die Straßen verglichen werden, sind deutliche Unterschiede erkennbar. Dies spricht dann eher für einen Einfluss der Streckencharakterisierung auf den seitlichen ÜHA. Dabei kann tendenziell gesagt werden, dass das Tragen eines Helms zu geringeren seitlichen ÜHA führt und das Benutzen eines Anhängers so gut wie keinen Einfluss hat. Die Ergebnisse in Bezug auf die Helmnutzung bestätigen dabei die Ergebnisse von [WALKER 2007]. Lediglich das Tragen einer Warnweste hat eine geringe Erhöhung des ÜHA zur Folge.

Einfluss des Gegenverkehrs

Der Einfluss des Gegenverkehrs auf den seitlichen ÜHA ist wohl der größte betrachtete Einflussfaktor. So nimmt der Abstand deutlich ab, sobald Gegenverkehr vorhanden ist. Dies ist bei den zweistreifigen Straßen in diesen Größenordnungen typisch. Die gewählten Querschnitte sind noch groß genug, dass mit Gegenverkehr überholt werden kann. Dennoch sind sie schmal genug, dass sich der seitliche ÜHA verringert. Wären die Querschnitte noch viel schmaler, könnte es mit Gegenverkehr zu keinem ÜHV kommen. Aus diesen Gründen erklärt sich, warum der Gegenverkehr auch den größten Einfluss besitzt. So werden ohne Gegenverkehr schlichtweg die Radfahrer durch Benutzen des Gegenfahrstreifens sicherer überholt. Dies zeigt sich gerade am Beispiel der Chemnitzer Straße, wobei die Mindestmaße für die Kernfahrbahn und den Schutzstreifen leicht unterschritten wurden.

Einfluss der Verkehrsmengen

Um die Einflüsse der Verkehrsmengen sicher zu beurteilen, ist das Untersuchungskollektiv schlichtweg zu klein. Es wurden fünf Straßen mit unterschiedlichen DTVw-Bereichen von 4.800 Kfz/24h bis 9.200 Kfz/24h ausgewählt. Diese können jedoch niemals das gesamte Spektrum der Verkehrsmengen auf zweistreifigen Hauptverkehrsstraßen abbilden. Außerdem gibt es bei der Betrachtung des DTVw ein Problem. Die Verkehrsmengen unterliegen starken tageszeitlichen Schwankungen, sodass eine Beurteilung nach der aktuellen Verkehrsmenge zum jeweiligen ÜHV viel sinnvoller wäre. Der SV-Anteil ist nur eine weitere Kennzahl der Verkehrsmengen. Dieser unterliegt den gleichen Randbedingungen und wird direkt durch den DTVw maßgeblich beeinflusst, sodass hier eine Beurteilung entfällt.

Einfluss von Kernfahrbahn- und Schutzstreifenbreite

Bei der Untersuchung zeigte sich, dass mit zunehmender Kernfahrbahnbreite der seitliche ÜHA bis zu einem Punkt steigt und danach wieder sinkt. Die widersprüchlichen Ergebnisse aus der Literaturanalyse können dabei zum Teil bestätigt werden. Die Untersuchung kommt außerdem zu dem Ergebnis, dass mit zunehmender Schutzstreifenbreite, der seitliche ÜHA reduziert wird. Die Ergebnisse kommen zustande, da es zwischen diesen beiden Größen einen direkten Zusammenhang gibt. Sie hängen außerdem mit der gesamten Straßenbreite zusammen. Die Straßenbreite kann je nach Planung in die verschiedenen Verkehrsflächen aufgeteilt werden. So gibt es teilweise große Kernfahrbahnbreiten mit schmalen Schutzstreifen oder breite Schutzstreifen mit schmalen Kernfahrbahnen. Das Verhältnis der Beiden untereinander hat wohl eher einen entscheidenden Einfluss, der aber in dieser Untersuchung nicht näher betrachtet werden konnte.

Der Einfluss der Mittelmarkierung wurde ebenfalls in dieser Arbeit nicht untersucht. Jedoch hängt dieser wohl auch mit der Kernfahrbahnbreite zusammen, da eine Mittelmarkierung erst ab einer Kernfahrbahnbreite von 5,50 m aufgebracht werden darf.

Einfluss der Fahrzeugart

Bei den unterschiedlichen Fahrzeugarten, konnten kaum signifikante Unterschiede nachgewiesen werden. Gründe dafür liegen in den unterschiedlichen Fallzahlen der Gruppen, wobei bestimmte Fahrzeugarten sehr wenige Fälle aufweisen. Die einzige Fahrzeugart die signifikante Unterschiede zeigt ist der Transporter. Dabei kommt es zu Unterschieden des seitlichen ÜHA im Bereich von 5 cm. Diese sind marginal und für den Radfahrer kaum zu spüren und

könnten auch durch das Messverfahren entstanden sein. Die Gruppe Bus zeigt zwar keine Signifikanz, jedoch den Trend, dass diese Gruppe mit geringeren seitlichen ÜHA überholt. Dies bestätigt somit die Erkenntnisse von [WALKER 2007] und [CHUANG et. al. 2012].

Einfluss der Geschwindigkeiten der Kfz

Der seitliche ÜHA hängt nicht von der Geschwindigkeit der Kfz auf zweistreifigen innerörtlichen Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h ab. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden. Aus Sicht der Verkehrssicherheit führen dennoch geringere Geschwindigkeiten zu einer Reduzierung der Unfallschwere. Außerdem reduzieren sie Einflüsse, die auf den Radfahrer direkt wirken. Darunter zählen z. B. Fahrtwinde. Somit sind niedrigere Geschwindigkeiten der Kfz aus Sicht des Radverkehrs anzustreben.

Einfluss der Führungsformen (Nebenuntersuchung)

Aufgrund der geringen Fallzahlen sind die Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren. Um bessere Ergebnisse zu erhalten, sollte dieser Vergleich in einer gesonderten Forschungsarbeit durchgeführt und dann anschließend überprüft werden. Dennoch kann aus den Ergebnissen der Chemnitzer Straße abgeleitet werden, dass eine Markierung mittels Schutzstreifen dazu führen kann, dass die ÜHA geringer werden. Bei der Boltenhagener Straße tritt ein anderer Effekt auf. Dort sind die ÜHA bei Radfahrstreifen leicht geringer, obwohl dieser eine größere Breite besitzt und somit dem Radfahrer mehr Platz eingeräumt werden sollte. Das kann aber auch mit der sehr breiten Kernfahrbahn und dem sehr schmalen Schutzstreifen zu tun haben. Dort können beispielsweise die Kfz im eigenen Fahrstreifen überholen ohne den Gegenfahrstreifen zu benutzen. Der Radfahrstreifen stellt dem Radfahrer zwar mehr Platz zur Verfügung, wird aber auch eventuell von den Fahrzeugführern breiter wahrgenommen. Daraus folgt, dass die Fahrzeugführer den Radfahrer näher überholen³⁸ bzw. vorbeifahren. Eventuell werden auch die Radfahrer auf dem sehr schmalen Schutzstreifen eher wahrgenommen und in einem größeren Abstand überholt.

Einschränkungen, Annahmen und Probleme

Es gibt eine Reihe von Annahmen und Einschränkungen die zu Problemen in der Auswertung geführt haben. Dabei stellen die Einflussfaktoren ein grundlegendes Problem dar. Sie bilden nicht alle auftretenden Einflüsse ab. Aufgrund des Messverfahrens konnten diese aber nicht

³⁸ Bei Radfahrstreifen gibt es nach der Definition der StVO kein „Überholen“. ÜHV bei Radfahrstreifen werden als „Vorbeifahren“ definiert, da der Radfahrstreifen ein eigener Fahrstreifen ist.

erhoben werden. Auch der Einfluss der Position des Radfahrers wurde nicht untersucht. Ebenfalls wurde das Geschlecht nicht variiert, da nur eine Person, der Autor dieser Arbeit, für die Durchführung des Feldversuchs zur Verfügung stand. Durch die Einschränkungen des Messverfahrens und den begrenzten Erhebungsrahmen dieser Arbeit konnten außerdem tageszeitliche Schwankungen des Verkehrsablaufs sowie Wettereinflüsse nicht beachtet werden. Um schlussendlich sinnvollere und belastbarere Aussagen zu erhalten, sind größere Untersuchungskollektive notwendig.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

5.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei ÜHV im innerstädtischen Bereich auf zweistreifigen Straßen wirkt eine Reihe an Einflussfaktoren auf den seitlichen ÜHA. Durch die Komplexität war es nicht möglich alle diese Einflussfaktoren in dieser Arbeit zu untersuchen. Es stellte sich heraus, dass das Vorhandensein von Gegenverkehr dazu führt, dass die Fahrzeugführer geringere seitliche ÜHA einhalten. Das Tragen eines Helms führt dabei auch tendenziell zu geringeren seitlichen ÜHA. Einflüsse durch die Breiten der Verkehrsflächen konnten festgestellt, aber nicht näher analysiert werden. Fakt ist, dass eine Erhöhung der Kernfahrbahnbreite zu einer Erhöhung der seitlichen ÜHA führt. Geschwindigkeiten der Kfz und die Fahrzeugart haben dabei so gut wie keinen Einfluss. Lediglich Transporter oder Busse überholen mit geringeren seitlichen ÜHA. Außerdem kann es auf Schutzstreifen dazu kommen, dass die Kfz die Markierung als Trennlinie zwischen dem Radverkehr wahrnehmen und an dieser dichter überholen, als wenn diese Markierung gar nicht vorhanden wäre. Die Nebenuntersuchung zeigt dabei beispielsweise auf, dass Straßen ohne Schutzstreifenmarkierung im Mischverkehr zu größeren ÜHA führen. Am Ende zeigt sich durch die Ergebnisse der Arbeit, dass die in der Praxis aufgetretenen Sicherheitsabstände beim Überholen oft nicht den Geforderten entsprechen. Dennoch muss festgestellt werden, dass es zwar auch sehr kritisch geringe ÜHA gibt, jedoch die Mehrzahl im Mittel bei 1,30 m liegt. Die genauen Festlegungen über die notwendige Höhe des seitlichen ÜHA sollte außerdem in gesonderten Untersuchungen analysiert werden. Dieser kann dabei jedoch kein konstanter Wert sein, sondern sollte von Faktoren wie der Geschwindigkeit und den örtlichen Gegebenheiten abhängen.

5.2 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Da die seitlichen ÜHA in der Praxis oft stark von den rechtlich geforderten Werten in Höhe von 1,50 m bis 2,00 m abweichen, sollte hier überlegt werden, wie das geändert werden kann. Eine Aufklärungskampagne und die Einführung von polizeilichen Kontrollen könnte Abhilfe schaffen. Ein ähnliches System wie in den USA könnte dabei zum Einsatz kommen. Da Überholunfälle jedoch sehr selten durch zu geringe seitliche ÜHA auftreten, ist eine Umgestaltung der Infrastruktur derzeit nicht zweckmäßig. Eventuell könnte die Gestaltung der Radverkehrsanlagen bei Parkstreifen verändert werden. Dort sollte der Radfahrstreifen oder Schutzstreifen

so markiert sein, dass zwischen diesem und dem Parkstreifen ein größerer Sicherheitstrennstreifen existiert, sodass mindestens eine durchschnittliche Türbreite Platz hat oder ob an diesen Stellen eine andere Führungsform, z. B. der Radweg sinnvoller erscheint. Außerdem wird das Markieren von Schutzstreifen auf Straßen mit ausreichend Platz empfohlen. Eine Kernfahrbahnbreite von 4,40 m (wie auf der Chemnitzer Straße) erscheint ebenfalls als zu gering.

5.3 AUSBLICK UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

In der Untersuchung wurde sich, bis auf die Nebenuntersuchung, ausschließlich auf die Führungsform Schutzstreifen bezogen. Dabei sollte in zukünftigen Forschungsarbeiten eher der Vergleich der Führungsformen eine Rolle spielen, um die Einsatzkriterien gerade in Hinsicht auf die seitlichen ÜHA besser einschätzen zu können.

Weitere Untersuchungen sollten aufgrund der Vielzahl der Einflüsse höhere Fallzahlen auf den unterschiedlichsten Querschnitten aufweisen, sodass die betrachteten Merkmale besser quantifiziert werden können. Ein breit angelegter Feldversuch in mehreren Städten mit unterschiedlichsten Radfahrern wäre sinnvoll.

Ebenso wäre eine Ermittlung des Einflusses der Position und des Geschlechts des Radfahrers, ähnlich der Untersuchung von [WALKER 2007], anzustreben, um herauszufinden ob die Erkenntnisse auch für Deutschland gelten.

Den Einfluss der tageszeitlichen Schwankungen im Verkehrsablauf zu berücksichtigen, könnten weitere Forschungsarbeiten in einer zeitscheibenfeinen Untersuchung herausfinden, ob wirklich die Verkehrsmengen einen Einfluss auf die seitlichen ÜHA haben.

Das Wechselspiel zwischen Kernfahrbahnbreite und Schutzstreifenbreite bei Straßen spielt wohl auch eine entscheidende Rolle und sollte in künftigen Forschungsarbeiten diskutiert werden. Dabei ist besonders interessant, welche Kernfahrbahn- und Schutzstreifenbreiten in Kombination zu höheren seitlichen ÜHA führen. Daraus könnten Empfehlungen für die Anlage von Schutzstreifen resultieren.

Eine weitere Untersuchung sollte sich mit dem Verhalten der Fahrzeugführer sowie dem des Radfahrers beschäftigen. In der Untersuchung wurde das Kfz als homogene Masse angesehen, dem immer dasselbe Verhalten unterstellt wurde. Das Verhalten der Fahrzeugführer wird dabei wohl eher durch Charakteristika, wie Alter und mentalen Fähigkeiten determiniert.

LITERATURVERZEICHNIS

[ADFC 2010] Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.: Seitliche Sicherheitsabstände. Online im Internet: http://www.adfc.de/misc/filePush.php?mimeType=application/pdf&full-Path=http://www.adfc.de/files/2/110/112/FW_Seitenabstand_20110722.pdf [Abruf: 24.10.2015]

[ADFC 2016] Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.: Schutzstreifen auf der Fahrbahn. Online im Internet: <https://www.adfc-nrw.de/kreisverbaende/kv-bottrop/radverkehr/radwegbenutzungspflicht/angebotsstreifen.html> [Abruf: 13.01.2016]

[AUTODE 2015] Auto.de: Radfahrer. Abstand beim Überholen von Radfahrern. Online im Internet: <http://www.auto.de/magazin/abstand-beim-ueberholen-von-radfahrern/> [Abruf: 17.01.2016]

[BAST 2000] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Einsatzbereiche von Angebotsstreifen (Schutzstreifen). In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, 2000, Heft V 74, ISSN 0943-9331

[BAST 2015] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, 2015, Heft V 257, ISSN 0943-9331

[BAUINFO 2016] BauInfoConsult: Stichprobenrechner. Online im Internet: <http://www.bauinfoconsult.de/default.aspx?pagenode=330&pageid=630> [Abruf: 10.01.2016]

[BKAT 2016] Bußgeldkatalog 2016. Online im Internet: <http://www.bussgeld-info.de/bussgeldkatalog-abstand/> [Abruf: 24.01.2016]

[BROSIUS 2010] Brosius, Felix: SPSS 18 für Dummies. Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2010, ISBN 978-3-527-70596-2

[BROSIUS 2013] Brosius, Felix: SPSS 21. Frechen: mitp, 2013, ISBN 978-3-8266-9454-7

[CHUANG et. al. 2012] Chuang, Kai-Hsian; Hsu, Chun-Chia; Lai, Ching-Huei; Doong, Ji-Liang; Jeng, Ming-Chang: The use of a quasi-naturalistic riding method to investigate bicyclists' behaviors when motorists pass. In: Accident Analysis and Prevention. 56 (2012), S. 32-41, ISSN 0001-4575

[DE LEUW 2015] De Leuw, Peter: Urteile zum Fahrrad- und Fußgängerkehr. Online im Internet: <http://pdeleuw.de/fahrrad/urteile.html#seitenabstand> [Abruf: 16.01.2016]

[DIGITALEYES 2015] Rupprecht, Jan-Markus: GoPro Hero4 Black. Online im Internet: http://www.digitaleyes.de/Produkte/ActionCams/GoPro_Hero4_Black/8796781455234 [Abruf: 23.12.2015]

[FGSV 2006] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt). Köln: FGSV-Verlag, 2006

[FGSV 2010] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA). Köln: FGSV-Verlag, 2010

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

[GENESIS 2016] Genisis Onlinedatenbank des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen: Straßenverkehrsunfälle. Online im Internet: <http://www.statistik.sachsen.de/genonline/online/logon> [Abruf: 18.01.2016]

[GIESSE 2016] Gießel, Hans: Das Verkehrslexikon. Zum Gebot, jeweils einen genügenden seitlichen Sicherheitsabstand einzuhalten. Online im Internet: <http://www.verkehrslexikon.de/Texte/Seitenabstand01.php> [Abruf: 16.01.2016]

[GOOGLESV 2008] Google Street View: Aufnahme Chemnitzer Straße von Sep. 2008. Online im Internet: <https://www.google.de/maps/@51.0364852,13.7152239,3a,26y,213.45h,87.04t/data=!3m6!1e1!3m4!1sR3PUwb8fPF9Op86YoFALDg!2e0!7i13312!8i6656> [Abruf: 20.01.2016]

[GM 2015] Google Maps. Online im Internet: <https://maps.google.de> [Abruf: 12.11.2015]

[ILOVECYCLING 2015] ILOVECYCLING.de: Liebe Autofahrer: Gebt uns Radfahrern mindestens 1,5 Meter Seitenabstand. Online im Internet: <http://ilovecycling.de/dies-das/seitliche-sicherheitsabstande-beim-ueberholvorgang/> [Abruf: 13.01.2016]

[IMHOF 2008] Imhof, Henrik: Überholverhalten von Kraftfahrzeugen. Eine Feldstudie in Berlin. 2008. Online im Internet: <http://fahrradzukunft.de/5/ueberholverhalten/> [Abruf: 24.01.2016]

[LAMONDIA und DUTHIE 2012] LaMondia, Jeffery, J.; Duthie, Jennifer C.: Analysis of Factors Influencing Bicycle-Vehicle Interactions on Urban Roadways by Ordered Probit Regression. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2314 (2012), S. 81-88, ISSN 0361-1981

[LIEB 2009] Lieb, S.: An der Sicherheit muss auch bei hohem Radverkehrsanteil gearbeitet werden. Viel Radverkehr, viele Unfälle? In: Mobilogisch, 2009, Nr. 3, S.7-9

[LIEB 2012] Lieb, S.: Das Überholen von Radfahrern überholen. In: Mobilogisch, 2012, Nr. 2. Online im Internet: <http://www.mobilogisch.de/41-ml/artikel/131-das-ueberholen-von-radfahrern-ueberholen.html> [Abruf: 24.01.2016]

[MADH 2012] MADH Leiss Rechtsanwälte: Fahrzeugbreite ADAC. Online im Internet: <http://www.madh.de/Fahrzeugbreite%20ADAC.pdf> [Abruf: 02.01.2016]

[PARKIN und MEYERS 2010] Parkin, John; Meyers, Ciaran: The effect of cycle lanes on the proximity between motor traffic and cycle traffic. In: Accident Analysis and Prevention, 42 (2010), S. 159-165, ISSN 0001-4575

[RADLOBBY 2015] Radlobby Österreich: Kampagne: Abstand macht sicher. Online im Internet: <https://www.radlobby.at/abstand> [Abruf: 14.01.2016]

[RANDELHOFF 2012] Randelhoff, Martin: Wenn Straßenverkehr Aggressionen Weckt: Alle brechen die Regeln. Online im Internet: <http://www.zukunft-mobilitaet.net/7908/verkehrssicherheit/wenn-strassenverkehr-aggressionen-weckt-alle-brechen-die-regeln/> [Abruf: 23.12.2015]

[RSB 2013] Rad-Spannerei blog: Studie zum Überholverhalten von Autofahrern. Online im Internet: <http://www.rad-spannerei.de/blog/2013/12/09/studie-zum-ueberholverhalten-von-autofahrern/> [Abruf: 26.01.2016]

[RSB 2015] Rad-Spannerei blog: Polizei nutzt Ultraschall zur Kontrolle von Überholabständen. Online im Internet: <http://www.rad-spannerei.de/blog/2015/06/10/polizei-nutzt-ultraschall-zur-kontrolle-von-ueberholabstaenden/> [Abruf: 24.01.2016]

[RUMSEY 2010] Rumsey, Deborah: Statistik für Dummies. Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2010, ISBN 978-3-527-70594-8

[SCHNABEL und LOHSE 1997] Schnabel, W.; Lohse, D.: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung. Band 2. Berlin: Verlag für Bauwesen GmbH, 1997, ISBN 3-345-00567-0

[SLUKA 2007] Sluka, Bernd: Lange Haare – alles klar? Kritische Anmerkungen zu Walkers Untersuchung von Überholabständen. Online im Internet: <http://fahradzukunft.de/4/gelesen/> [Abruf: 25.01.2016]

[SLUKA 2013] Sluka, Bernd: Radwege Rechtlich – über die Benutzungspflicht von Sonderwegen für Radfahrer. Online im Internet: <http://bernd.sluka.de/Radfahren/rechtlich.html> [Abruf: 14.01.2016]

[STVO 2013] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Straßenverkehrsordnung (StVO) in der Fassung des Inkrafttretens vom 01.04.2013

[SVK 2014] Stadt- & Verkehrsplanungsbüro Kaulen: Gutachten zum Einsatz und zur Wirkung von einseitigen, alternierenden und beidseitigen Schutzstreifen auf schmalen Fahrbahnen innerorts. Projektabschlussbericht. 2014. Online im Internet: http://www.agfk-bw.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Modellprojekt_Schutzstreifen/SVK-AGFK-BW_Gutachten-Schutzstreifen_Langfassung_Web.pdf [Abruf: 25.01.2016]

[TDZ 2015] Trends der Zukunft: Sonargerät am Fahrradlenker misst den Abstand zu überholenden Autos. Online im Internet: <http://www.trendsderzukunft.de/sonargeraet-am-fahradlenker-misst-den-abstand-zu-ueberholenden-autos/2015/09/09/> [Abruf: 24.01.2016]

[THEMENSTADTPLAN 2015] Landeshauptstadt Dresden: Themenstadtplan. Online im Internet: <http://stadtplan.dresden.de> [Abruf: 28.12.2015]

[UNI GRAZ 2016] Karl-Franzens-Universität Graz: Vorlesung Psychologische Statistik. Online im Internet: <http://www.uni-graz.at/ilona.papousek/teaching/docs/faq.html> [Abruf am 10.02.2016]

[VINCENT 2015] Vincent, Kevin: Auswirkungen des fließenden MIV auf die empfundene Verkehrsqualität im Fahrradverkehr (Bikeability II). Hauptseminararbeit TU Dresden, 2015

[VwV STVO 2013] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung (VwV-StVO), 2013

[WALKER 2007] Walker, Ian: Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. In: *Accident Analysis & Prevention*, 39 (2007), S. 417-425, ISSN 0001-4575

[WALKER et. al. 2014] Walker, Ian; Gerrard, Ian; Jowitt, Felicity: The influence of a bicycle commuter's appearance on drivers' overtaking proximities: An on-road test of bicyclist stereotypes, high-visibility clothing and safety aids in the United Kingdom. In: *Accident Analysis & Prevention*, 64 (2014), S. 69-77, ISSN 0001-4575

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

A1	Messstreckeneigenschaften	A-1-1
A2	Querschnitte der Messstrecken	A-2-1
A3	Technische Daten der Kamera	A-3-1
A4	Ermittlung seitlicher ÜHA	A-4-1
A5	Variablen und deren Zuordnung	A-5-1
A6	Häufigkeiten des seitlichen ÜHA	A-6-1
A7	Explorative Datenanalyse	A-7-1
A8	ANOVA - Merkmalsausprägungen	A-8-1
A9	ANOVA - Einfluss des Gegenverkehrs	A-9-3
A10	ANOVA - Einfluss des DTVw	A-10-4
A11	ANOVA - Einfluss des SV-Anteils	A-11-5
A12	ANOVA - Einfluss der Kernfahrbahnbreite.....	A-12-6
A13	ANOVA - Einfluss der Schutzstreifenbreite	A-13-7
A14	ANOVA - Einfluss der Fahrzeugart	A-14-9

ANHANG

A1 MESSSTRECKENEIGENSCHAFTEN

Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung der Eigenschaften der Messstrecken. Anschließend folgen die Datenblätter zu den einzelnen Messstrecken, in denen die Daten für die jeweilige Messstrecke detailliert aufgelistet sind.

Folgende Daten wurden selber erhoben:

- Anzahl Fahrstreifen, zulässige Höchstgeschwindigkeit und Breite der Verkehrsanlagen sowie Markierung und Längsneigung
- Führungsformen Straßenbahn und Vorhandensein von Ruhendem Verkehr
- Längsneigung
- Umfeldnutzung

Die Werte des DTVw und der SV-Anteil stammen aus dem Themenstadtplan der Stadt Dresden (vgl. [THEMENSTADTPLAN 2015]).

Messstreckeneigenschaften																	
Straße	Abschnitt	Messstrecke	Streckenabschnitt	DTVw gesamt			DTVw je Richtung			Längsneigung	Breite Kernfahrbahn	Mittelmarkierung vorhanden?	Schutzstreifeneigenschaften				
				DTVw	SV-Anteil	[Fz/24h]	DTVw	SV-Anteil	[Fz/24h]				DTVw	SV-Anteil	[Fz/24h]	Breite (ohne Rinne)	befahrbare Rinne
[-]	[-]	[-]	[-]	[Fz/24h]	[%]	[Fz/24h]	[Fz/24h]	[%]	[Fz/24h]	[%]	[Fz/24h]	[-]	[m]	[-]	[m]	[-]	[-]
Boltenhager Straße	Karl-Marx-Straße - Dörnichtweg	1	1	12.600	3	6.000	3	-3,8	6,6	6,6	ja	ja	0,95	ja	1,25	nein	ja
Boltenhager Straße	Dörnichtweg - Karl-Marx-Straße	1	2	12.600	3	6.600	3	+3,8	6,6	6,6	ja	ja	1,4	ja	1,7	nein	ja
Chemnitz Straße	Würzburger Straße - Bamberger Straße	2	1	13.300	4	6.400	3	0	4,4	4,4	nein	nein	1,2	ja	1,55	nein	ja
Chemnitz Straße	Bamberger Straße - Würzburger Straße	2	4	13.300	4	6.900	4	0	4,4	4,4	nein	nein	1,2	ja	1,55	nein	ja
Chemnitz Straße	Bamberger Straße - Würzburger Straße	2	2	17.900	3	8.700	3	0	4,4	4,4	nein	nein	1,2	ja	1,55	nein	ja
Chemnitz Straße	Nürnberg Straße - Bamberger Straße	2	3	17.900	3	9.200	3	0	4,4	4,4	nein	nein	1,2	ja	1,55	nein	ja
Karl-Marx-Straße	Ahlbecker Straße - Dörnichtweg	3.1	1	12.000	7	6.000	6	-3,2	6	6	ja	ja	1,25	keine Rinne vorh.	1,25	nein	ja
Karl-Marx-Straße	Dörnichtweg - Ahlbecker Straße	3.1	4	12.000	7	6.000	7	+3,2	6	6	ja	ja	1,25	keine Rinne vorh.	1,25	nein	ja
Karl-Marx-Straße	Dörnichtweg - Grüner Weg	3.2	2	10.400	7	4.800	8	-5,7	6	6	ja	ja	1,25	keine Rinne vorh.	1,25	nein	ja
Karl-Marx-Straße	Grüner Weg - Dörnichtweg	3.2	3	10.400	7	5.600	7	+5,7	6	6	ja	ja	1,4	keine Rinne vorh.	1,25	nein	ja
Lennéstraße	Parkstraße - Helmut-Schön-Allee	4.1	1	16.800	2	8.500	2	0	3,3	3,3	nein, nur 1 FS	nein	1,30	nein	1,3	ja	nein
Lennéstraße	Helmut-Schön-Allee - Parkstraße	4.1	4	16.800	2	8.300	3	0	3,3	3,3	nein, nur 1 FS	nein	1,30	nein	1,3	ja	nein
Lennéstraße	Helmut-Schön-Allee - Straßburger Platz	4.2	2	15.200	3	7.500	3	0	3,3	3,3	nein, nur 1 FS	nein	1,30	nein	1,3	ja	nein
Lennéstraße	Straßburger Platz - Helmut-Schön-Allee	4.2	3	15.200	3	7.700	2	0	3,3	3,3	nein, nur 1 FS	nein	1,30	nein	1,3	ja	nein
Wiener Straße	Gellertstraße - Gerhart-Hauptmann-Straße	5	1	14.500	4	7.800	4	0	6,85	6,85	ja	ja	1,15	ja	1,5	nein	ja
Wiener Straße	Gerhart-Hauptmann-Straße - Gellertstraße	5	2	14.500	4	6.700	4	0	6,85	6,85	ja	ja	1,15	ja	1,5	nein	ja

Tab. i. A. 1-1: Tabelle Messstreckeneigenschaften

Datenblatt Messstrecke 1

Ort: Dresden
 Straße: Boltenhagener Straße
 Abschnitt: Ahlbecker Straße - Dörnichtweg

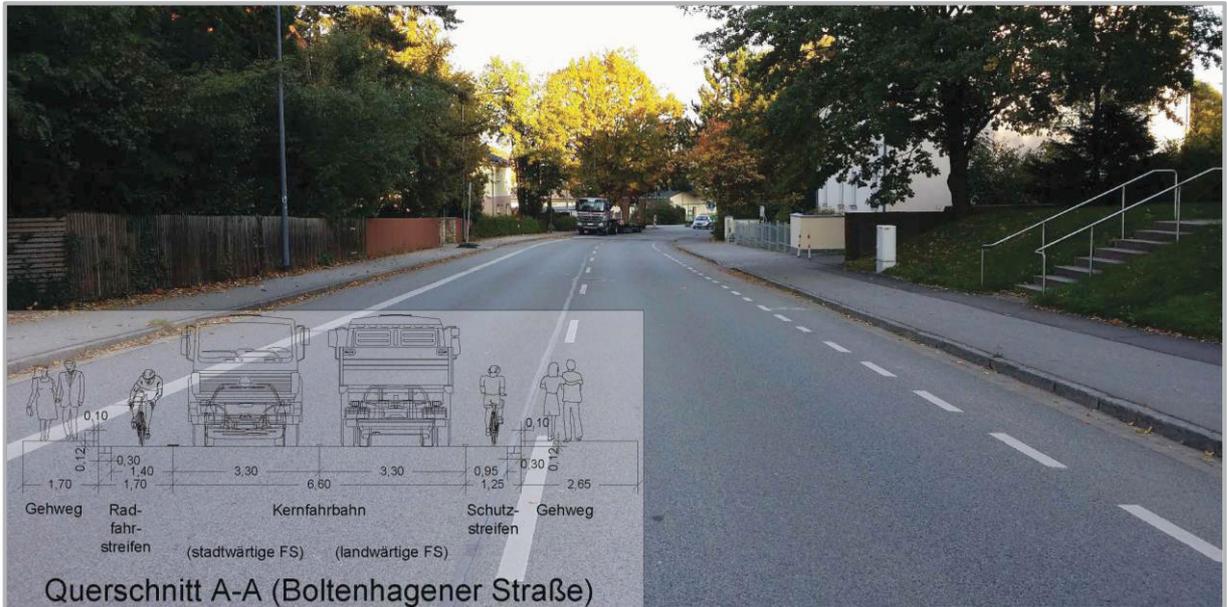


Abb. i. A. 1-1: Boltenhagener Straße mit Querschnitt A-A (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 2 (1 in Kernuntersuchung und 2 in Nebenuntersuchung)



Abb. i. A. 1-2: Streckenabschnitte Boltenhagener Straße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2 (mit Mittelmarkierung)
 Breite Kernfahrbahn: 6,60 m
 DTVw: 12.600 Kfz/Tag (3 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 0,95 m, 1,25 m (inkl. Bordrinne) / einseitiger Schutzstreifen
 Führungsform Straßenbahn: nicht vorhanden
 Ruhender Verkehr: nicht zugelassen
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 3,8 %
 Umfeldnutzung: Wohnen
 Besonderheit: Schutzstreifen (landwärtig), Radfahrstreifen (stadtwärtig)

Datenblatt Messstrecke 2

Ort: Dresden
 Straße: Chemnitzer Straße
 Abschnitt: Würzburger Straße - Nürnberger Straße

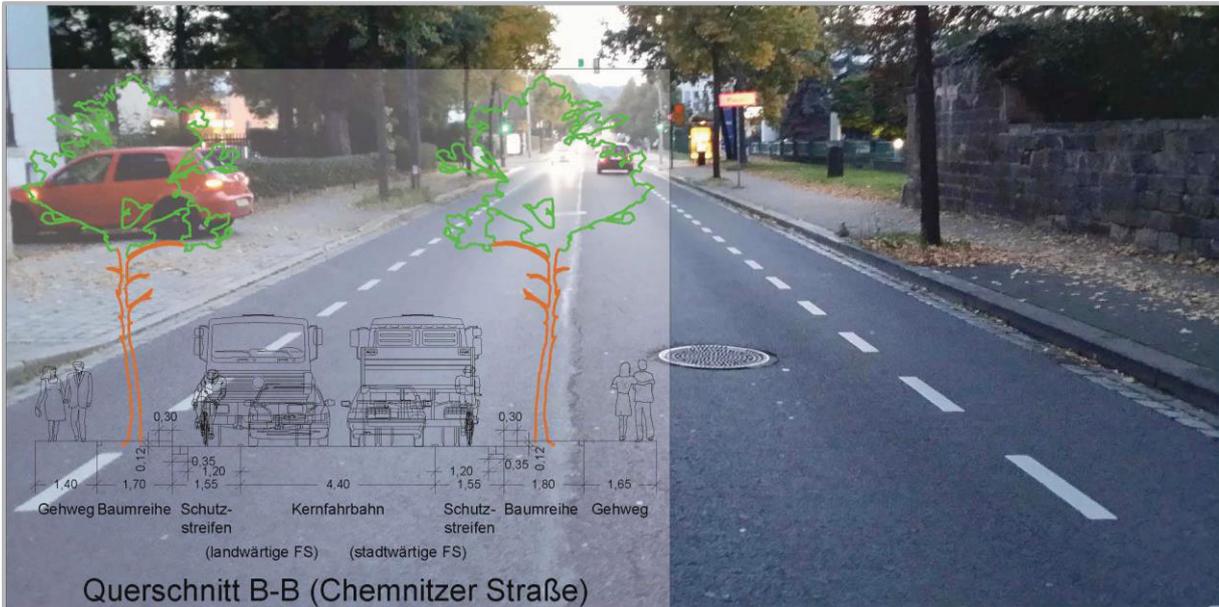


Abb. i. A. 1-3: Chemnitzer Straße mit Querschnitt B-B (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 4



Abb. i. A. 1-4: Streckenabschnitte Chemnitzer Straße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2 (ohne Mittelmarkierung)
 Breite Kernfahrbahn: 4,40 m
 DTVw (Bereich 1): 13.300 Kfz/Tag (4 % SV-Anteil)
 DTVw (Bereich 2): 17.900 Kfz/Tag (3 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 1,20 m, 1,55 m (inkl. Bordrinne) / zweiseitiger Schutzstreifen
 Führungsform Straßenbahn: nicht vorhanden
 Ruhender Verkehr: nicht zugelassen
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 0%
 Umfeldnutzung: Wohnen

Datenblatt Messstrecke 3.1

Ort: Dresden
 Straße: Karl-Marx-Straße
 Abschnitt: Ahlbecker Straße - Dörnichtweg

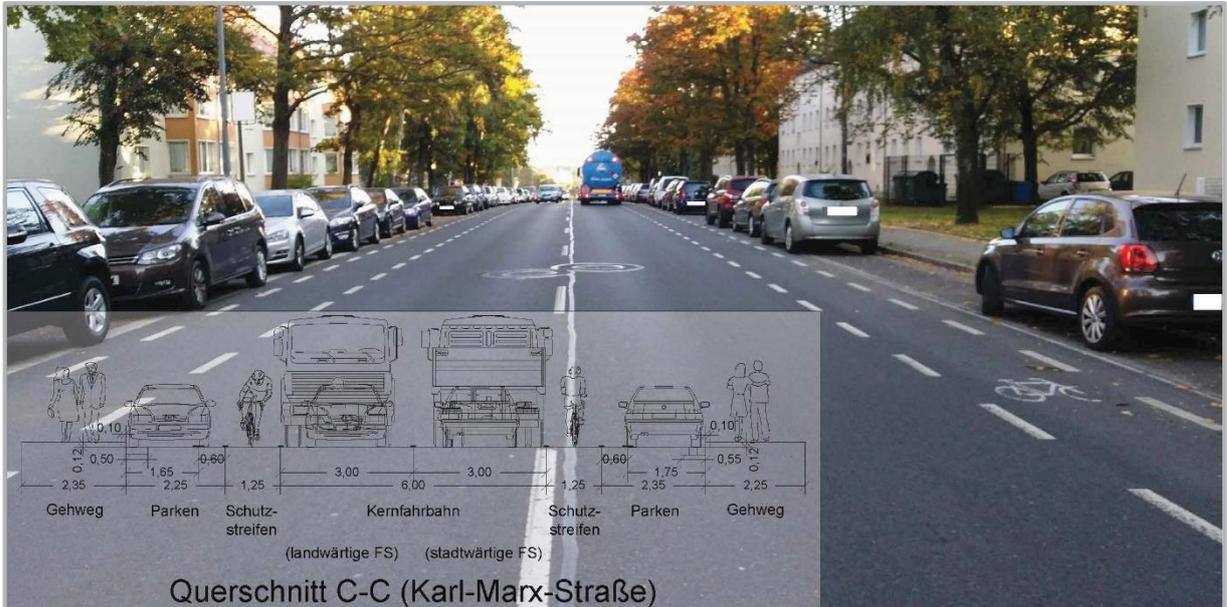


Abb. i. A. 1-5: Karl-Marx-Straße mit Querschnitt C-C (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 2



Abb. i. A. 1-6: Streckenabschnitte Karl-Marx-Straße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2 (mit Mittelmarkierung)
 Breite Kernfahrbahn: 6,00 m
 DTVw: 12.000 Kfz/Tag (7 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 1,25 m / zweiseitiger Schutzstreifen
 Führungsform Straßenbahn: nicht vorhanden
 Ruhender Verkehr: Parkstreifen beidseitig
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 3,2 %
 Umfeldnutzung: Wohnen

Datenblatt Messstrecke 3.2

Ort: Dresden
 Straße: Karl-Marx-Straße
 Abschnitt: Dörnichtweg - Grüner Weg

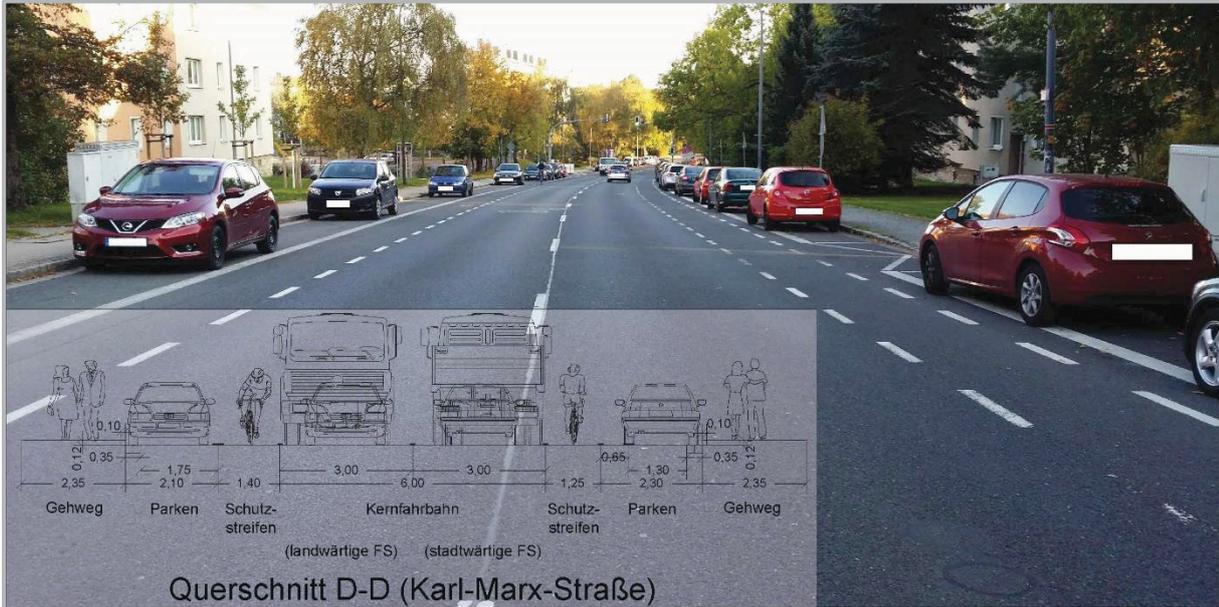


Abb. i. A. 1-7: Karl-Marx-Straße mit Querschnitt D-D (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 2

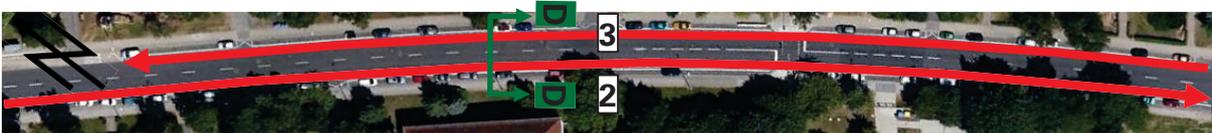


Abb. i. A. 1-8: Streckenabschnitte Karl-Marx-Straße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2 (mit Mittelmarkierung)
 Breite Kernfahrbahn: 6,00 m
 DTVw: 10.400 Kfz/Tag (7 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 1,40 m (links), 1,25 m (rechts) / zweiseitiger Schutzstreifen
 Führungsform Straßenbahn: nicht vorhanden
 Ruhender Verkehr: Parkstreifen beidseitig
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 5,7 %
 Umfeldnutzung: Wohnen

Datenblatt Messstrecke 4.1

Ort: Dresden
 Straße: Lennéstraße
 Abschnitt: Parkstraße - Helmut-Schön-Allee

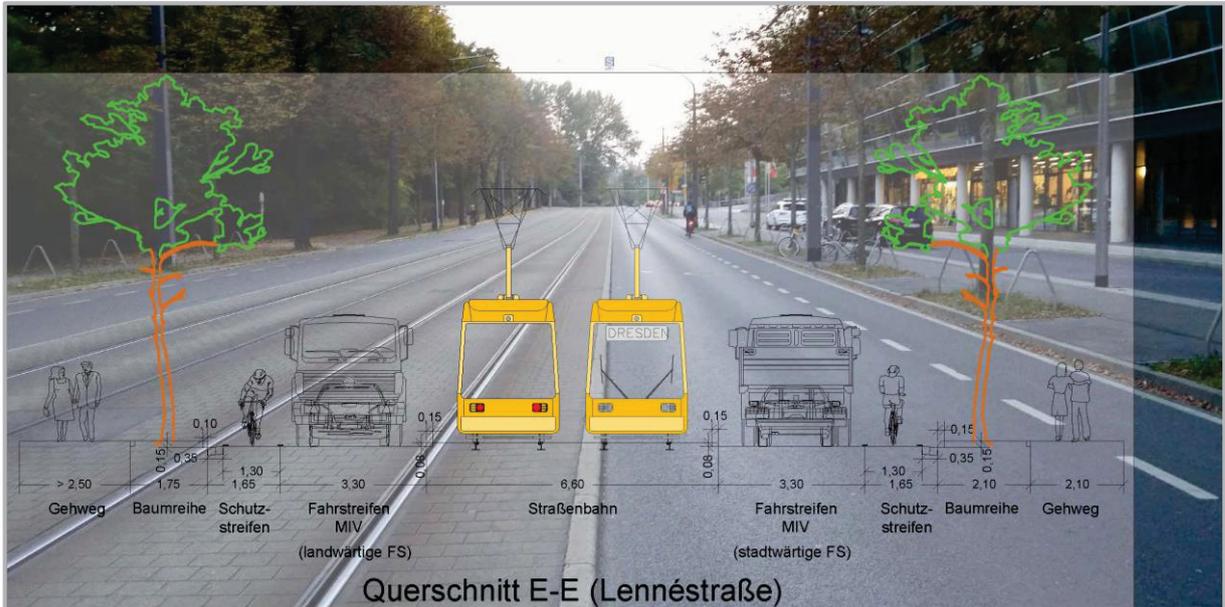


Abb. i. A. 1-9: Lennéstraße mit Querschnitt E-E (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 2

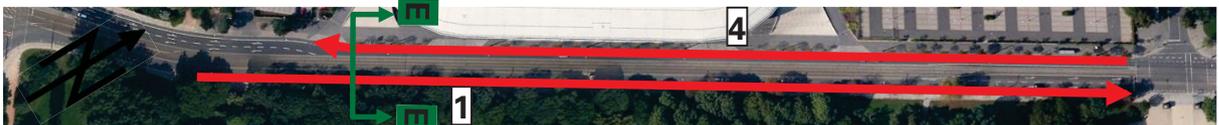


Abb. i. A. 1-10: Streckenabschnitte Lennéstraße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2
 Breite Fahrstreifen: 3,30 m
 DTVw: 16.800 Kfz/Tag (2 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 1,30 m / einseitiger Schutzstreifen durch Mitteltrennung
 Führungsform Straßenbahn: eigener Bahnkörper in Mittellage
 Ruhender Verkehr: nicht zugelassen
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 0 %
 Umfeldnutzung: Freizeit

Datenblatt Messstrecke 4.2

Ort: Dresden
 Straße: Lennéstraße
 Abschnitt: Helmut-Schön-Allee - Straßburger Platz

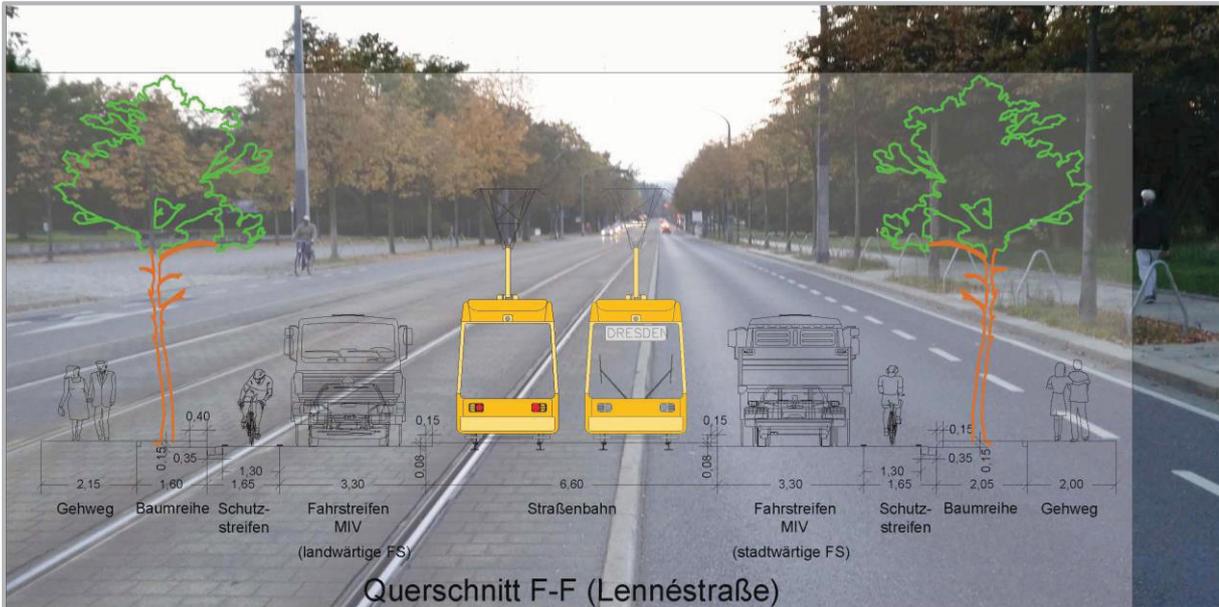


Abb. i. A. 1-11: Lennéstraße mit Querschnitt F-F (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 2



Abb. i. A. 1-12: Streckenabschnitte Lennéstraße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2
 Breite Fahrstreifen: 3,30 m
 DTVw: 15.200 Kfz/Tag (3 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 1,30 m / einseitiger Schutzstreifen durch Mitteltrennung
 Führungsform Straßenbahn: eigener Bahnkörper in Mittellage
 Ruhender Verkehr: nicht zugelassen
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 0 %
 Umfeldnutzung: Wohnen

Datenblatt Messstrecke 5

Ort: Dresden
 Straße: Wiener Straße
 Abschnitt: Gerhart-Hauptmann-Straße - Gellertstraße

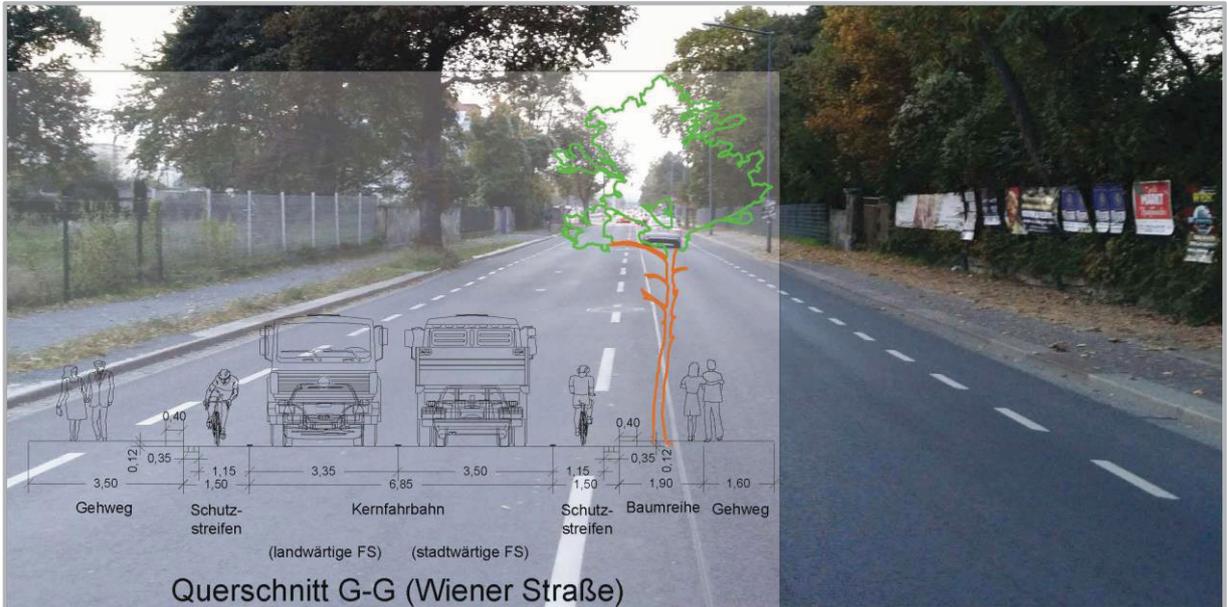


Abb. i. A. 1-13: Wiener Straße mit Querschnitt G-G (eigene Darstellung)

Messbereiche:

Anzahl Messbereiche: 2

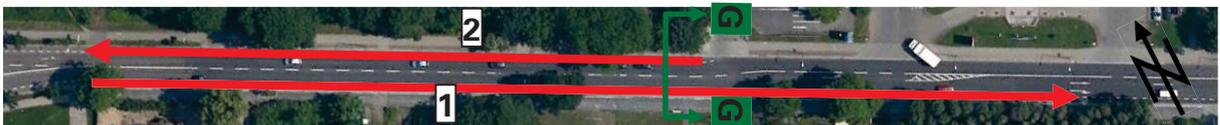


Abb. i. A. 1-14: Streckenabschnitte Wiener Straße (eigene Darstellung, Karte: [GM 2015])

Streckeneigenschaften:

Anzahl Fahrstreifen: 2 (mit Mittelmarkierung)
 Breite Kernfahrbahn: 6,85 m
 DTVw: 14.500 Kfz/Tag (4 % SV-Anteil)
 Breite / Art Schutzstreifen: 1,15 m, 1,50 m (inkl. Bordrinne) / zweiseitiger Schutzstreifen
 Führungsform Straßenbahn: nicht vorhanden
 Ruhender Verkehr: nicht zugelassen
 Zul. Geschwindigkeit: 50 km/h
 Max. Längsneigung: 0 %
 Umfeldnutzung: Wohnen

A2 QUERSCHNITTE DER MESSSTRECKEN

Querschnitt A-A - Boltenhagener Straße (3D)

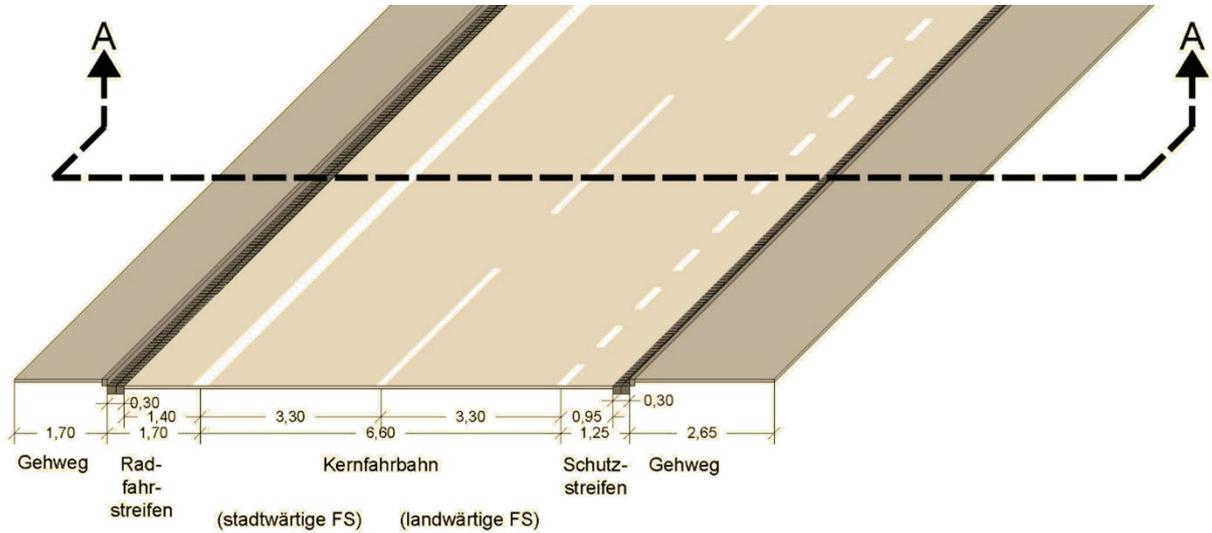


Abb. i. A. 2-1: Querschnitt A-A - Boltenhagener Straße (3D)

Querschnitt B-B - Chemnitzer Straße (3D)

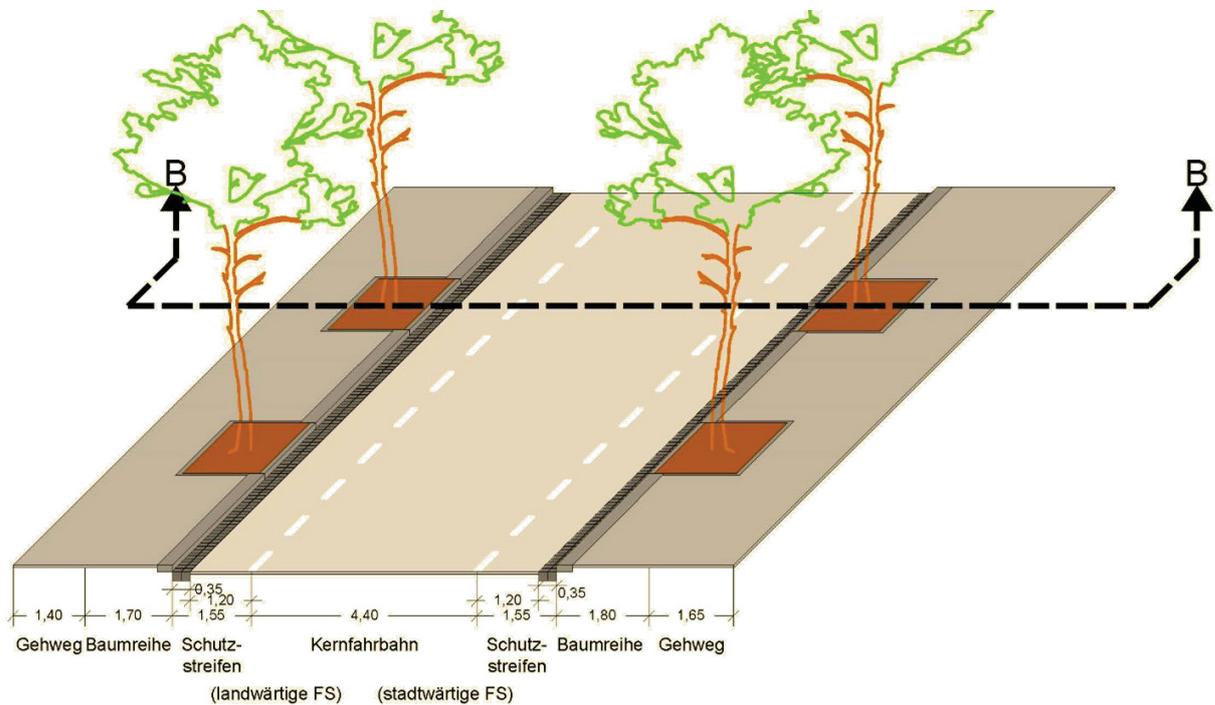


Abb. i. A. 2-2: Querschnitt B-B - Chemnitzer Straße (3D)

Querschnitt C-C - Karl-Marx-Straße (3D)

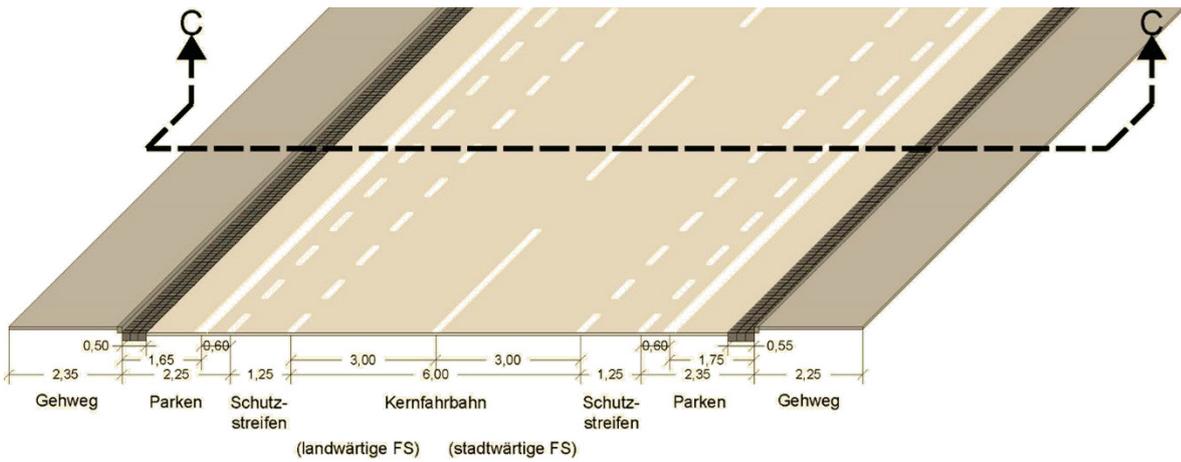


Abb. i. A. 2-3: Querschnitt C-C - Karl-Marx-Straße (3D)

Querschnitt D-D - Karl-Marx-Straße (3D)

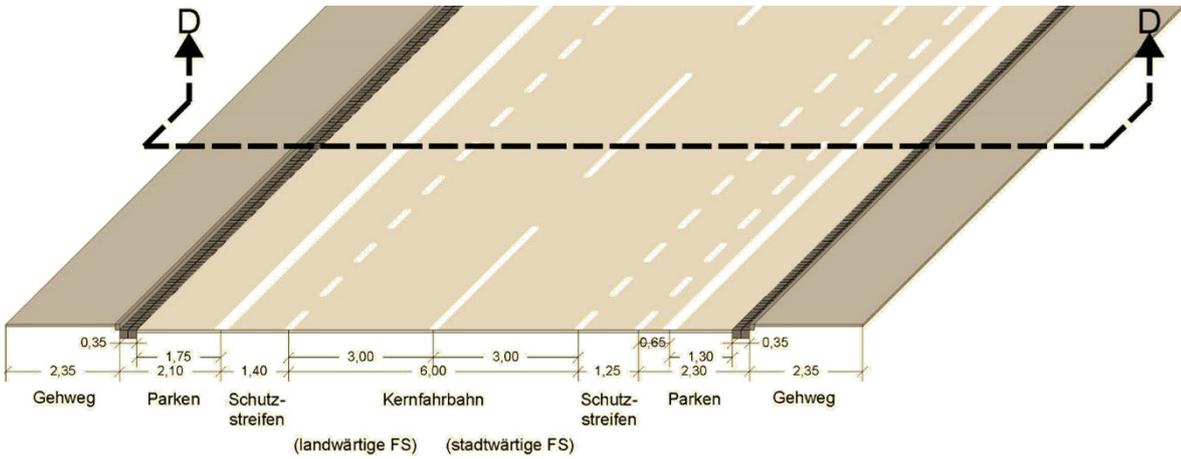


Abb. i. A. 2-4: Querschnitt D-D - Karl-Marx-Straße (3D)

Querschnitt E-E – Lennéstraße (3D)

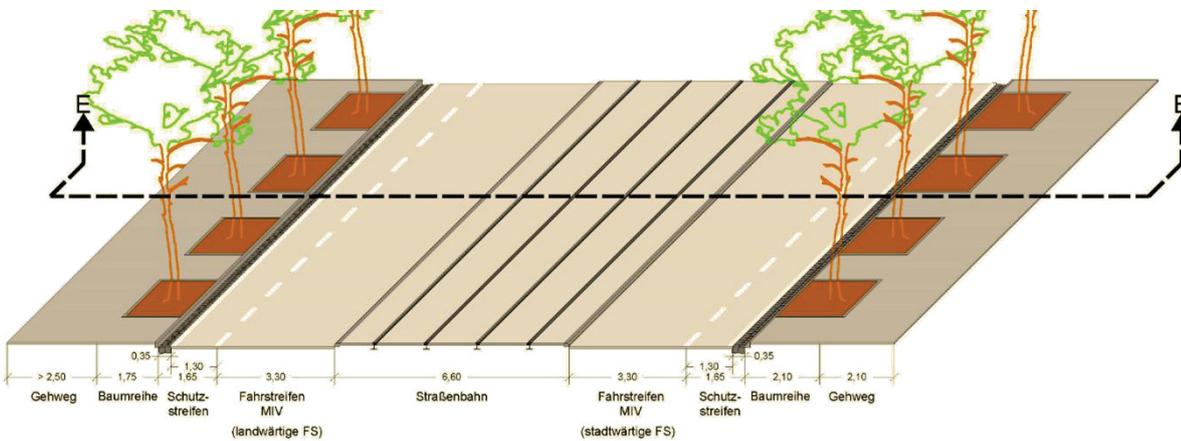


Abb. i. A. 2-5: Querschnitt E-E – Lennéstraße (3D)

Querschnitt F-F – Lennéstraße (3D)

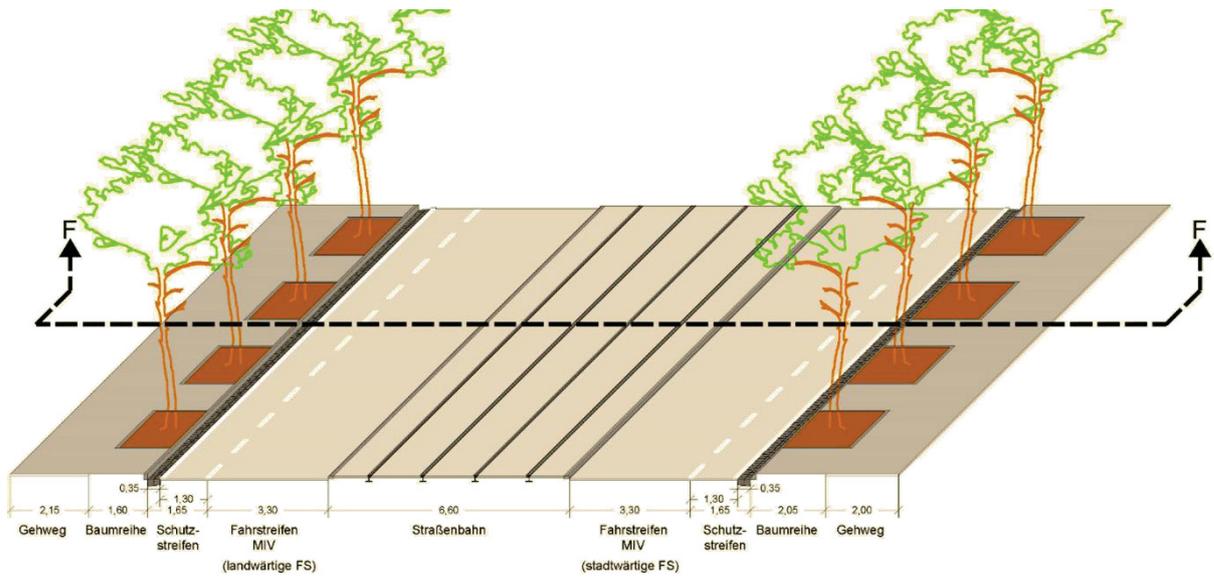


Abb. i. A. 2-6: Querschnitt F-F – Lennéstraße (3D)

Querschnitt G-G - Wiener Straße (3D)

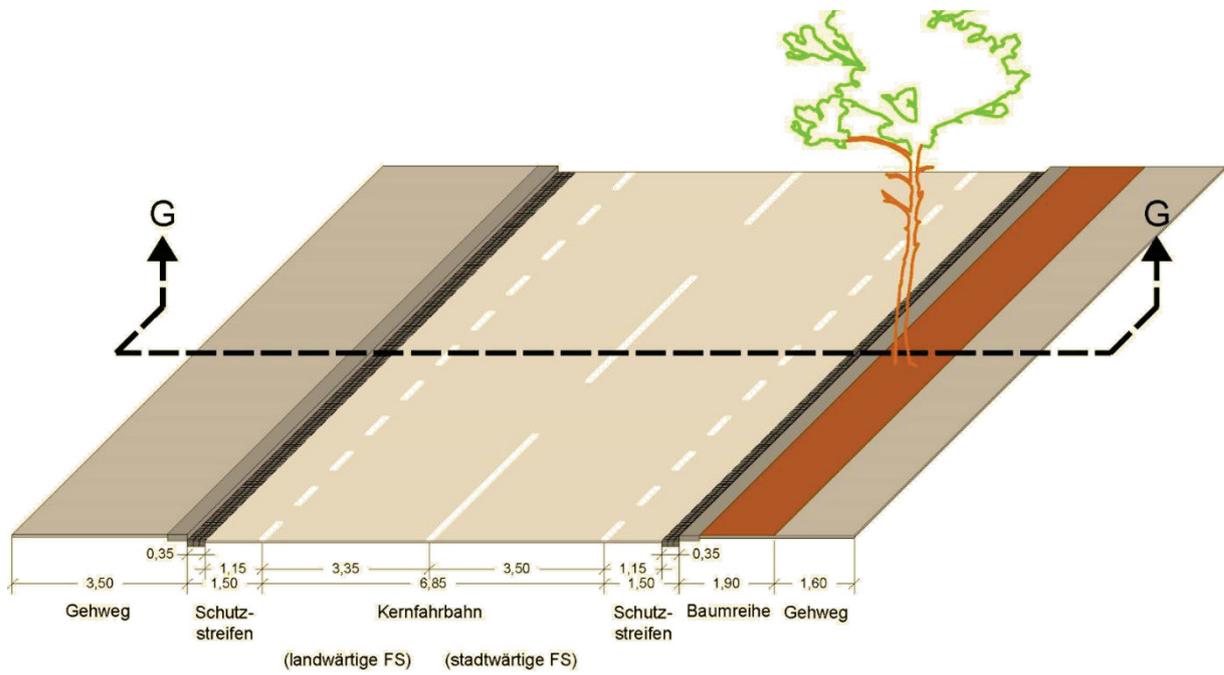


Abb. i. A. 2-7: Querschnitt G-G - Wiener Straße (3D)

A3 TECHNISCHE DATEN DER KAMERA

Datenblätter

Kameraeigenschaften Datenblatt 1		
Kategorie	Ausprägung	
Bild		
Hersteller	GoPro	
Typenbezeichnung	Hero4 Black	
Vorgängermodell	GoPro Hero3+ Black	
Preis (UVP)	529,99 EUR	
Abmessungen	58 x 40 x 28 mm	
Gewicht	87 g (betriebsbereit)	
Sensor Auflösung	12,0 Megapixel	
Sensor-Fotoauflösung	12,0 Megapixel	
SoC (System on Chip)	Ambarella A9	
Spritzwasserschutz (Kamera)	nein	
Wasserdicht (Kamera)	nein	
Staubdicht (Kamera)	nein	
Stoßfest	nein	
Frostsicher	k. A.	
Kamera-Stativgewinde	optional	
Ausstattung		
Unterwasser-Gehäuse	vorhanden	
Gehäuse wasserdicht bis	40 m	
Volle Bedienbarkeit im Gehäuse	ja	
Gehäuse-Stativgewinde	optional	
Gewicht UW-Gehäuse	78 g	
Objektiv		
Bildwinkel diagonal	170 Grad	
Lichtstärke	F2,8	
Fokus	Fixfokus	
Video		
Videoauflösung / Bilder pro Sekunde	3.840 x 2.160 (16:9) 30p	1.920 x 1.080 (16:9) 50p
	3.840 x 2.160 (16:9) 25p	1.920 x 1.080 (16:9) 48p
	3.840 x 2.160 (16:9) 24p	1.920 x 1.080 (16:9) 30p
	2.704 x 1.520 (16:9) 60p	1.920 x 1.080 (16:9) 25p
	2.704 x 1.520 (16:9) 50p	1.920 x 1.080 (16:9) 24p
	2.704 x 1.520 (16:9) 48p	1.280 x 960 (4:3) 120p
	2.704 x 1.520 (16:9) 30p	1.280 x 960 (4:3) 60p
	2.704 x 1.520 (16:9) 24p	1.280 x 960 (4:3) 50p
	1.920 x 1.440 (4:3) 48p	1.280 x 720 (16:9) 120p
	1.920 x 1.440 (4:3) 30p	1.280 x 720 (16:9) 60p
	1.920 x 1.440 (4:3) 25p	1.280 x 720 (16:9) 50p
	1.920 x 1.440 (4:3) 24p	1.280 x 720(16:9) 30p
	1.920 x 1.080 (16:9) 120p	1.280 x 720 (16:9) 25p
	1.920 x 1.080(16:9) 90p	848 x 480(16:9) 240p
	1.920 x 1.080(16:9) 60p	

Tab. i. A. 3-1: Datenblatt Kamera Nr. 1 (eigene Tabelle nach [DIGITALEYES 2015])

Kameraeigenschaften Datenblatt 2	
Video	
Videoformat / Codec	MP4 (Codec H.264)
Mikrofon	Mono
Audiokompression	AAC
Lautsprecher	nicht vorhanden
Bildstabilisator	nein
Loop-Funktion	ja
Foto	
maximale Fotoauflösung	4.000 x 3.000 Pixel
Automatischer Weißabgleich	ja
Manueller Weißabgleich	ja
Serienbildfunktion	ja / 30 Bilder pro Sekunde
Intervallfunktion	ja
Bewegungserkennung	nein
180° Bilddrehung	nein
Besonderheiten	Superview-Funktion, Protune, Night-Photo, Night-Lapse
Foto + Video simultan	ja
Display	
Display	Display (Schwarzweiß) für Statusanzeige
Konnektivität	
WiFi	vorhanden
Smartphone App	Android, iOS, Windows Phone
NFC	nein
USB-Anschluss	Mini-B
HDMI-Anschluss	Micro-HDMI (Typ D)
Weitere Anschlüsse	GoPro Zubehöranschluss
Speicher und Energieversorgung	
Externe Stromversorgung	ja
Akku	wechselbarer Akku (1.160 mAh), USB-Ladefunktion
Speicherkarte	micro SD-Card
Fernbedienung	Smartphone, WLAN
mitgeliefertes Zubehör	Unterwassergehäuse mit geschlossener Hintertür, zusätzliche Skeleton-Hintertür, Lithiumionen-Akku, gebogene Klebehalterung, gerade Klebehalterung, 2 verschiedene Schnellspannschnallen, 3-Wege-

Tab. i. A. 3-2: Datenblatt Kamera Nr. 2 (eigene Tabelle nach [DIGITALEYES 2015])

A4 ERMITTLUNG SEITLICHER ÜHA

Ansätze zur Ermittlung des seitlichen ÜHA mit Berücksichtigung der Außenspiegel

Es werden im Folgenden zwei Lösungsansätze erläutert. Die Berechnungsformeln für den seitlichen ÜHA befinden sich am Ende dieses Anhangs.

Lösung 1:

Eine Lösung wäre die Breitenmaße aller Kfz mit und ohne Außenspiegel zu ermitteln und dies bei jedem Kfz zu berücksichtigen. Der dabei entstehende große Erhebungsaufwand steht in keinem Verhältnis zum Informationsgewinn bzw. Nutzen dadurch. Man müsste jedes Fahrzeugmodell exakt bestimmen und die jeweiligen Breitenangaben bei den Automobilherstellern ermitteln. Gerade in der Hinsicht, dass im Straßenverkehr sehr viele unterschiedliche Fahrzeugtypen und -modelle der verschiedensten Baujahre existieren, ist der Aufwand sehr hoch.

Lösung 2:

Eine zweite mögliche Lösung als Annäherungslösung mit geringeren Erhebungsaufwand wäre die durchschnittliche Breite des Überstands der Außenspiegel zu ermitteln. [MADH 2012] hat eine Liste der meisten Fahrzeugtypen mit und ohne Angabe der Außenspiegel zur Verfügung gestellt. Diese Liste ist jedoch mit 291 unterschiedlichen Pkw nicht vollständig und enthält auch keine Baujahrangabe der Fahrzeugmodelle. Sie zeigt außerdem nur eine Auswahl der Pkw. Es werden weder Lkw noch Busse berücksichtigt³⁹. Die Fahrzeugliste steht somit nicht repräsentativ für das gesamte Fahrzeugkollektiv des Feldversuchs. Die Breite der Außenspiegel im Überstand über die Karosserie des Kfz beträgt im Mittel 123 mm mit einer Standardabweichung von 24,4 mm. Der Minimalwert betrug 39 mm und der Maximalwert 213,5 mm. Außerdem unterliegt dies der Annahme, dass der rechte und der linke Außenspiegel bei allen Kfz gleich groß ist, was in der Praxis aber gerade bei älteren Kfz nicht vorkommt. Die statistischen Werte wurden nach eigenen Berechnungen nach den anerkannten Formeln der Statistik mit Hilfe von *Microsoft Excel* ermittelt. Die Berechnungen der Breite des Überstands der Außenspiegel sowie des seitlichen ÜHA mit Berücksichtigung der Außenspiegel sind den Formeln (4) und (5) zu entnehmen.

³⁹ Dies ist aufgrund der Höhe der Spiegel bei diesen Fahrzeugen auch nicht gravierend, da sich der Radfahrer meist unter deren Außenspiegel befindet.

Berechnung der mittleren Breite des Überstands des rechten Außenspiegels⁴⁰

$$\bar{b}_{\text{ÜSS}} = \frac{(b_{\text{KFZ}} - b_{\text{KfzS}})}{2} \quad (4)$$

- $\bar{b}_{\text{ÜSS}}$: mittlere Breite des Überstands des rechten Außenspiegels
 b_{Kfz} : Breite Kfz (ohne Außenspiegel)
 b_{KfzS} : Breite Kfz (mit Außenspiegel)

Berechnung des seitlichen ÜHA (mit Außenspiegel)

$$d_{\text{SÜHA}} = \begin{cases} d_{\text{Rad}} + d_{\text{Kfz}} - \bar{b}_{\text{ÜSS}} - 0,3 & \text{für Fall 1} \\ d_{\text{Rad}} + d_{\text{Kfz}} - \bar{b}_{\text{ÜSS}} - 0,35 & \text{für Fall 2} \end{cases} \quad (5)$$

- $d_{\text{SÜHA}}$: seitlicher ÜHA
 d_{Rad} : Abstand zwischen Fahrradreifen und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
 d_{Kfz} : Abstand zwischen Kfz und Mitte der Schutzstreifenmarkierung
 $\bar{b}_{\text{ÜSS}}$: mittlere Breite des Überstands des rechten Außenspiegels
Fall 1: Radfahrer ohne Anhänger
Fall 2: Radfahrer mit Anhänger

⁴⁰ Das gilt nur für die Annahme, dass die Außenspiegel der Kfz gleich groß sind.

A5 VARIABLEN UND DEREN ZUORDNUNG

Variablennamen und deren Zuordnung für SPSS (Teil 1)			
Bezeichnung	Variablenname	Kategorie / Beschriftung	Wert im SPSS
laufende Nummer	<i>ID</i>	-	-
seitlicher ÜHA ohne Außenspiegel	<i>üha</i>	-	-
seitlicher ÜHA mit Außenspiegel	<i>ühas</i>	-	-
Datum	<i>date</i>	-	-
Uhrzeit	<i>time</i>	-	-
Straße	<i>str</i>	Boltenhagener Straße	1
		Chemnitzer Straße	2
		Karl-Marx-Straße	3
		Lennéstraße	4
		Wiener Straße	5
Wetter	<i>wetter</i>	nass, bewölkt	1
		trocken, bewölkt	2
		trocken, sonnig	3
Messstrecken-Nr.	<i>messnr</i>	1 Boltenhagener Straße	1
		2 Chemnitzer Straße	2
		3.1 Karl-Marx-Straße	3.1
		3.2 Karl-Marx-Straße	3.2
		4.1 Lennéstraße	4.1
		4.2 Lennéstraße	4.2
5 Wiener Straße	5		
Messstreckenabschnitts-Nummer	<i>messabnr</i>	-	-
Messstreckenabschnitts-Name	<i>messabname</i>	Karl-Marx-Straße – Dörnichtweg	11
		Dörnichtweg - Karl-Marx-Straße	12
		Würzburger Straße - Bamberger Straße	21
		Bamberger Straße - Würzburger Straße	24
		Bamberger Straße - Nürnberger Straße	22
		Nürnberger Straße - Bamberger Straße	23
		Ahlbecker Straße – Dörnichtweg	3.11
		Dörnichtweg - Ahlbecker Straße	3.14
		Dörnichtweg - Grüner Weg	3.22
		Grüner Weg – Dörnichtweg	3.23
		Parkstraße- Helmut-Schön-Allee	4.11
		Helmut-Schön-Allee – Parkstraße	4.14
		Helmut-Schön-Allee - Straßburger Platz	4.22
		Straßburger Platz - Helmut-Schön-Allee	4.23
Gellertstraße - Gerhart-Hauptmann-Straße	51		
Gerhart-Hauptmann-Straße – Gellertstraße	52		
DTVw gesamt	<i>dtvg</i>	-	-
SV-Anteil des DTVw gesamt	<i>svg</i>	-	-
DTVw richtungs- und abschnittsfein	<i>dtvr</i>	-	-
SV-Anteil des DTVw richtungs- und abschnittsfein	<i>svr</i>	-	-
Markierungszustand	<i>mark</i>	gut	1
		mangelhaft	2
Längsneigung	<i>neig</i>	-	-
Breite Kernfahrbahn	<i>bkfahrb</i>	-	-
		nur 1 Fahrstreifen vorhanden	-999 (fehlender Wert)

Tab. i. A. 5-1: Variablen und deren Zuordnung Teil 1

Variablenamen und deren Zuordnung für SPSS (Teil 2)			
Bezeichnung	Variablenname	Kategorie / Beschriftung	Wert im SPSS
Mittelmarkierung vorhanden?	<i>mittelm</i>	ja	1
		nein	2
		nein, weil nur 1 Fahrstreifen vorhanden	3
Umfeldnutzung	<i>umfeld</i>	Wohnen	1
		Freizeit	2
Schutzstreifenbreite (ohne befahrbare Rinne)	<i>bss</i>	-	-
Befahrbare Rinne vorhanden?	<i>rinne</i>	ja	1
		nein	2
		keine Rinne vorhanden	3
Schutzstreifenbreite mit befahrbarer Rinne	<i>bssr</i>	-	-
Geschwindigkeit Radfahrer	<i>vrad</i>	-	-
		<i>keine Geschwindigkeitsmessung</i>	-999 (fehlender Wert)
Merkmalsausprägungen	<i>merkmal</i>	mit Helm	1
		ohne Helm	2
		mit Anhänger (ohne Helm)	3
		mit Warnweste (ohne Helm)	4
Fahrzeugmarke	<i>fzmarke</i>	-	-
Fahrzeugart	<i>fzart</i>	Pkw normal	1
		Pkw SUV	2
		Transporter	3
		Lkw	4
		Bus	5
Geschwindigkeit Kfz	<i>vkfz</i>	-	-
		<i>keine Geschwindigkeitsmessung</i>	-999 (fehlender Wert)
Vorhandensein von Gegenverkehr	<i>gegenv</i>	ja	1
		nein	0
		nein, da einstreifige Fahrbahn	3
Fahrzeugart des Gegenverkehrs	<i>fzartgegenv</i>	Pkw	1
		Pkw und Radfahrer	2
		Radfahrer	3
		Mofa	4
		Lkw	5
		Bus	6
		kein Gegenverkehr	7
Führungsform Straßenbahn	<i>strab</i>	Straßenbahn in Mittellage	1
		keine Straßenbahn vorhanden	2
Ruhender Verkehr	<i>rverkehr</i>	Parken zugelassen	1
		Parken nicht zugelassen	2
Führungsform Radverkehr	<i>fform</i>	<i>Schutzstreifen</i>	1
		<i>Radfahrstreifen</i>	2
		<i>Mischverkehr ohne Markierung</i>	3
Überholunwillig?	<i>üholunwill</i>	normaler ÜHV	1
		erst Überholunwillig, danach normaler ÜHV	2
Besonderheiten	<i>bes</i>	-	-

Tab. i. A. 5-2: Variablen und deren Zuordnung Teil 2

Variablenamen und deren Zuordnung für SPSS (Teil 3)			
Bezeichnung	Variablenname	Kategorie / Beschriftung	Wert im SPSS
Codierte Variablen (Kernuntersuchung)			
Merkmalsausprägungen	<i>merkmal_umcod</i>	ohne Helm	1
		mit Helm	2
		mit Anhänger (ohne Helm)	3
		mit Warnweste (ohne Helm)	4
Gegenverkehr	<i>gegenv_umcod</i>	nein	0
		ja	1
Breite Kernfahrbahn	<i>bkfahrb_cod</i>	4,40 m	1
		6,0 m	2
		6,6 m	3
		6,85 m	4
		nur 1 Fahrstreifen vorhanden	5
Schutzstreifenbreite (ohne befahrbare Rinne)	<i>bss_cod</i>	0,95 m	1
		1,15 m	2
		1,20 m	3
		1,25 m	4
		1,30 m	5
		1,40 m	6
DTVw richtungsfrein	<i>dtvr_cod</i>	< 6000	1
		von 6000 bis 8000	2
		> 8000	3
SV-Anteil gesamt	<i>svr_cod</i>	< 4 %	1
		4 % bis 6 %	2
		> 6 %	3
Codierte Variablen (Kernuntersuchung)			
Führungsform Radverkehr für Chemnitzer Straße	<i>fform_chem</i>	<i>Schutzstreifen</i>	1
		<i>Mischverkehr ohne Markierung</i>	3
Führungsform Radverkehr für Boltenhagener Straße	<i>fform_bolt</i>	<i>Schutzstreifen</i>	1
		<i>Radfahrstreifen</i>	2
Dummyvariablen für Regression			
Dummy Fahrzeugart Pkw	<i>Dummy_Fzart_1</i>	<i>fzart=Pkw normal</i>	0 bzw 1
Dummy Fahrzeugart SUV	<i>Dummy_Fzart_2</i>	<i>fzart=Pkw SUV</i>	0 bzw 1
Dummy Fahrzeugart Transporter	<i>Dummy_Fzart_3</i>	<i>fzart=Transporter</i>	0 bzw 1
Dummy Fahrzeugart Lkw	<i>Dummy_Fzart_4</i>	<i>fzart=Lkw</i>	0 bzw 1
Dummy Fahrzeugart Bus	<i>Dummy_Fzart_5</i>	<i>fzart=Bus</i>	0 bzw 1
Dummy Merkmalsausprägung (mit Helm)	<i>Dummy_Merkmal- ausprägung_1</i>	<i>merkmal=mit Helm</i>	0 bzw 1
Dummy Merkmalsausprägung (ohneHelm)	<i>Dummy_Merkmal- ausprägung_2</i>	<i>merkmal=ohne Helm</i>	0 bzw 1
Dummy Merkmalsausprägung (mit Anhänger)	<i>Dummy_Merkmal- ausprägung_3</i>	<i>merkmal=mit Anhänger</i>	0 bzw 1
Dummy Merkmalsausprägung (mit Warnweste)	<i>Dummy_Merkmal- ausprägung_4</i>	<i>merkmal=mit Warnweste</i>	0 bzw 1

Tab. i. A. 5-3: Variablen und deren Zuordnung Teil 3

A6 HÄUFIGKEITEN DES SEITLICHEN ÜHA

seitlicher ÜHA (ohne Berücksichtigung der Außenspiegel)					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozent	Kumulative Prozente
Gültig	0,5	1	0,1	0,1	0,1
	0,6	4	0,3	0,3	0,3
	0,7	10	0,7	0,7	1,0
	0,8	30	2,0	2,0	3,1
	0,9	77	5,3	5,3	8,3
	1,0	114	7,8	7,8	16,1
	1,1	142	9,7	9,7	25,8
	1,2	183	12,5	12,5	38,3
	1,3	213	14,5	14,5	52,9
	1,4	198	13,5	13,5	66,4
	1,5	173	11,8	11,8	78,2
	1,6	112	7,7	7,7	85,9
	1,7	69	4,7	4,7	90,6
	1,8	52	3,6	3,6	94,1
	1,9	31	2,1	2,1	96,2
	2,0	18	1,2	1,2	97,5
	2,1	10	0,7	0,7	98,2
	2,2	11	0,8	0,8	98,9
	2,3	8	0,5	0,5	99,5
	2,4	3	0,2	0,2	99,7
2,5	1	0,1	0,1	99,7	
2,6	3	0,2	0,2	99,9	
2,7	1	0,1	0,1	100,0	
Gesamtsumm		1.464	100,0	100,0	

Tab. i. A. 6-1: Häufigkeiten seitlicher ÜHA (ohne Berücksichtigung der Außenspiegel)

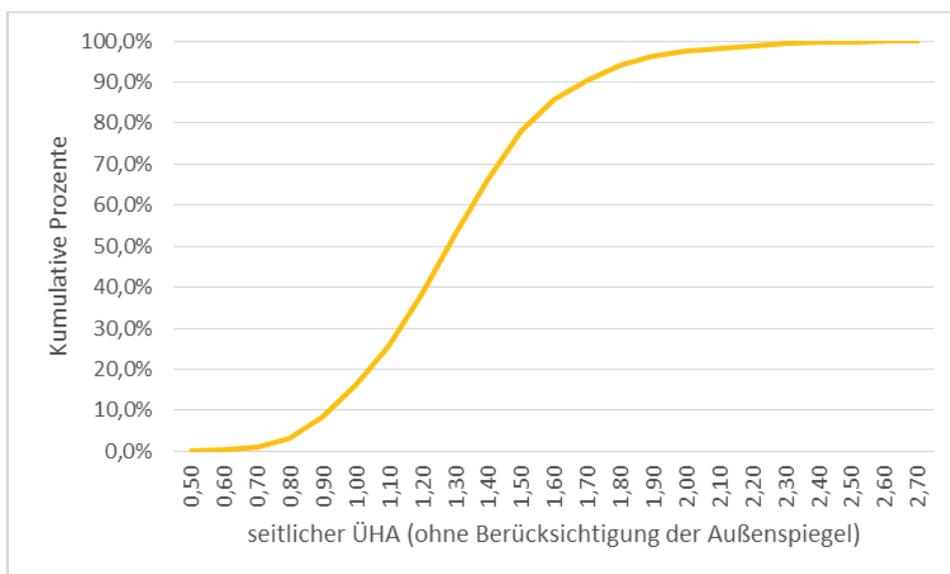


Abb. i. A. 6-1 Verteilungsfunktion des seitlichen ÜHA (ohne Außenspiegel)

seitlicher ÜHA (mit Berücksichtigung der Außenspiegel)					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozent	Kumulative Prozente
Gültig	0,4	2	0,1	0,1	0,1
	0,5	9	0,6	0,6	0,8
	0,6	15	1,0	1,0	1,8
	0,7	46	3,1	3,1	4,9
	0,8	108	7,4	7,4	12,3
	0,9	125	8,5	8,5	20,8
	1,0	162	11,1	11,1	31,9
	1,1	211	14,4	14,4	46,3
	1,2	206	14,1	14,1	60,4
	1,3	191	13,0	13,0	73,4
	1,4	140	9,6	9,6	83,0
	1,5	89	6,1	6,1	89,1
	1,6	67	4,6	4,6	93,6
	1,7	27	1,8	1,8	95,5
	1,8	24	1,6	1,6	97,1
	1,9	10	0,7	0,7	97,8
	2,0	13	0,9	0,9	98,7
	2,1	11	0,8	0,8	99,5
	2,2	3	0,2	0,2	99,7
	2,3	1	0,1	0,1	99,7
2,4	2	0,1	0,1	99,9	
2,5	2	0,1	0,1	100,0	
Gesamtsumme		1.464	100,0	100,0	

Tab. i. A. 6-2: Häufigkeiten seitlicher ÜHA (mit Berücksichtigung der Außenspiegel)

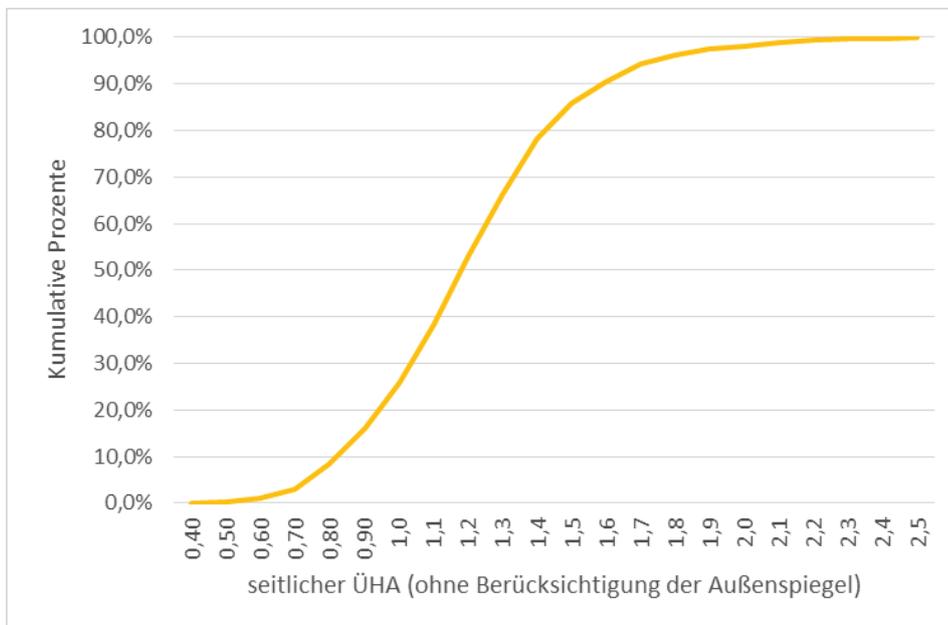


Abb. i. A. 6-2: Verteilungsfunktion des seitlichen ÜHA (mit Außenspiegel)

A7 EXPLORATIVE DATENANALYSE

Normalverteilungsdiagramme

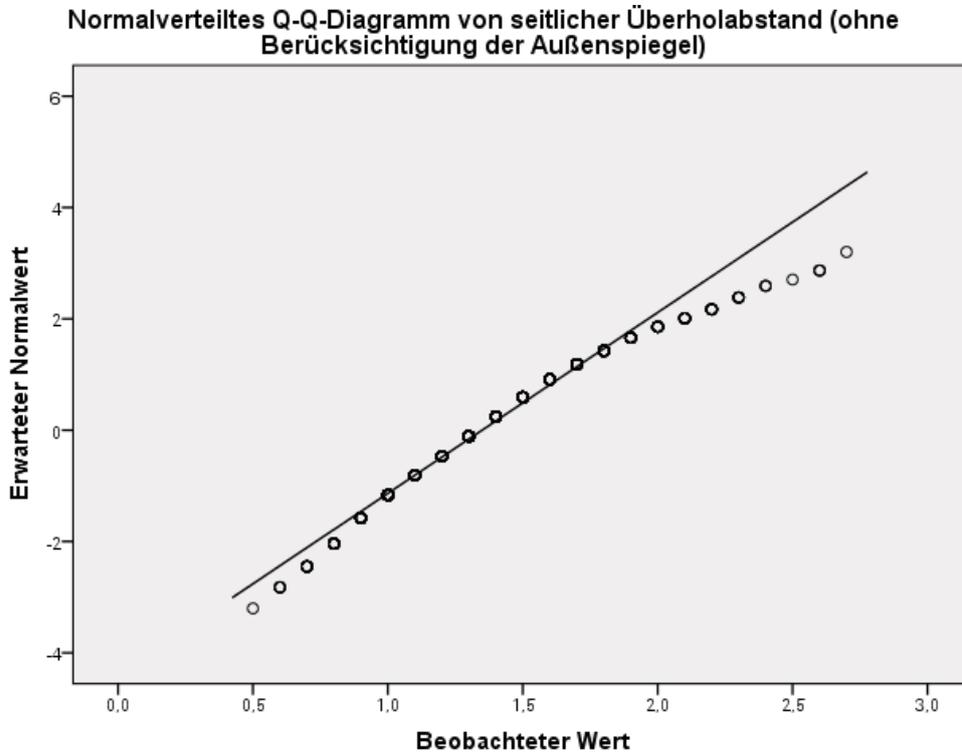


Abb. i. A. 7-1: Normalverteiltes Q-Q Diagramm

Ergebnisse von Kolmogorow-Smirnow-Test und der Explorativen Datenanalyse

Kolmogorov-Smirnov-Test		seitlicher ÜHA (ohne Berücksichtigung der Außenspiegel)
H		1,464
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	1,349
	Standardabweichung	0,3078
Extremste Differenzen	Absolut	0,099
	Positiv	0,099
	Negativ	-0,056
Teststatistik		0,099
Asymp. Sig. (2-seitig)		0,000 ^c
a. Die Testverteilung ist normal.		
b. Aus Daten berechnet.		
c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.		

Tab. i. A. 7-1: Kolmogorow-Smirnow-Test

Explorative Datenanalyse: Tests auf Normalverteilung						
	Kolmogorow-Smirnow ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Sig.	Statistik	df	Sig.
seitlicher ÜHA (ohne Berücksichtigung der Außenspiegel)	0,099	1.464	0,000	0,970	1.464	0,000
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors						

Tab. i. A. 7-2: Explorative Datenanalyse: Tests auf Normalverteilung

A8 ANOVA - MERKMALSAUSPRÄGUNGEN

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik									
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)									
Merkmalsausprägungen "ohne Helm" und "mit Helm" im Vergleich									
Straße	Merkmalsausprägung	H	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95 % Konfidenzintervall für Mittelwert		Minimum	Maximum
						Untergrenze	Obergrenze		
Boltenhagener Straße	mit Helm	129	1,606	0,3071	0,0270	1,553	1,660	0,8	2,4
	ohne Helm	120	1,524	0,2867	0,0262	1,472	1,576	0,8	2,3
	Gesamtsumme	249	1,567	0,2997	0,0190	1,529	1,604	0,8	2,4
Chemnitzer Straße	mit Helm	126	1,329	0,3841	0,0342	1,262	1,397	0,6	2,7
	ohne Helm	112	1,208	0,3143	0,0297	1,149	1,267	0,5	2,4
	Gesamtsumme	238	1,272	0,3574	0,0232	1,227	1,318	0,5	2,7
Karl-Marx-Straße	mit Helm	116	1,280	0,3022	0,0281	1,225	1,336	0,8	2,3
	ohne Helm	120	1,373	0,2878	0,0263	1,321	1,425	0,8	2,6
	Gesamtsumme	236	1,328	0,2980	0,0194	1,289	1,366	0,8	2,6
Lennéstraße	mit Helm	120	1,264	0,1795	0,0164	1,232	1,297	0,7	1,6
	ohne Helm	120	1,363	0,2204	0,0201	1,324	1,403	0,8	1,9
	Gesamtsumme	240	1,314	0,2066	0,0133	1,287	1,340	0,7	1,9
Wiener Straße	mit Helm	120	1,224	0,1690	0,0154	1,194	1,255	0,9	1,6
	ohne Helm	120	1,433	0,2088	0,0191	1,396	1,471	0,9	2,2
	Gesamtsumme	240	1,329	0,2166	0,0140	1,301	1,356	0,9	2,2
Merkmalsausprägungen "ohne Helm" und "mit Anhänger" im Vergleich									
Chemnitzer Straße	ohne Helm	112	1,208	0,3143	0,0297	1,149	1,267	0,5	2,4
	mit Anhänger	123	1,280	0,3548	0,0320	1,216	1,343	0,7	2,6
	Gesamtsumme	235	1,246	0,3373	0,0220	1,202	1,289	0,5	2,6
Merkmalsausprägungen "ohne Helm" und "mit Warnweste" im Vergleich									
Chemnitzer Straße	ohne Helm	112	1,208	0,3143	0,0297	1,149	1,267	0,5	2,4
	mit Warnweste	138	1,287	0,3153	0,0268	1,234	1,340	0,7	2,5
	Gesamtsumme	250	1,252	0,3166	0,0200	1,212	1,291	0,5	2,5

Tab. i. A. 8-1: Deskriptive Statistik nach Straße und Merkmalsausprägungen

ANOVA der Merkmalsausprägungen „mit Helm“ im Vergleich zu „ohne Helm“

ANOVA						
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)						
Straße		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Boltenhagener Straße	Zwischen Gruppen	0,418	1	0,418	4,728	0,031
	Innerhalb der Gruppen	21,855	247	0,088		
	Gesamtsumme	22,273	248			
Chemnitzer Straße	Zwischen Gruppen	0,873	1	0,873	7,006	0,009
	Innerhalb der Gruppen	29,404	236	0,125		
	Gesamtsumme	30,277	237			
Karl-Marx-Straße	Zwischen Gruppen	0,512	1	0,512	5,884	0,016
	Innerhalb der Gruppen	20,359	234	0,087		
	Gesamtsumme	20,871	235			
Lennéstraße	Zwischen Gruppen	0,590	1	0,590	14,606	0,000
	Innerhalb der Gruppen	9,615	238	0,040		
	Gesamtsumme	10,205	239			
Wiener Straße	Zwischen Gruppen	2,625	1	2,625	72,760	0,000
	Innerhalb der Gruppen	8,587	238	0,036		
	Gesamtsumme	11,212	239			

Tab. i. A. 8-2: ANOVA der Merkmalsausprägungen „ohne Helm“ und „mit Helm“

ANOVA der Merkmalsausprägungen „mit Anhänger“ im Vergleich zu „ohne Helm“

ANOVA						
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)						
Straße		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Chemnitzer Straße	Zwischen Gruppen	0,301	1	0,301	2,663	0,104
	Innerhalb der Gruppen	26,322	233	0,113		
	Gesamtsumme	26,623	234			

Tab. i. A. 8-3: ANOVA der Merkmalsausprägungen „ohne Helm“ und „mit Anhänger“

ANOVA der Merkmalsausprägungen „mit Warnweste“ im Vergleich zu „ohne Helm“

ANOVA						
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)						
Straße		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Chemnitzer Straße	Zwischen Gruppen	0,385	1	0,385	3,885	0,050
	Innerhalb der Gruppen	24,579	248	0,099		
	Gesamtsumme	24,964	249			

Tab. i. A. 8-4: ANOVA der Merkmalsausprägungen „ohne Helm“ und „mit Warnweste“

A9 ANOVA - EINFLUSS DES GEGENVERKEHRS

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik									
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)									
Straße	Gegenverkehr vorhanden?	H	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95 % Konfidenzintervall		Minimum	Maximum
						Untergrenze	Obergrenze		
Boltenhagener Straße	nein	153	1,634	0,3027	0,0245	1,586	1,682	0,8	2,4
	ja	96	1,459	0,2626	0,0268	1,406	1,513	0,8	2,0
	Gesamtsumme	249	1,567	0,2997	0,0190	1,529	1,604	0,8	2,4
Chemnitzer Straße	nein	265	1,440	0,3355	0,0206	1,399	1,480	0,8	2,7
	ja	234	1,095	0,2522	0,0165	1,063	1,128	0,5	2,0
	Gesamtsumme	499	1,278	0,3450	0,0154	1,248	1,308	0,5	2,7
Karl-Marx-Straße	nein	165	1,381	0,2942	0,0229	1,336	1,426	0,8	2,3
	ja	71	1,203	0,2699	0,0320	1,139	1,267	0,8	2,6
	Gesamtsumme	236	1,328	0,2980	0,0194	1,289	1,366	0,8	2,6
Wiener Straße	nein	144	1,342	0,2364	0,0197	1,303	1,381	0,9	2,2
	ja	96	1,308	0,1822	0,0186	1,271	1,345	0,9	1,7
	Gesamtsumme	240	1,329	0,2166	0,0140	1,301	1,356	0,9	2,2

Tab. i. A. 9-1: Deskriptive Statistik nach Straße und Gegenverkehr

ANOVA

ANOVA						
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)						
Straße		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
	Innerhalb der Gruppen	20,475	247	0,083		
	Gesamtsumme	22,273	248			
Chemnitzer Straße	Zwischen Gruppen	14,733	1	14,733	164,404	0,000
	Innerhalb der Gruppen	44,539	497	0,090		
	Gesamtsumme	59,272	498			
Karl-Marx-Straße	Zwischen Gruppen	1,580	1	1,580	19,163	0,000
	Innerhalb der Gruppen	19,291	234	0,082		
	Gesamtsumme	20,871	235			
Wiener Straße	Zwischen Gruppen	0,067	1	0,067	1,424	0,234
	Innerhalb der Gruppen	11,145	238	0,047		
	Gesamtsumme	11,212	239			

Tab. i. A. 9-2: ANOVA des Einflusses des Gegenverkehrs

A10 ANOVA - EINFLUSS DES DTVw

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik								
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)								
	H	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- fehler	95 % Konfidenzintervall für		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
< 6.000	131	1,273	0,2601	0,0227	1,228	1,318	0,8	2,3
von 6.000 bis 8.000	786	1,409	0,2911	0,0104	1,388	1,429	0,6	2,6
> 8.000	547	1,282	0,3242	0,0139	1,255	1,310	0,5	2,7
Gesamtsumme	1.464	1,349	0,3078	0,0080	1,334	1,365	0,5	2,7

Tab. i. A. 10-1: Deskriptive Statistik nach Straße und DTVw

ANOVA

ANOVA					
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen Gruppen	5,958	2	2,979	32,805	0,000
Innerhalb der Gruppen	132,681	1.461	0,091		
Gesamtsumme	138,639	1.463			

Tab. i. A. 10-2: ANOVA des Einflusses des DTVw

Post-hoc-Tests

Mehrfachvergleiche						
Abhängige Variable:		seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)				
Tamhane						
(I) DTVw (richtungs- und abschnittsfein)		Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
< 6.000	von 6.000 bis 8.000	-0,1352*	0,0250	0,000	-0,195	-0,075
	> 8.000	-0,0092	0,0266	0,981	-0,073	0,055
von 6.000 bis 8.000	< 6.000	0,1352*	0,0250	0,000	0,075	0,195
	> 8.000	0,1261*	0,0173	0,000	0,085	0,167
> 8.000	< 6.000	0,0092	0,0266	0,981	-0,055	0,073
	von 6.000 bis 8.000	-0,1261*	0,0173	0,000	-0,167	-0,085

*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe 0.05 signifikant.

Tab. i. A. 10-3: Post-hoc-Test des Einflusses des DTVw

A11 ANOVA - EINFLUSS DES SV-ANTEILS

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik								
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)								
	H	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- fehler	95 % Konfidenzintervall für		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
< 4 %	934	1,368	0,3300	0,0108	1,346	1,389	0,5	2,7
4 % bis 6 %	340	1,320	0,2399	0,0130	1,294	1,346	0,6	2,3
> 6 %	190	1,312	0,2967	0,0215	1,270	1,355	0,8	2,6
Gesamtsumme	1.464	1,349	0,3078	0,0080	1,334	1,365	0,5	2,7

Tab. i. A. 11-1: Deskriptive Statistik nach Straße und SV-Anteil

ANOVA

ANOVA					
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen Gruppen	0,866	2	0,433	4,592	0,010
Innerhalb der Gruppen	137,773	1.461	0,094		
Gesamtsumme	138,639	1.463			

Tab. i. A. 11-2: ANOVA des Einflusses des SV-Anteils

Post-hoc-Tests

Mehrfachvergleiche						
Abhängige Variable:	seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
Tamhane						
(I) SV-Anteil DTVw (richtungs- und abschnittsfein)		Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
< 4 %	4 % bis 6 %	0,0476*	0,0169	0,015	0,007	0,088
	> 6 %	0,0555	0,0241	0,065	-0,002	0,113
4 % bis 6 %	< 4 %	-0,0476*	0,0169	0,015	-0,088	-0,007
	> 6 %	0,0079	0,0252	0,985	-0,052	0,068
> 6 %	< 4 %	-0,0555	0,0241	0,065	-0,113	0,002
	4 % bis 6 %	-0,0079	0,0252	0,985	-0,068	0,052

*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe 0.05 signifikant.

Tab. i. A. 11-3: Post-hoc-Test des Einflusses des SV-Anteils

A12 ANOVA - EINFLUSS DER KERNFAHRBAHN- BREITE

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik								
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)								
Kernfahrbahn- breite	H	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- fehler	95 % Konfidenzintervall für		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
4,40	499	1,278	0,3450	0,0154	1,248	1,308	0,5	2,7
6,00	236	1,328	0,2980	0,0194	1,289	1,366	0,8	2,6
6,60	249	1,567	0,2997	0,0190	1,529	1,604	0,8	2,4
6,85	240	1,329	0,2166	0,0140	1,301	1,356	0,9	2,2
Gesamtsumme	1.224	1,356	0,3236	0,0092	1,338	1,374	0,5	2,7

Tab. i. A. 12-1: Deskriptive Statistik nach Kernfahrbahnbreite

ANOVA

ANOVA					
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
Kernfahrbahnbreite	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen Gruppen	14,444	3	4,815	51,693	0,000
Innerhalb der Gruppen	113,628	1.220	0,093		
Gesamtsumme	128,072	1.223			

Tab. i. A. 12-2: ANOVA des Einflusses der Kernfahrbahnbreite

Post-hoc-Tests

Mehrfachvergleiche						
Abhängige Variable:	seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
Tamhane						
(I) Kernfahrbahnbreite		Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
4,40	6,00	-0,0494	0,0248	0,250	-0,115	0,016
	6,60	-0,2885*	0,0245	0,000	-0,353	-0,224
	6,85	-0,0506	0,0208	0,089	-0,106	0,004
6,00	4,40	0,0494	0,0248	0,250	-0,016	0,115
	6,60	-0,2391*	0,0271	0,000	-0,311	-0,167
	6,85	-0,0012	0,0239	1,000	-0,064	0,062
6,60	4,40	0,2885*	0,0245	0,000	0,224	0,353
	6,00	0,2391*	0,0271	0,000	0,167	0,311
	6,85	0,2379*	0,0236	0,000	0,176	0,300
6,85	4,40	0,0506	0,0208	0,089	-0,004	0,106
	6,00	0,0012	0,0239	1,000	-0,062	0,064
	6,60	-0,2379*	0,0236	0,000	-0,300	-0,176

*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe 0.05 signifikant.

Tab. i. A. 12-3: Post-hoc-Test des Einflusses der Kernfahrbahnbreite

A13 ANOVA - EINFLUSS DER SCHUTZSTREIFENBREITE

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik								
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)								
Schutzstreifenbreite	H	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95 % Konfidenzintervall für		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
0,95	249	1,567	0,2997	0,0190	1,529	1,604	0,8	2,4
1,15	240	1,329	0,2166	0,0140	1,301	1,356	0,9	2,2
1,20	499	1,278	0,3450	0,0154	1,248	1,308	0,5	2,7
1,25	159	1,355	0,3203	0,0254	1,305	1,406	0,8	2,6
1,30	240	1,314	0,2066	0,0133	1,287	1,340	0,7	1,9
1,40	77	1,270	0,2373	0,0270	1,216	1,324	0,8	1,8
Gesamtsumme	1.464	1,349	0,3078	0,0080	1,334	1,365	0,5	2,7

Tab. i. A. 13-1: Deskriptive Statistik nach Schutzstreifenbreite

ANOVA

ANOVA					
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
Schutzstreifenbreite	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen Gruppen	15,184	5	3,037	35,863	0,000
Innerhalb der Gruppen	123,456	1.458	0,085		
Gesamtsumme	138,639	1.463			

Tab. i. A. 13-2: ANOVA des Einflusses der Schutzstreifenbreite

Post-hoc-Tests

Mehrfachvergleiche						
Abhängige Variable:	seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
Tamhane						
(I) Schutzstreifenbreite (ohne befahrbarer Rinne)		Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
0,95	1,15	0,2379*	0,0236	0,000	0,169	0,307
	1,20	0,2885*	0,0245	0,000	0,217	0,360
	1,25	0,2113*	0,0317	0,000	0,118	0,305
	1,30	0,2529*	0,0232	0,000	0,185	0,321
	1,40	0,2965*	0,0330	0,000	0,198	0,395
1,15	0,95	-0,2379*	0,0236	0,000	-0,307	-0,169
	1,20	0,0506	0,0208	0,208	-0,011	0,112
	1,25	-0,0266	0,0290	0,999	-0,112	0,059
	1,30	0,0150	0,0193	1,000	-0,042	0,072
	1,40	0,0586	0,0304	0,583	-0,032	0,150
1,20	0,95	-0,2885*	0,0245	0,000	-0,360	-0,217
	1,15	-0,0506	0,0208	0,208	-0,112	0,011
	1,25	-0,0772	0,0297	0,139	-0,165	0,011
	1,30	-0,0356	0,0204	0,721	-0,096	0,024
	1,40	0,0080	0,0311	1,000	-0,085	0,101
1,25	0,95	-0,2113*	0,0317	0,000	-0,305	-0,118
	1,15	0,0266	0,0290	0,999	-0,059	0,112
	1,20	0,0772	0,0297	0,139	-0,011	0,165
	1,30	0,0416	0,0287	0,910	-0,043	0,126
	1,40	0,0852	0,0371	0,291	-0,025	0,195
1,30	0,95	-0,2529*	0,0232	0,000	-0,321	-0,185
	1,15	-0,0150	0,0193	1,000	-0,072	0,042
	1,20	0,0356	0,0204	0,721	-0,024	0,096
	1,25	-0,0416	0,0287	0,910	-0,126	0,043
	1,40	0,0436	0,0302	0,914	-0,047	0,134
1,40	0,95	-0,2965*	0,0330	0,000	-0,395	-0,198
	1,15	-0,0586	0,0304	0,583	-0,150	0,032
	1,20	-0,0080	0,0311	1,000	-0,101	0,085
	1,25	-0,0852	0,0371	0,291	-0,195	0,025
	1,30	-0,0436	0,0302	0,914	-0,134	0,047

*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe 0.05 signifikant.

Tab. i. A. 13-3: Post-hoc-Test des Einflusses der Schutzstreifenbreite

A14 ANOVA - EINFLUSS DER FAHRZEUGART

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik								
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)								
Fahrzeugart	H	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- fehler	95 % Konfidenzintervall für		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
Pkw normal	1.186	1,358	0,3135	0,0091	1,340	1,376	0,5	2,7
Pkw SUV	72	1,350	0,2753	0,0324	1,285	1,415	0,6	2,0
Transporter	136	1,288	0,2625	0,0225	1,244	1,333	0,7	1,9
Lkw	60	1,345	0,3127	0,0404	1,264	1,426	0,9	2,3
Bus	10	1,190	0,3107	0,0983	0,968	1,412	0,9	1,8
Gesamtsumme	1.464	1,349	0,3078	0,0080	1,334	1,365	0,5	2,7

Tab. i. A. 14-1: Deskriptive Statistik nach Straße und Fahrzeugart

ANOVA

ANOVA					
seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)					
Fahrzeugart	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen Gruppen	0,849	4	0,212	2,246	0,062
Innerhalb der Gruppen	137,791	1.459	0,094		
Gesamtsumme	138,639	1.463			

Tab. i. A. 14-2: ANOVA des Einflusses der Fahrzeugart

Post-hoc-Tests

Mehrfachvergleiche						
Abhängige Variable:		seitlicher ÜHA (ohne Außenspiegel)				
Tamhane						
(I) Fahrzeugart		Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Pkw normal	Pkw SUV	0,0078	0,0337	1,000	-0,089	0,105
	Transporter	0,0696 *	0,0243	0,045	0,001	0,138
	Lkw	0,0128	0,0414	1,000	-0,107	0,133
	Bus	0,1678	0,0987	0,730	-0,193	0,529
Pkw SUV	Pkw normal	-0,0078	0,0337	1,000	-0,105	0,089
	Transporter	0,0618	0,0395	0,722	-0,051	0,174
	Lkw	0,0050	0,0518	1,000	-0,143	0,153
	Bus	0,1600	0,1035	0,804	-0,200	0,520
Transporter	Pkw normal	-0,0696 *	0,0243	0,045	-0,138	-0,001
	Pkw SUV	-0,0618	0,0395	0,722	-0,174	0,051
	Lkw	-0,0568	0,0462	0,919	-0,189	0,076
	Bus	0,0982	0,1008	0,987	-0,262	0,458
Lkw	Pkw normal	-0,0128	0,0414	1,000	-0,133	0,107
	Pkw SUV	-0,0050	0,0518	1,000	-0,153	0,143
	Transporter	0,0568	0,0462	0,919	-0,076	0,189
	Bus	0,1550	0,1062	0,844	-0,206	0,516
Bus	Pkw normal	-0,1678	0,0987	0,730	-0,529	0,193
	Pkw SUV	-0,1600	0,1035	0,804	-0,520	0,200
	Transporter	-0,0982	0,1008	0,987	-0,458	0,262
	Lkw	-0,1550	0,1062	0,844	-0,516	0,206

Tab. i. A. 14-3: Post-hoc-Test des Einflusses der Fahrzeugart