

Forschungsbericht Nr. 63

Verkehrssicherheit an Haltestellen des ÖPNV

Ralf Berger
Matthias Medicus
Martin Schmotz
Hagen Schüller
Miriam Plesker
Jean Emmanuel Bakaba

Forschungsbericht Nr. 63

Verkehrssicherheit an Haltestellen des ÖPNV

Bearbeitet durch:

Professur für Integrierte Verkehrsplanung und
Straßenverkehrstechnik GWT TU Dresden GmbH

Dr.-Ing. Ralf Berger

Dipl.-Ing. Matthias Medicus

Dr.-Ing. Martin Schmotz

und

PTV Transport Consult GmbH

Dr.-Ing. Hagen Schüller

M. Sc. Miriam Plesker



Bei der UDV betreut von:

Dr.-Ing. Jean Emmanuel Bakaba

Impressum

Herausgeber

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Unfallforschung der Versicherer

Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin
Tel. 030 / 20 20 - 50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00

E-Mail: unfallforschung@gdv.de
Internet: www.udv.de
Facebook: www.facebook.com/unfallforschung
Twitter: [@unfallforschung](https://twitter.com/unfallforschung)
YouTube: www.youtube.com/unfallforschung

Redaktion

Dr.-Ing. Jean Emmanuel Bakaba

Bildnachweise

UDV und siehe Quellenangaben

Erschienen

01/2020

ISBN-Nr.

978-3-939163-93-0

Kurzfassung

Kurzfassung

Inhalt des Projektes war die Untersuchung der Verkehrssicherheit innerörtlicher Bus- und Straßenbahnhaltestellen. Dazu wurden einerseits Vergleiche zwischen verschiedenen Typen von Haltestellen vollzogen und andererseits sicherheitsrelevante Gestaltungsmerkmale je Haltestellentyp ermittelt.

Im Rahmen der Basisanalyse wurden auf Grundlage von Unfalldaten des Statistischen Bundesamtes für 10 Jahre Kriterien für die räumliche Abgrenzung von Straßenbahn- und Bushaltestellen an Knotenpunkten und auf der freien Strecke abgeleitet. Die Bestimmung der Länge von Haltestellen- sowie Annäherungsbereichen erfolgte anhand des Anteils der Unfälle mit Haltestellen-Merkmal in den Unfallanzeigen. Auf Grundlage dieser Längen wurde den Haltestellen das jeweilige Unfallgeschehen zugewiesen.

In die nachfolgende makroskopische Unfallanalyse wurden die Haltestellentypen Busbucht, Kaphaltestelle und Haltestelle am Fahrbahnrand jeweils für Busse und für Straßenbahnen, Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel, Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteigen und Mittelbahnsteigen sowie Haltestellen mit Seitenbahnsteigen an separaten ÖV-Trassen einbezogen. Insgesamt wurden in der makroskopischen Analyse knapp 2.000 Teilhaltestellen in 6 deutschen Großstädten berücksichtigt. Je Teilhaltestelle erfolgte die Erfassung verkehrlicher und infrastruktureller Merkmale (bspw. Verkehrsaufkommen, Straßenquerschnitt, Umfeldnutzung), die die Einordnung hinsichtlich der Umfeldnutzung, des Straßenraumes sowie des Verkehrsaufkommens ermöglichen. GIS-basiert wurde das Unfallgeschehen von 2011 bis 2015 den Teilhaltestellen zugeordnet, ausgewertet und mit den erhobenen Merkmalen der Haltestellen in Beziehung gesetzt. Ergänzend erfolgten multikriterielle Analysen zur statistischen Absicherung und Validierung der Ergebnisse.

Darauf aufbauend wurden die drei Haltestellentypen Mittellage mit Seitenbahnsteigen, Kaphaltestellen für Straßenbahnen sowie Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke für Detailuntersuchungen ausgewählt. Für diese drei Haltestellentypen erfolgten Verhaltensbeobachtungen mittels Videoerhebungen über jeweils zwei Stunden an insgesamt 102 Teilhaltestellen. Dabei wurde neben der Zählung des Verkehrsaufkommens für alle Verkehrsarten im Quer- und Längsverkehr auch die Erfassung von Konflikten sowie potentiell sicherheitsrelevanten Verhaltensweisen (z.B. Laufeinsteiger, Geschwindigkeit von Kfz) vorgenommen. Abschließend wurden Konfliktanalysen für Interaktionen an 25 Teilhaltestellen durchgeführt.

Die makroskopische Unfallanalyse ergab, dass sowohl mit zunehmendem Fahrgastaufkommen als auch mit zunehmendem Fußgängeraufkommen die mittlere Unfalldichte und Unfallkostenrate steigen. Die Detailuntersuchungen an den beobachteten Haltestellentypen belegen diese Erkenntnisse, da das Aufkommen im Fußgängerquerverkehr auch einen hohen Anteil nicht-haltestellenbezogenen Querungen umfasst.

Bushaltestellen auf der freien Strecke zeigten Auffälligkeiten im Hinblick auf Überschreiten-Unfällen (höchste $UKR_{U(P, SS)}$), während die $UKR_{U(P, SS)}$ über alle Unfälle bei diesem Haltestellentyp am niedrigsten war. Bei den Verhaltensbeobachtungen an Bushaltestelle am Fahrbahnrand wurde eine geringere Akzeptanz der Querungshilfe bei Abständen von mehr

als 20 m zwischen der Halteposition des ÖV-Fahrzeugs und der Querungshilfe festgestellt. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Akzeptanz und dem Unfallgeschehen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Vergleichbare Ergebnisse zur Akzeptanz von Querungshilfen ergaben sich auch bei den Verhaltensbeobachtungen an Kaphaltestellen für Straßenbahnen. Bei der Unterscheidung nach der Art der Querungshilfen wurden an signalisierten und unsignalisierten Zugängen von Haltestellen mit Seitenbahnsteigen vergleichbare Konfliktraten beobachtet. Ein Zusammenhang zwischen Rotläuferanteilen und Unfallgeschehen konnte an signalisierten Zugängen nicht festgestellt werden. Beobachtete Konflikte an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen waren u.a. auf Querungen bei Rot durch gestaute Kfz, Abfluss gestauter Kfz bei Grün für Fußgänger, Laufeinsteiger und sonstige Rotlichtverstöße von Fußgängern zurückzuführen.

Nicht bestätigt werden konnte das in früheren Untersuchungen festgestellte erhöhte Unfallrisiko überbreiter Fahrsteifen (Möglichkeit des Überholens haltender ÖV-Fahrzeuge). Diese belegen auch Vergleiche der verschiedenen Bushaltestellentypen, nach denen Busbuchten im Mittel ein leicht höheres Sicherheitsniveau als Haltestellentypen ohne Überholmöglichkeiten (Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen) aufweisen. Das Queren im Schattenschatten von ÖV-Fahrzeugen konnte ebenfalls nicht als Sicherheitsproblem identifiziert werden. Das Verhalten trat nur an wenigen Haltestellen in geringem Umfang auf und stand nicht im Zusammenhang mit Konflikten oder dem Unfallgeschehen an den jeweiligen Haltestellen. Die ebenfalls in der Literatur beschriebene Konfliktauffälligkeit von Laufeinsteigern bestätigte sich dagegen: Die in der Detailanalyse beobachteten Laufeinsteiger wiesen eine höhere Konfliktrate auf und verhielten sich (z.B. bzgl. Rotlichtverstößen) risikofreudiger. Konflikte zwischen Fahrgästen und Radfahrern im Seitenraum waren an Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke bei Warteflächen auf gemeinsamen Geh- und Radwegen sowie Radwegen hinter zu schmalen Warteflächen zu beobachten.

An Kaphaltestellen für Straßenbahnen war die hohe $UKR_{U(P, SS)}$ von Fahrunfällen auffällig, welche v. a. aus Alleinunfällen von Radfahrern resultiert. Diese sind auf Stürze von Radfahrern beim Überfahren der Gleise und zum Teil auch des Bordsteins zurückzuführen. Dabei ist die hohe $UKR_{U(P, SS)}$ vor allem auf wenige, stark unfallbelastete Haltestellen zurückzuführen, es ereignen sich allerdings auch anteilig an mehr Haltestellen derartige Unfälle. Im Rahmen der Verhaltensbeobachtung wurden knapp 2.000 Radfahrer hinsichtlich ihrer Flächenwahl an Kaphaltestellen für Straßenbahnen erfasst. Ein Zusammenhang zwischen der Flächenwahl und der daraus resultierenden Zahl der Gleis- und Bordüberfahrten einerseits und dem Auftreten von Alleinunfällen an den Haltestellen andererseits konnte aber nicht festgestellt werden, so dass entsprechende Stürze eher als allgemeines Problem an Kaphaltestellen für Straßenbahnen ohne geeignete Radverkehrsanlagen (z. B. angehobene Radfahrbahnen) einzuordnen sind. Bzgl. der Führung des Radverkehrs an Kaphaltestellen von Straßenbahnen wurde weiterer Forschungsbedarf zu den Fragen aufgedeckt, inwiefern sich durch angehobene Radfahrbahnen (neue) Konflikte oder Unfälle zwischen Radfahrern und Fahrgästen ergeben und welche gestalterischen Elemente dieses Konfliktpotential reduzieren können.

Abstract

This project investigates the traffic safety of local bus and tram stops. The two-part analysis was comprised of the comparison between different types of transportation stops as well as the determination of safety-relevant design features for each of these types of stop.

As a component of the baseline assessment, criteria for the spatial demarcation of tram and bus stops at intersections and on the open road were established over the course of a 10-year period, based on accident data from the Federal Statistical Office of Germany. The determination of the length of transportation stops and of approach areas was based on the number of accidents surrounding stops in the accident reports. Each stopping point was assigned accident events respective to its recorded length.

The subsequent macroscopic accident analysis included the following types of stops: tram/bus bays and bulbs as well as stops along the side of the road, central stops with a raised roadway, central stops with side platforms or middle platforms, and with side platforms on separate public transport routes. In total, the macroscopic analysis examined nearly 2,000 partial stops in 6 major German cities. The data for each stop included respective traffic and infrastructural characteristics (e.g., traffic volume, road cross section, use of the surrounding area) which enable the classification of the environment, the road space and the traffic volume. GIS-based accident events from 2011 to 2015 were first assigned to the stops, then evaluated and correlated with the characteristics of each stop. In addition, multicriterial analyses were carried out to statistically validate the results.

Based on this, the following three stop types were selected for detailed investigation: central stops with side platforms, tram bays, and bus stops along the side of the road. For these three types, behavioral observations were carried out via video surveillance (two hours of footage per stop from a total of 102 partial stops). Conflicts as well as potential safety-relevant behaviors (e.g., joggers/runners, speed of motor vehicles) were recorded in addition to the traffic volume for all transit modes in cross and parallel traffic. Finally, conflict analyses were performed for interactions at 25 partial stops.

The macroscopic accident analysis showed that an increase in passenger numbers as well as in pedestrian traffic corresponded with an increase in the average accident density and accident cost. The detailed investigations of the observed types of stops substantiate these findings, as the volume of traffic in pedestrian cross traffic also includes a high proportion of crossings unrelated to a transport stop.

Data from road-side bus stops presented anomalies in accidents involving the passing or overtaking of the stopping point (highest UKRU (P, SS)), while the UKRU (P, SS) was lowest for all accidents at this type of stop. Behavioral observations at road-side bus stops revealed a lowered usage of crossing facilities when distances of more than 20 m were present between the stopping point of the public transport vehicle and the crossing aid. However, a direct correlation between the lowered usage of a crossing aid and accident occurrence could not be made. Comparable results on the usage of crossing facilities were also found through the behavioral observations at tram bulbs. In distinguishing between the types of crossing aids, comparable conflict rates were observed at signalized and non-signalized approaches from stops with side platforms. A correlation between the proportion of jaywalk-

ing and accident occurrence could not be established at signalized accesses. Conflicts observed at stops with side platforms were, among other factors, due to pedestrian crossings on red through traffic jams, traffic overflows into signalized pedestrian right-of-ways, joggers/runners, and other red light infractions by pedestrians.

It was not possible to confirm the correlation between increased accident risk and widened lane width as was found in previous studies (possibility of passing or overtaking stopped transportation vehicles). These also prove comparisons between the different types of stops, according to which bus bays have on average a slightly higher level of safety than stops without a vehicle passing provision (e.g., road-side and bulb stops). Crossing within the area of visual obstruction caused by the mode of transportation could also not be identified as a safety problem. This behavior occurred only at a few stops on a small scale and was unrelated to the conflicts and accident occurrences recorded at the respective stops. However, the frequency of conflict caused by joggers/runners, as presented in the literature, was confirmed by this project: The joggers/runners observed in the detailed analysis showed a high conflict rate and displayed high at-risk behaviors (e.g., with regard to red light violations). Conflicts between public transport users and cyclists were observed along road-side bus stops within waiting areas next to combined pedestrian and bike lanes as well as within overly narrow waiting areas bordered by a bike path.

Tram bulb stops presented a remarkably high UKRU (P, SS) of road accidents, which, in part, resulted from single-bicycle accidents. These are due to cyclist falls when biking over the tracks and/or the curb. Here, the high UKRU (P, SS) is mainly attributable to a few, heavily accident-prone stops; however, accidents of this type also occur proportionately at other stops. As part of the analysis, the behavior of ca. 2,000 cyclists was observed and recorded for bulb tram stops according to cycling area of choice. A correlation between the choice of area, the resulting number of track and lowered curb crossings, and the occurrence of single-bicycle accidents at the stops could not be determined. Thus, the single-bike accidents are seen more as a general problem for bulb trams stops which do not have a dedicated bike facility (e.g., raised bike lanes). With regard to the management of bicycle traffic at bulb tram stops, further research is needed to address the questions of whether (new) conflicts or accidents between cyclists and passengers could result from raised bicycle lanes and which design elements could reduce the potential for conflict.

Inhalt

1	Einleitung	20
1.1	Ausgangssituation und Zielsetzung.....	20
1.2	Untersuchungsdesign	20
2	Literaturanalyse	23
2.1	Stand der Planungsempfehlungen für Haltestellen	23
2.1.1	Räumliche Anordnung	23
2.1.2	Wahl der Haltestellenform.....	25
2.2	Bewertung der Verkehrssicherheit	29
2.3	Zusammenfassung.....	36
3	Basisanalyse	38
3.1	Statistische Auswertung.....	38
3.1.1	Allgemein	38
3.1.2	Ergebnisse	38
3.2	Analyse Netzebene	41
3.2.1	Zielstellung.....	41
3.2.2	Aufbau Analysenetz	43
3.2.3	Ergebnisse	47
3.3	Zusammenfassung.....	52
4	Makroskopische Analyse	54
4.1	Grundlagen	54
4.1.1	Zielstellung.....	54
4.1.2	Untersuchungsgebiet	54
4.1.3	Unfalldaten.....	54
4.2	Methodik	56
4.2.1	Erhebung verkehrlicher und gestalterischer Merkmale	56
4.2.2	Räumliche Verknüpfung der Teilhaltestellen zu Haltestellenkomplexen	62
4.2.3	Räumliche Zuordnung der Unfalldaten zu Haltestellenkomplexen.....	64
4.2.4	Kenngrößen der Verkehrssicherheit	68
4.3	Ergebnisse	69
4.3.1	Vorüberlegung	69
4.3.2	Haltestellenform	72
4.3.3	Verkehrliche Einflussgrößen	78
4.3.4	Gestalterische Einflussgrößen	84
4.4	Multivariate Betrachtung	98

4.4.1	Methodik	98
4.4.2	Ergebnisse	102
4.5	Zusammenfassung.....	107
5	Detailanalysen, Verhaltensbeobachtungen und Konfliktanalyse	110
5.1	Detailunfallanalysen	110
5.1.1	Detailanalyse des Unfallgeschehens an FGÜ.....	110
5.1.2	Detailanalysen zu Alleinunfällen von Radfahrern.....	112
5.2	Verhaltensbeobachtungen	115
5.2.1	Zielstellung.....	115
5.2.2	Methodik und Untersuchungskollektiv.....	117
5.2.3	Ergebnisse für Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig.....	122
5.2.4	Ergebnisse für Haltestellenkaps.....	134
5.2.5	Ergebnisse für Bushaltestellen am Fahrbahnrand	147
5.2.6	Geschwindigkeitsverhalten an Haltestellen.....	157
5.2.7	Ergebnisse über alle Haltestellentypen.....	159
5.3	Konfliktanalysen von Interaktionen.....	163
5.3.1	Methodik	163
5.3.2	Ergebnisse	166
5.4	Zusammenfassung.....	171
6	Zusammenfassung und Empfehlungen	176
6.1	Problemlänge und Empfehlungen für Bushaltestellen.....	179
6.2	Problemlänge und Empfehlungen für Straßenbahnhaltestellen	180
	Literatur	185
	Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodik der Untersuchung.....	21
Abbildung 2: Räumliche Anordnung von (Teil-)Haltestellen im Straßennetz	23
Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung des Unfallgeschehens für Unfälle mit und ohne Merkmal Haltestelle Innerorts	39
Abbildung 4: Anteil der Unfälle mit Merkmal „Haltestelle“ am Gesamtunfallgeschehen je Unfallkategorie.....	40
Abbildung 5: Verteilung der Unfälle für U(P, SS) nach Unfallkategorie, Innerorts, für Unfälle mit und ohne Merkmal „Haltestelle“	40
Abbildung 6: Verteilung Fehlverhalten Fahrzeugführer gegenüber Fußgängern nach Art der Verkehrsbeteiligung für U(P), Innerorts, für Unfälle mit und ohne Merkmal „Haltestelle“	40
Abbildung 7: Systemskizze Basisanalyse auf Netzebene	44
Abbildung 8: Vergleich Unfallcharakteristik für Unfälle mit (linke Seite) und ohne (rechte Seite) Merkmal „Haltestelle“ für die Innerortsunfälle der Kategorien 1 bis 4 und 6 in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt.....	48
Abbildung 9: Vergleich Verteilung Unfalltypen für Unfälle mit und ohne Merkmal „Haltestelle (HS)“ für die Innerortsunfälle der Kategorien U(P) und U(SS) in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt	48
Abbildung 10: Vergleich mittlere Anzahl an Verunglückten je Unfall mit Personenschaden für Unfälle mit und ohne Haltestellenmerkmale für die Innerortsunfälle der Kategorien 1 bis 3 in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt...	49
Abbildung 11: Verteilung Unfalldichte für Kollektiv Haltestellen des Verkehrsmittels Bus, Lage: auf der freien Strecke	49
Abbildung 12: Kodierung der THS im Netz und an Knotenpunkten	57
Abbildung 13: Beschreibung der Umsteigebeziehungen im Liniennetz bei der Erfassung	61
Abbildung 14: Räumliche Abgrenzung und Verknüpfung der Teilhaltestellen zu Haltestellenkomplexen – Fall a) und b).....	63
Abbildung 15: Räumliche Abgrenzung und Verknüpfung der Teilhaltestellen zu Haltestellenkomplexen – Fall b) und c).....	63
Abbildung 16: Räumliche Abgrenzung von HSK, Verkehrsstraßenknotenpunkten (VKP), Annäherungsbereichen (AN) und freie Strecke	64
Abbildung 17: Zuordnung der Unfälle mit Personenschaden zu Haltestellenkomplex, Knotenpunkt- und Annäherungsbereich im GIS	65
Abbildung 18: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über alle Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich.....	66

Abbildung 19: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über die relevanten Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich	66
Abbildung 20: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden nach Hauptverursacherart (Bet. 1).....	67
Abbildung 21: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über Beteiligtenart (Bet. 2)...	67
Abbildung 22: Unfallkostenraten nach Unfalltypen und Haltestellenkomplex mit einer oder zwei THS	70
Abbildung 23: Unfallkostenraten nach Unfalltypen und Haltestellenkomplex mit und ohne Anschlussknotenpunkt (AKP)	71
Abbildung 24: Verteilung der Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform.....	72
Abbildung 25: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfalltyp und Verkehrsmittel.....	73
Abbildung 26: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfallart und Verkehrsmittel	74
Abbildung 27: Mittlere Unfallrate der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfallart und Verkehrsmittel	75
Abbildung 28: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (Beteiligter 1) und Verkehrsmittel	76
Abbildung 29: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten (Beteiligter 2) und Verkehrsmittel	77
Abbildung 30: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Fahrgastaufkommen und Unfalltyp	79
Abbildung 31: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Verkehrsstärke der Busse und Straßenbahnen sowie Unfalltyp.....	80
Abbildung 32: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Art der verkehrserzeugende Einrichtungen und Unfalltyp.....	81
Abbildung 33: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Art der Umfeldnutzung und Unfalltyp.....	82
Abbildung 34: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personenschaden nach Bebauungsdichte und Unfalltyp	83
Abbildung 35: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Bebauungsdichte und Unfalltyp.....	83

Abbildung 36: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Lage möglicher Umsteigehaltestellen (HST) und Umsteigebeziehungen sowie Unfalltyp	84
Abbildung 37: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach dem Vorhandensein überbreiter Fahrstreifen sowie Unfallart	85
Abbildung 38: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Anzahl der Fahrstreifen (als Summe beider Fahrrichtungen) und Anzahl der Fahrbahnen sowie Unfalltyp	86
Abbildung 39: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für alle Haltestellenformen nach Parkierungsmöglichkeiten und Unfallart	86
Abbildung 40: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen in Mittellage (Mittel-/ Seitenbahnsteig) und an ÖPNV-Trassen nach Parkierungsmöglichkeiten und Unfallart	86
Abbildung 41: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum nach Art der Radverkehrsführung sowie Unfalltyp	88
Abbildung 42: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers	88
Abbildung 43: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten .	89
Abbildung 44: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit separatem Wartebereich nach Art der Radverkehrsführung sowie Unfalltyp	90
Abbildung 45: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit separatem Wartebereich nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers	91
Abbildung 46: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit separatem Wartebereich nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten .	91
Abbildung 47: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach technischer Sicherung der Fahrbahn sowie Unfalltyp an Straßenbahnhaltestellen.....	92
Abbildung 48: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen ohne technische Sicherung nach Art der Querungshilfe und Unfalltyp	93

Abbildung 49: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen ohne technische Sicherung nach Art der Querungshilfe und Unfallart	93
Abbildung 50: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Straßenbahnhaltestellen in Mittellage und an separaten ÖPNV-Trassen nach technischer Sicherung der Gleise und Unfalltyp	94
Abbildung 51: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Straßenbahnhaltestellen in Mittellage und an separaten ÖPNV-Trassen nach technischer Sicherung der Gleise und Unfallart.....	94
Abbildung 52: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach räumlicher Lage der Haltestellen und Unfalltyp	96
Abbildung 53: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Lage der Haltestellen in Bezug zu Netzelementen und Unfallart	96
Abbildung 54: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach typischer Entwurfssituation der Straße sowie Unfalltyp.....	97
Abbildung 55: Übersicht der erstellten Unfallmodelle	103
Abbildung 56: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung....	113
Abbildung 57: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Haltestellenform	114
Abbildung 58: Beispiel für Excel-Spreadsheet zur Videoauswertung	118
Abbildung 59: Schematische Darstellung von Bewegungslinien querender Fußgänger an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen	120
Abbildung 60: Schematische Darstellung der Differenzierung einer Querung nach Ort innerhalb des Beobachtungsbereichs.....	120
Abbildung 61: Übersicht über die Kfz-Aufkommen und die Aufkommen im Fußgängerquerverkehr je Haltestellentyp.....	122
Abbildung 62: Anteil im Erhebungszeitraum gezählter Kfz (2 h) am DTV (y-Achse geschnitten) an HSK mit Seitenbahnsteig	124
Abbildung 63: Variabilität des Kfz-Aufkommens innerhalb des Beobachtungszeitraums an HSK mit Seitenbahnsteig: Anteile der 15-Min-Intervalle am gesamten Zählzeitraum.....	125
Abbildung 64: Aufkommen im Fußgängerquer- und -längsverkehr an Haltestellen mit Seitenbahnsteig in Abhängigkeit des Umfeldfaktors	126
Abbildung 65: Rotläuferanteil nach Städten an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig.....	127
Abbildung 66: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je HSK bei mit Seitenbahnsteigen.....	128

Abbildung 67: Rotlichtverstöße von Fußgängern in Abhängigkeit der Fahrbahnbreite an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig	128
Abbildung 68: Querungen zwischen den Zugängen nach HSK.....	130
Abbildung 69: Schematische Darstellung häufiger Querungen an den HSK „Grüntaler Straße“ (linkes Bild) und „Warschauer Straße“ (rechtes Bild) in Berlin	131
Abbildung 70: Nutzung von Haltestellen als Querungshilfe nach Umfeldfaktor	132
Abbildung 71: Konflikte im Fußgängerquerverkehr an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig	133
Abbildung 72: Aufkommen im Fußgängerquer- und Fahrgastquerverkehr an Haltestellenkaps in Abhängigkeit des Umfeldfaktors	136
Abbildung 73: Variabilität des Kfz-Aufkommens innerhalb des Beobachtungszeitraums an HSK mit Haltestellenkaps: Anteile der 15-Min-Intervalle am gesamten Zählzeitraum.....	137
Abbildung 74: Einsatzbereiche der untersuchten Kaphaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr und der Existenz einer LSA.....	138
Abbildung 75: Nutzung von LSA in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Fußgängerquerverkehr	139
Abbildung 76: Nutzung von LSA in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Kfz-Aufkommen	140
Abbildung 77: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je HSK an Kaphaltestellen von Straßenbahnen.....	143
Abbildung 78: Anteil querender Fußgänger und Fahrgäste an Kaphaltestellen	144
Abbildung 79: Anteil querender Fahrgäste an allen querenden Fußgängern in Abhängigkeit des Umfeldfaktors	144
Abbildung 80: Flächenwahl von Radfahrern an Kaphaltestellen	147
Abbildung 81: Aufkommen im Fußgängerquer- und Fahrgastquerverkehr an Bushaltestellen in Abhängigkeit des Umfeldfaktors	149
Abbildung 82: Variabilität des Kfz-Aufkommens innerhalb des Beobachtungszeitraums an Bushaltestellen	149
Abbildung 83: Einsatzbereiche der untersuchten Bushaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr und der Existenz einer LSA.....	150
Abbildung 84: Nutzung von Querungshilfen in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Fußgängerquerverkehr.....	151
Abbildung 85: Nutzung von Querungshilfen in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Kfz-Aufkommen.....	152
Abbildung 86: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je HSK an Bushaltestellen	154
Abbildung 87: Anteil querender Fußgänger und Fahrgäste an Bushaltestellen.....	155

Abbildung 88: Geschwindigkeiten der Kfz an Messquerschnitten (MQ) von THS mit und ohne LSA.....	158
Abbildung 89: Geschwindigkeiten der Kfz für Messquerschnitten (MQ) an unfallfreien und unfallbelasteten THS	159
Abbildung 90: Einsatzbereiche der Haltestellentypen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr	160
Abbildung 91: Anteil der Fahrgäste am Fußgängerquerverkehr nach Haltestellentyp	160
Abbildung 92: Nutzung von LSA in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle	161
Abbildung 93: Rotläuferanteil nach Haltestellentyp.....	162
Abbildung 94: Definition Post-Encroachment-Time PET	163
Abbildung 95: Verteilung und Überschreitungswahrscheinlichkeit der Geschwindigkeiten nach Verkehrsbeteiligung	166
Abbildung 96: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz und vor Radfahrenden im Vergleich	167
Abbildung 97: Zusammenhang zwischen Fußgängerquerverkehr und der Anzahl der Interaktionen.....	167
Abbildung 98: Zusammenhang zwischen Fußgängerlängsverkehr (links) bzw. Kfz-Verkehrsaufkommen (rechts) und der Anzahl der Interaktionen.....	168
Abbildung 99: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz; Vergleich der Verteilung der PET von unfallbelasteten vs. unfallfreien Haltestellen (Bild links) und verschiedenen Haltestellenformen (Bild rechts)	169
Abbildung 100: Zusammenhänge zwischen den Geschwindigkeiten der Konfliktgegner sowie den PET	170
Abbildung 101: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz, Vergleich der Verteilung der PET für unterschiedliche Fahrbahnen (Anzahl zu querender Fahrstreifen je Fahrtrichtung)	171
Abbildung 102: Verteilung der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden über alle Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich	I
Abbildung 103: Verteilung der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden über die relevanten Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich	I
Abbildung 104: Verteilung der Unfallkostenraten für Unfälle mit Personenschaden nach Haltestellenform.....	II
Abbildung 105: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfalltyp und Verkehrsmittel.....	II

Abbildung 106: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfallart und Verkehrsmittel.....	III
Abbildung 107: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personenschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (Beteiligter 1) und Verkehrsmittel	III
Abbildung 108: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten (Beteiligter 2) und Verkehrsmittel.....	IV
Abbildung 109: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Fahrgastaufkommen und Unfalltyp für die Haltestellenform „Seitenbahnsteig“	IV
Abbildung 110: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Fahrgastaufkommen und Unfalltyp für die Haltestellenform „Fahrbahnrand“	V
Abbildung 111: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Verkehrsstärke der Busse sowie Unfalltyp.....	V
Abbildung 112: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Verkehrsstärke der Straßenbahnen sowie Unfalltyp	VI
Abbildung 113: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung, differenziert nach Verkehrsmittel an der Haltestelle	XIX
Abbildung 114: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Haltestellenform, differenziert nach Verkehrsmittel an der Haltestelle	XX
Abbildung 115: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je Furt an Haltestellen mit Seitenbahnsteig	XX
Abbildung 116: Rotlichtverstöße von Fußgängern in Abhängigkeit des Kfz-Aufkommens an Haltestellen mit Seitenbahnsteig	XXI
Abbildung 117: Anteil im Erhebungszeitraum gezählter Kfz (2 h) am DTV an Haltestellenkaps	XXI
Abbildung 118: Einsatzbereiche der untersuchten Kaphaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fahrgastquerverkehr und der Existenz einer LSA	XXII
Abbildung 119: Anteil im Erhebungszeitraum gezählter Kfz (2 h) am DTV (y-Achse geschnitten) an Bushaltestellen.....	XXII
Abbildung 120: Einsatzbereiche der untersuchten Bushaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fahrgastquerverkehr und der Existenz einer LSA.....	XXIII
Abbildung 121: Nutzung von Querungshilfen (QH) in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle.....	XXIII

- Abbildung 122: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz insgesamt und je nach Haltestellenform, unfallbelastete und unfallfreie Haltestellen im VergleichXXIV
- Abbildung 123: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz, Vergleich der Verteilung der PET für unterschiedliche AltersgruppenXXIV

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht allgemeine Haltestellenformen	26
Tabelle 2:	Einsatzbereiche von Haltestellen mit Halt am Fahrbahnrand (FGSV 2013)	27
Tabelle 3:	Einsatzbereiche von Bushaltestellen in Seitenlage (FGSV 2008)	27
Tabelle 4:	Kombination von Radverkehrsführung und Haltestellenform bei Bushaltestellen in Seitenlage (FGSV 2010).....	27
Tabelle 5:	Kombination von Radverkehrsführung und Haltestellenform bei Straßenbahnhaltestellen in Seitenlage (FGSV 2010)	28
Tabelle 6:	Auffällige Unfallmerkmale nach Art der Verkehrsbeteiligung für Unfälle mit Straßenbahn (GRIESSBACH et al. 2016)	34
Tabelle 7:	Bewertete Haltestellenkollektive mit Anzahlen	45
Tabelle 8:	Betrachtete Unfallkollektive zur Abgrenzung der Haltestellen- und Annäherungsbereiche	46
Tabelle 9:	Übersicht räumliche Abgrenzung der Haltestellen- und Annäherungsbereiche	50
Tabelle 10:	Anteil der Unfälle mit Merkmal "Haltestelle" an Unfällen mit Unfalltyp 4	50
Tabelle 11:	Mittlere jährliche Unfalldichten $U(P, S)/10$ m für die Netzabschnitte in der Abhängigkeit von der Lage der Haltestelle und dem Verkehrsmittel	52
Tabelle 12:	Betrachtete Unfallkollektive für die makroskopische Unfallanalyse	55
Tabelle 13:	Zuordnung baulicher Situationen zu den Grundformen Bucht und Kap.....	58
Tabelle 14:	Anzahl Teilhaltestellen nach Untersuchungsstadt und Verkehrsmittel	62
Tabelle 15:	Haltestellenkomplex (HSK) nach Anzahl der Teilhaltestellen (THS) und Untersuchungsstadt.....	64
Tabelle 16:	Beschreibung der Unfallkategorien und entsprechende pauschale Unfallkostensätze für Innerortsstraßen (Gesamt), Preisstand 2009 nach FGSV (2012)	68
Tabelle 17:	Verteilung der Haltestellenkomplex (HSK) mit und ohne AKP nach Anzahl der Teilhaltestellen (THS) und Untersuchungsstadt	71
Tabelle 18:	Zusammenfassung der Erkenntnisse der Unfallauswertung nach Haltestellenform.....	78
Tabelle 19:	Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personenschaden $UKR_{U(P)}$ sowie Personen- und schwerwiegendem Sachschaden $UKR_{U(P, SS)}$ nach typischer Entwurfssituation (alle Unfalltypen)	98
Tabelle 20:	Übersicht der in den betrachteten Modelle und berücksichtigen Einflussgrößen und Regressionskoeffizienten.....	104
Tabelle 21:	Unfälle an Haltestellenkomplexen (HSK) mit Fußgängerüberweg (FGÜ) .	111

Tabelle 22:	Beobachtete Haltestellen nach Stadt und Haltestellentyp	121
Tabelle 23:	Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde	121
Tabelle 24:	Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde an HSK mit Seitenbahnsteig	123
Tabelle 25:	Laufesteiger an Haltestellen mit Seitenbahnsteig	134
Tabelle 26:	Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde an Haltestellenkaps	135
Tabelle 27:	Querungen direkt vor und hinter haltenden ÖV-Fahrzeugen (Haltestellenkaps)	141
Tabelle 28:	Laufesteiger an Haltestellenkaps	145
Tabelle 29:	Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde an Bushaltestellen der freien Strecke	148
Tabelle 30:	Querungen direkt vor und hinter haltenden ÖV-Fahrzeugen (Bushaltestellen)	153
Tabelle 31:	Konflikte an Bushaltestellen nach Art der Radverkehrsführung	155
Tabelle 32:	Laufesteiger an Bushaltestellen	156
Tabelle 33:	Laufesteiger nach Haltestellenform und Unfallgeschehen	162
Tabelle 34:	Analysierte Teilhaltestellen und Anzahl ermittelter Konflikte	165
Tabelle 35:	Überblick über die Unfalldaten an den Haltestellentypen	177
Tabelle 36:	Modelle 1.0 für U(P)	VII
Tabelle 37:	Modelle 2.0 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7	VIII
Tabelle 38:	Modelle 2.1 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen	IX
Tabelle 39:	Modelle 2.1a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen	X
Tabelle 40:	Modelle 2.1b für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn	XI
Tabelle 41:	Modelle 2.2 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Bushaltestellen	XII
Tabelle 42:	Modelle 2.2a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Bushaltestellen und Fahrbahnen mit 2 bzw. 3 Fahrstreifen	XIII
Tabelle 43:	Modelle 3.1 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen	XIV
Tabelle 44:	Modelle 3.1a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen	XV
Tabelle 45:	Modelle 3.1b für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn	XV

Tabelle 46:	Modelle 3.2 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Bushaltestellen.....	XVI
Tabelle 47:	Modelle 3.2a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Bushaltestellen und Fahrbahnen mit 2 oder 3 Fahrstreifen	XVII
Tabelle 48:	Fallzahlen der Haltestellenformen und der Führungsformen des Radverkehrs	XVIII
Tabelle 49:	Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung..	XVIII
Tabelle 50:	Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Haltestellenform	XIX

Abkürzungsverzeichnis

FGÜ	Fußgängerüberweg
GIS	Geografisches Informationssystem
GT	Getöteter
HS	Haltestelle
HSK	Haltestellenkomplex
KP	Knotenpunkt
Kfz	Kraftfahrzeug
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Leichtverletzter
MIV	motorisierter Individualverkehr
nMIV	nicht motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
QH	Querungshilfe
SV	Schwerverletzter
THS	Teilhaletstelle
U	Unfall
U(P)	Unfall mit Personenschaden
U(P, SS)	Unfall mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden
U(S)	Unfall mit Sachschaden
U(SS)	Unfall mit schwerwiegendem Sachschaden
UD	Unfalldichte [U/km]
UDV	Unfallforschung der Versicherer
UK	Unfallkosten [€]
UKR	Unfallkostenrate [€/(1000·Kfz·km)]
UR	Unfallrate [U/(10 ⁶ ·Kfz·km)]
V	Verunglückte(r)
VZ	Verkehrszeichen (i. d. R. in Zusammenhang mit der Verkehrsregelungsart am Knoten)

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

An Haltestellen des öffentlichen Nahverkehrs überlagern sich zahlreiche Anforderungen des ÖPNV sowie des motorisierten (MIV) und nicht-motorisierten (nMIV) Individualverkehrs. Gleichzeitig sind die Platzverhältnisse durch Warteflächen für Fahrgäste eingeschränkt. Die letzten umfangreichen Untersuchungen zu Sicherheitsgraden von Haltestellen (BAIER et al. 2007) zeigen einerseits ein im Vergleich zu anderen Straßennetzbereichen hohes Sicherheitsniveau. Andererseits wird das Problem – zumindest in der polizeilichen Unfallstatistik – meist stark unterschätzt: Nur ca. 10 % der Unfälle im direkten Haltestellen-Bereich weisen das Unfallattribut „Haltestelle“ auf. Ungeklärt blieben „diskussionswürdige“ Ergebnisse beim Vergleich von Haltestellen-Typen (definiert über Lage und Form von Warte- und Einstiegsfläche): Es schnitten z. B. Fahrbahnhaltestellen der Straßenbahn ohne LSA-Zeitinsel besser ab als Fahrbahnhaltestellen mit Zeitinsel und Mittellagehaltestellen. Zentrale Einschränkungen der damaligen Vorgehensweise sind die unzureichenden statistischen Analyseverfahren, die fehlende Berücksichtigung der Expositionsgrößen des nMIV und ÖPNVs sowie die nur stichprobenhafte Analyse sicherheitsrelevanter Verhaltensweisen. Diese Einschränkungen können durch eine verbesserte Untersuchungsmethodik und ein erweitertes Untersuchungskollektiv behoben werden.

Die zentrale Forschungsfrage des Vergleichs unterschiedlicher Haltestellen-Typen mit dem Ziel, die sichersten Typen zu identifizieren, ist nur bedingt relevant und praxisnah. Tatsächlich ergibt sich die Wahl des Haltestellen-Typs aus zahlreichen anderen Zielfeldern und Randbedingungen. Die Entwurfsregelwerke RAST 06, EAÖ, ERA und EFA geben Rahmenbedingungen für die Gestaltung vor. Flächenverfügbarkeit, Kosten oder Taktfrequenz, aber auch Fragen der Leistungsfähigkeit, des Zugangs, der Erreichbarkeit oder Anforderungen der ÖV-Beschleunigung begrenzen die Auswahl nach rein sicherheitstechnischen Gesichtspunkten. Die vorrangige Forschungsfrage ist daher: Was charakterisiert die Verkehrssicherheit einzelner Haltestellen-Typen und wie kann unter den gegebenen Bedingungen generell ein hoher Sicherheitsgrad gewährleistet werden.

1.2 Untersuchungsablauf

Ziele der Untersuchung sind die Ableitung von Anforderungen an Gestalt und Betrieb von Straßenraumsituationen mit Haltestellen (HS), ergänzt um generelle Maßnahmenansätze (u. a. Verkehrserziehung, Betriebssicherheit des ÖV). Über einen mehrstufigen Analyseansatz wird die Bewertung der Verkehrssicherheit an ÖV-HS auf Basis der Analyse von Unfall- und Verhaltenssituationen bei unterschiedlichen Straßenraumsituationen ermöglicht (Abbildung 1). Dabei steigen Erhebungsaufwand und Detailtiefe mit jeder weiteren Stufe der Analyse, während die Örtlichkeit der Erhebungen auf die entstandenen aktuellen Fragen abgestimmt und angepasst wird. Haltestellen im Außerortsbereich sind nicht Bestandteil der Untersuchung. Die Ergebnisse münden in der Bereitstellung von Maßnahmenansätzen und der komprimierten Darstellung der Erkenntnisse in Faktenblättern für ausgewählte Haltestellenformen.

Die Literaturanalyse grenzt den Forschungsgegenstand ein, ergänzt bisher nicht gestellte Forschungsfragen und greift Diskussionspunkte der Praxis, Rahmenbedingungen aus Regelwerken, ggf. betriebliche Vorschriften auf. In der Dokumentation wird die nationale und

internationale Literatur berücksichtigt. Es werden aus bisherigen Forschungsarbeiten gesicherte, offene und widersprüchliche Erkenntnisse herausgearbeitet, um differenzierte Forschungsfragen für diese Untersuchung zu entwickeln. Dabei wird u. a. auf eine aktuelle Studie der UDV zur Sicherheit von Straßenbahnhaltestellen zurückgegriffen.

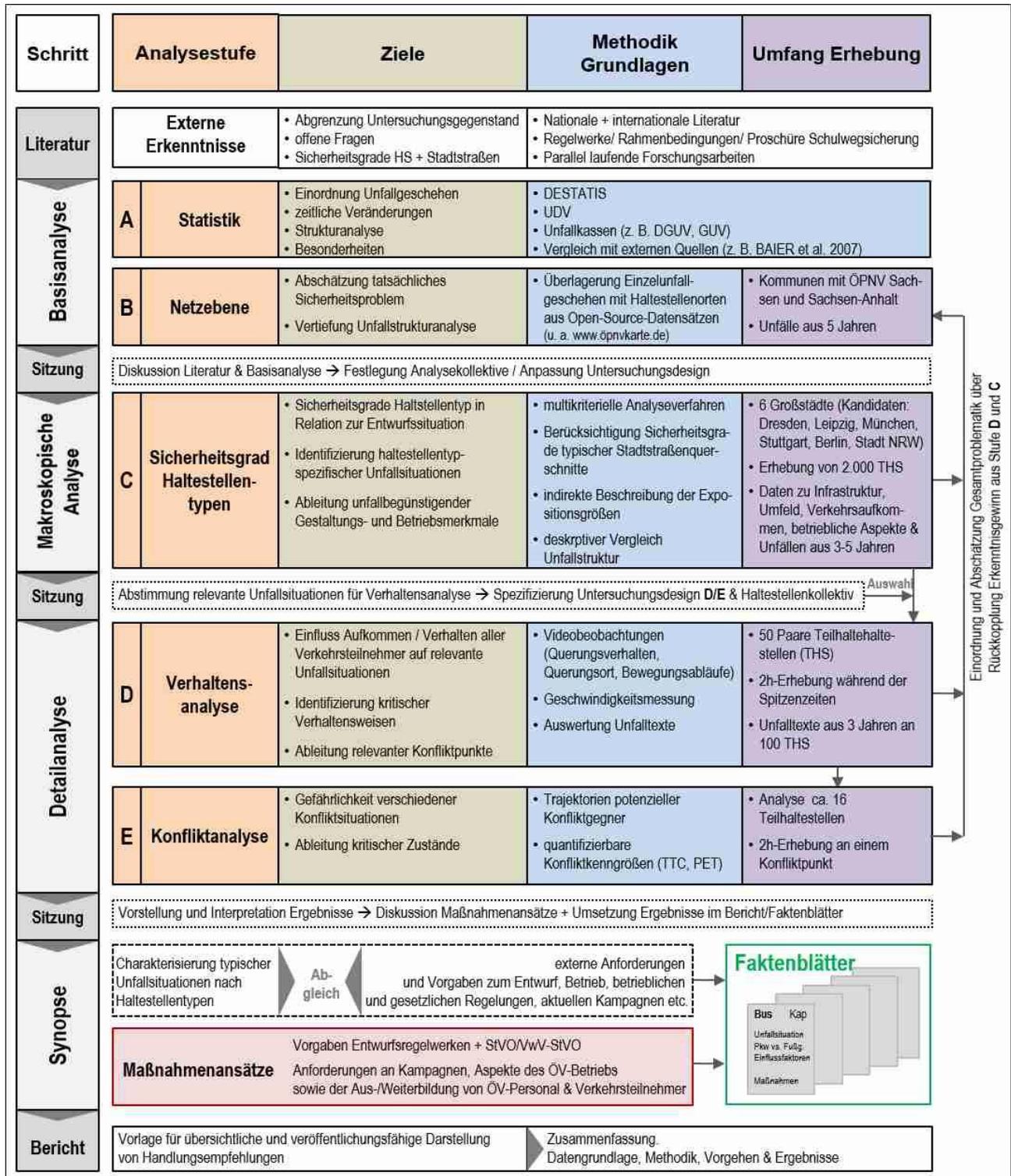


Abbildung 1: Methodik der Untersuchung

Im Rahmen der Basisanalysen wird das Unfallgeschehen an HS auf zwei Ebenen charakterisiert. Die statistische Ebene liefert einen ersten Überblick zur Einordnung und Beschrei-

bung der Struktur von Unfällen im Bereich von Haltestellen gegenüber dem Gesamtunfallgeschehen. Die statistische Auswertung der Unfälle der letzten Dekade erlaubt darüber hinaus eine Analyse hinsichtlich der zeitlichen Entwicklungen und Ableitung von Trends. Im Bereich der Netzebene wird das tatsächliche Unfallgeschehen im direkten Bereich von HS abgeleitet sowie die Haltestellenbereiche anhand des Unfallgeschehens abgegrenzt. Dieser Schritt fußt auf der Verschneidung der Einzelunfalldatenanalyse aus den Unfalldatenbanken mit den aus Open-Source-Datensätzen gewonnenen Informationen zur Lage von innerörtlichen Haltestellen im Straßennetz von Mittel- und Großstädten der Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt. Gegenüber der Betrachtung in der statistischen Ebene erlaubt dieser Schritt eine vertiefende Betrachtung der Unfallstruktur hinsichtlich Unfalltyp, Beteiligungsart, Unfallumstände und Umfeld.

In der makroskopischen Analyse werden 1.900 Teilhaltestellen (THS) ausgewählter HS-Typen in sechs Großstädten hinsichtlich des Typs, Verkehrsträger, Takt, Straßenquerschnitt, Lage und weiteren Gestaltungsmerkmalen vor Ort (u. a. Fotodokumentation, Erfassung Gestaltungsmerkmale über einen Steckbrief) erhoben. Primäre Ziele dieses Analyseschrittes sind – mit Unterstützung durch die kommunalen Verkehrsunternehmen – die allgemeine Identifikation von Einflussgrößen auf das Unfallgeschehen an ausgewählten HS-Typen sowie (nach Möglichkeit) die Einordnung des Sicherheitsniveaus dieser HS bezüglich der vorherrschenden Entwurfsituation. Die Auswahl der THS erfolgt anhand potenziell unfallbegünstigender Merkmale, die u. a. auf den Erkenntnissen der Literaturanalyse beruhen. Die deskriptive Analyse des Unfallgeschehens erlaubt vertiefende Einblicke in die Unfallstruktur der betrachteten HS-Typen. Mit der Verwendung multikriterieller statistischer Analyseverfahren – diese empfehlen sich aufgrund sich zahlreich überlagernder Einflüsse – können die unfallbegünstigende Gestaltungs- und Betriebsmerkmale der HS näher identifiziert und die Ergebnisse der makroskopischen Analyse validiert werden.

Die Verhaltensanalyse – als ein Bestandteil der Detailanalyse – umfasst die makroskopische Analyse von 102 THS, wobei sowohl unfallbelastete wie auch unfallfreie Haltestellen ausgewählt werden. Die Analyseergebnisse der Vor-Ort-Beobachtungen (Videoaufzeichnungen) bilden die Grundlage, um qualitative Aussagen zu Einflussgrößen zu treffen, die zu sicherem oder unsicherem Verhalten an Haltestellen führen. Dabei liegt das Augenmerk auf allen Arten der Verkehrsbeteiligung und insbesondere auf den Situationen bei Fahrgastwechsellvorgängen. Die Detektion der Bewegungen ein- und aussteigender Fahrgäste lässt weitere Rückschlüsse auf (un-)sichere Verhaltensweisen zu. In der Konfliktanalyse – als zweiter Bestandteil der Detailanalyse – werden aus oben genanntem Kollektiv für 25 THS quantifizierbare Konfliktparameter, wie u. a. time-to-collision (TTC) oder post-encroachment-time (PET), aus den Trajektorien potenzieller Konfliktgegner der Fußgänger (Radfahrer, MIV, ÖV) ermittelt. Auf Basis der zuvor erfolgten eher qualitativen Verhaltensanalyse sollen nun potenzielle Verhaltensdefizite im Detail beschrieben und quantifiziert werden.

Die Synopse beinhaltet eine übergreifende Interpretation der Ergebnisse aller Analysestufen. Typische Unfallsituationen werden für alle bearbeiteten HS-Typen abgeleitet. Diese werden den aktuellen Empfehlungen der Regelwerke sowie gesetzlichen und betrieblichen Vorgaben gegenübergestellt. Damit lassen sich der aktuelle Handlungsbedarf für die Praxis bewerten und Maßnahmenansätze für alle Bereiche (Planung, Bau, Betrieb, Prävention, Schulwegsicherung, Verhalten an Schulbushaltestellen, u. w.) ableiten. Neben allgemeinen

Empfehlungen stellen die Faktenblätter zu ausgewählten HS-Typen einen wesentlichen Bestandteil der Ergebnisse der Untersuchung dar.

2 Literaturanalyse

2.1 Stand der Planungsempfehlungen für Haltestellen

2.1.1 Räumliche Anordnung

Die Lage und Gestaltung von Haltestellen im Straßennetz unterliegt einer Vielzahl an Anforderungen. Aus Sicht der Fahrgäste stehen die Nähe zu den primären (Fahr-)Zielen, schnelle Auffindbarkeit und günstige Wegebeziehungen im Vordergrund. Für den Betreiber sind die Aspekte des sicheren und kurzen Fahrgastwechsels, kurze Umsteigebeziehungen und der möglichst störungsfreie Betrieb von Relevanz (FGSV 2013). Diese Anforderungen überlagern sich mit den Ansprüchen anderer Verkehrsteilnehmerarten sowie der räumlichen Gestalt des Verkehrsraums allgemein. So sollen Haltestellen nur einen geringen Einfluss auf den Verkehrsablauf nehmen, den Ansprüchen des Rad- und Fußverkehrs sind der Querschnittsaufteilung und Flächennutzung besonders Rechnung zu tragen.

Die allgemeine Anordnung von Haltestellen im Netz soll nach den „Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs EAÖ“ (FGSV 2013) aufgrund der allgemeinen Orientierung und Wegebeziehungen in der Regel an Knotenpunkten erfolgen. Aus dem Kontext gegebener Wegebeziehungen, günstiger Quell- und Zielpunkte sowie allgemeiner Haltestellenabstände, kann die Einrichtung von Haltestellen abseits von Knotenpunkten sinnvoll sein. Die gegenüberliegende (parallele) Anordnung von Haltestellen vereinfacht die Orientierung, Begreifbarkeit und Auffindbarkeit der Haltestellen für die Fahrgäste (Abbildung 2).

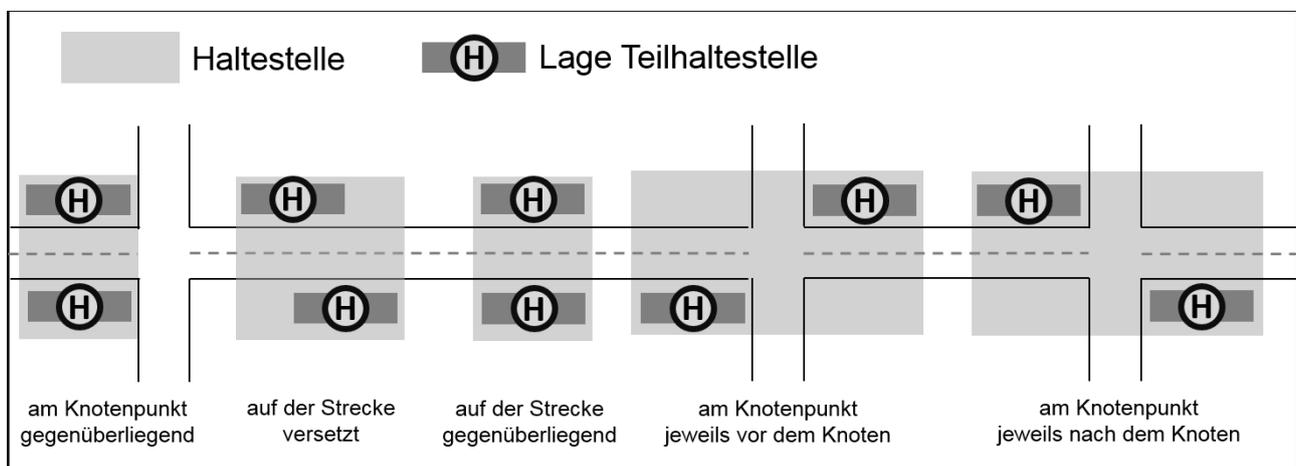


Abbildung 2: Räumliche Anordnung von (Teil-)Haltestellen im Straßennetz

Ob an Knotenpunkten eine Teilhaltestelle vor oder hinter dem Knotenpunkt angeordnet werden soll, ergibt sich aus einer Vielzahl von Faktoren. Dazu zählen nach FGSV (2013) u. a. die Verkehrsregelung am Knotenpunkt, der Einfluss auf den Verkehrsablauf, die Art der Priorisierung des ÖPNV, die Bauform der Haltestelle und betriebliche Anforderungen sowie Interaktionen zwischen den genannten Faktoren. Zum Beispiel bietet die Lage hinter lichtsignalgeregelten Knotenpunkten den Vorteil, dass der Querverkehr nach Einfahrt des Fahrzeugs in die Haltestelle unmittelbar freigegeben werden kann. Der Vorteil der Haltestellenanordnung von lichtsignalgeregelten Knotenpunkten liegt in der Möglichkeit, das ÖPNV-

Fahrzeug über eine eigene Signalisierung (Vorlauf) als Pulkführer zu etablieren. Als Nachteil sind mögliche Verlustzeiten für den nachfolgenden motorisierten Verkehr oder nicht freigegebener Querverkehr zu nennen. Die alternierende Anordnung von Haltestellen vor und hinter einem lichtsignalgeregelten Knotenpunkt im Verlauf eines koordinierten Streckenzuges bietet die Möglichkeit, dass das ÖPNV-Fahrzeug (als Pulkführer) keinen Halt zwischen zwei Knotenpunkten durchführen muss und somit Umlaufzeiten reduziert werden (FGSV 2015).

Gegenüber den EAÖ (2013) enthalten die „Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen ERA“ (FGSV 2002) den Hinweis, Haltestellen vor dem Knotenpunkt anzuordnen, da hauptsächlich zu den Haltestellen in Fahrtrichtung gegangen wird. Allgemein sollen Haltestellen so angeordnet werden, dass sie dem Fußgänger eine schnelle, direkte und bequeme Erreichbarkeit aus allen Richtungen gewährleistet. Querungsanlagen im Bereich von Haltestellen sind aus Gründen der Verkehrssicherheit nach Möglichkeit zu sichern, sollen aber das Erreichen der ÖPNV-Fahrzeuge gewährleisten.

In VÖV (1988) werden u. a. verschiedene Aspekte zur Anordnung von Haltestellen im Straßenquerschnitt und Straßenverlauf aufgeführt. Die Umsetzungen dieser Empfehlungen wirken sich bis heute in der Gestaltung des Bestands aus. Die Anlage von Bushaltestellen wird im Regelfall hinter dem Knotenpunkt empfohlen, da das Sichtfeld querender Fußgänger am Knotenpunkt nicht durch die haltenden Busse beeinträchtigt wird. Bei starken Umsteigebeziehungen und unzureichenden Platzverhältnissen wird eine Anordnung der Teilhaltestellen vor dem Knotenpunkt als zweckmäßig angesehen. Im Zuge koordinierter Streckenzüge empfiehlt sich die alternierende Anordnung vor und hinter dem Knotenpunkt. Bei der Anlage von Busbuchten vor signalisierten Knotenpunkten ist darauf zu achten, dass den ÖPNV-Fahrzeugen eine direkte Ausfahrt in den Knotenpunktbereich ermöglicht wird. Die Anordnung von Straßenbahnhaltestellen kann nach VÖV (1988) sowohl vor als auch nach dem Knotenpunkt erfolgen, als maßgebend werden verkehrliche und betriebliche Parameter aufgeführt. Prinzipiell wird empfohlen einen Mindesthaltestellenabstand von 400 m einzuhalten und nur in Ausnahmefällen zu unterschreiten.

BRÄNDLI/KOBI (1989) weisen in ihrer Untersuchung nach, dass bei versetzter Anordnung von Teilhaltestellen am Knotenpunkt je Zufahrt ein höheres Unfallgeschehen bezüglich Überschreiten-Unfällen (Unfalltyp 4) vorliegt. Diese Aussage wird durch die Untersuchung von BENTHAUS (2006) untermauert. Auf Basis der Auswertung der mittleren Unfallkosten für Unfälle mit Personenschaden UK(P) können BAIER et al. (2007) keine eindeutige Aussage zur Lage von Knotenpunkthaltestellen treffen. Reine Bushaltestellen, parallel direkt gegenüber in einer Knotenzufahrt angeordnet, weisen gegenüber Formen mit versetzter Anordnung vor oder hinter dem Knotenpunkt im Mittel die geringste Unfallschwere – auf sehr niedrigem Niveau – auf. Demgegenüber besitzt bei den reinen Straßenbahnhaltestellen das Kollektiv mit der versetzten Anlage der Teilhaltestellen jeweils hinter dem Knotenpunkt die geringsten UK(P). Gleiches gilt für das Kollektiv von Haltestellen für beide Teilsysteme, Bus und Straßenbahn.

SIMUNOVIC et al. (2014) setzen sich mit den Einflussgrößen auf die Verkehrssicherheit an Bushaltestellen im Abhängigkeit ihrer Lage vor oder nach dem Knotenpunkt bzw. auf der Strecke auseinander und diskutieren Vor- und Nachteile der verschiedenen Optionen. Die Vorteile der Anordnung der Haltestelle nach dem Knotenpunkt ergeben sich bei hohen Abbiegeströmen des Kfz-Verkehrs am Knotenpunkt, beim Abbiegen des Linienbusses am

Knotenpunkt nach links oder bei einer Priorisierung des ÖPNV an signalgeregelten Knotenpunkten. Die Anlage der Haltestelle vor einem Knotenpunkt wird als vorteilhaft angesehen, wenn der Bus nachfolgend nach rechts abbiegt oder geradeaus weiterfährt, nach dem Knotenpunkt ein höheres Verkehrsaufkommen herrscht oder für den überwiegenden Anteil der Fahrgäste die Ziele vor dem Knotenpunkt liegen. Eine nach der Haltestellenlage differenzierte Bewertung des Unfallgeschehens erfolgt aus Ermangelung einer aussagekräftigen Datengrundlage nicht. Die auf Basis von „Unfall-Heatmaps“ getroffene Aussage, dass sich Unfallhäufungen häufig mit den Haltestellenbereichen überlagern, ergibt sich unweigerlich aus der allgemeinen Netzstruktur. Auch in den Gestaltungsrichtlinien für Bushaltestellen der WMATA (2009) werden die gleichen Vor- und Nachteile von Haltestellenordnungen bezüglich der Lage vor, hinter und zwischen den Knotenpunkt(en) genannt. Darüber hinaus wird explizit der Hinweis gegeben, dass die Ziele der Fußgänger und deren Wegebeziehungen zwingend in die Planung der Haltestellenlage eingebunden werden sollen. Die Anlage von Schulbushaltestellen auf der Strecke wird durch WMATA (2009) nicht empfohlen. Sowohl WMATA (2009) als auch SIMUNOVIC (2014) greifen bei ihren Empfehlungen zu großen Teilen auf den Erkenntnisstand des „Transit Cooperative Research Program Report 19“ (TRB 1996) zurück. Das NCTR (2017) fand entgegen der ausgewerteten Literatur in den analysierten Daten keine Hinweise auf Unterschiede in der Sicherheit kreuzungsnah oder kreuzungsfern positionierter Haltestellen.

2.1.2 Wahl der Haltestellenform

Die Wahl der Haltestellenform ist an die Belange der Querschnittsgestaltung in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Raumes, der Verkehrssicherheit aufgrund der Konfliktpotentiale zwischen den verschiedenen Arten der Verkehrsbeteiligung und des Verkehrsablaufs bezüglich der Behinderung des fließenden Verkehrs gekoppelt (FGSV 2013). In Abwägung der verschiedenen Randbedingungen und Ansprüche sind geeignete Haltestellenformen zu wählen. Tabelle 1 enthält eine Übersicht zu den gängigen Haltestellenformen.

Bei Straßenquerschnitten mit geringer Flächenverfügbarkeit, sowie wenn der ÖPNV nicht auf einer eigenen Trasse geführt wird, bietet sich die Einrichtung von Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum an. Diese Formen weisen jedoch gegenüber den Haltestellen mit Wartebereich in Insel-/Mittellage ein höheres Konfliktpotential zwischen den Fahrgästen, Fußgängern und dem Radverkehr aufgrund von Flächenknappheit und Konkurrenzverhältnissen auf (FGSV 2013). Demgegenüber ist den ein- und aussteigenden Fahrgästen an Haltestellen mit Wartebereich in Insel-/Mittellage ein besonderer Schutz bei der Querung der Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs einzuräumen. Bei der Anlage von Haltestellenformen ist insbesondere auf eine übersichtliche Gestaltung zu achten, damit die Situation von allen Verkehrsteilnehmern rechtzeitig wahrgenommen wird (FGSV 2006).

Zur Gewährleistung des fließenden Verkehrs sind dem Einsatzbereich von Haltestellen im Seitenraum durch die Verkehrsstärke und der Taktfrequenz Grenzen gesetzt (Tabelle 2). Die RASt (FGSV 2008) engen die Einsatzgrenzen für Bushaltestellen in Abhängigkeit der Haltestellenform weiter ein (Tabelle 3). Als Nachteil von Bushaltestellen in Seitenlage sind mögliche Konflikte mit dem ruhenden Verkehr zu nennen, da parkende Fahrzeuge im Nahbereich der Haltestelle die Anfahrt für den ÖPNV erschweren oder Sichtbeziehungen beim Queren von Fußgängern einschränken.

Tabelle 1: Übersicht allgemeine Haltestellenformen

Führung ÖPNV	Wartebe- reich	Bezeichnung Beschreibung	Sinnbild räumliche Anordnung	Verkehrsträger	
in Mittellage	in Seitenlage (Haltestelle im Seitenraum)	Fahrbahn/Zeitinsel <ul style="list-style-type: none"> Fahrbahnhaltestelle mit Wartebereich im Seitenraum Ein- und Aussteiger queren (einen oder überbreiten) Fahrstreifen Signaltechnischer Schutz der Ein- und Aussteiger durch dynamische Zeitinsel 		<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn 	
		Fahrbahn/StVO <ul style="list-style-type: none"> Fahrbahnhaltestelle mit Wartebereich im Seitenraum Ein- und Aussteiger queren Fahrstreifen Schutz Ein- und Aussteiger gemäß § 20 StVO (Kfz-Verkehr hält bei Fahrgastwechsel, rechts vorbeifahren mit Schrittgeschwindigkeit) 		<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn* 	
	in Mittellage (Haltestelle in Insellage)	Fahrbahn/Seitenbahnsteig <ul style="list-style-type: none"> Fahrbahnhaltestelle mit Wartebereich auf Seitenbahnsteig (separat je Richtung) Häufig separater Gleiskörper für die Straßenbahn Häufig mehrstreifige Richtungsfahrbahn für den Kfz-Verkehr 		<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn Bus kombiniert 	
		Fahrbahn/Mittelbahnsteig <ul style="list-style-type: none"> Fahrbahnhaltestelle mit Wartebereich auf Mittelbahnsteig (für beide Richtungen) Häufig separater Gleiskörper 		<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn 	
	in Seitenlage	in Seitenlage (Haltestelle im Seitenraum)	Fahrbahnrand <ul style="list-style-type: none"> ÖPNV-Fahrzeug bleibt auf dem Fahrstreifen und hält am Fahrbahnrand im Bord Wartebereich im Seitenraum Kfz-Verkehr wartet hinter dem ÖPNV Fahrzeug (oder überholt im linken/entgegengesetzten Fahrstreifen) Mehrstreifige Richtungsfahrbahn fast ausschließlich bei Bushaltestellen 		<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn Bus kombiniert
			Bucht <ul style="list-style-type: none"> ÖPNV-Fahrzeug verlässt Fahrstreifen und fährt in Bucht ein Wartebereich im Seitenraum (häufig beengte Platzverhältnisse im Seitenraum) Kfz-Verkehr kann überholen 		<ul style="list-style-type: none"> Bus
Kap <ul style="list-style-type: none"> ÖPNV-Fahrzeug bleibt auf Fahrstreifen Wartebereich im vorgezogenem Seitenraum Kfz-Verkehr wartet hinter dem ÖPNV-Fahrzeug 				<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn Bus kombiniert 	
Separate ÖPNV-Trasse <ul style="list-style-type: none"> Separate Trasse für schienengebundene ÖPNV-Fahrzeuge parallel zur Fahrbahn des MIV (markierten Bussonderfahrstreifen gelten im Forschungsvorhaben nicht als separate ÖPNV-Trasse) Geh- und Radwegführung meist am äußeren Rand des Straßenquerschnitts 				<ul style="list-style-type: none"> Straßenbahn kombiniert 	
<p>*) Wenn die Haltestelle auch vom Bus bedient wird, handelt es sich um eine Kombination von den Haltestellenformen Fahrbahn/StVO (Straßenbahn) und Fahrbahnrand (Bus)</p>					

Tabelle 2: Einsatzbereiche von Haltestellen mit Halt am Fahrbahnrand (FGSV 2013)

Taktfolgezeit	Zweistreifige Hauptverkehrsstraße	Vierstreifige Hauptverkehrsstraße
2 Minuten	bis ca. 500 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1.500 Kfz/h und Richtung
5 Minuten	bis ca. 630 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1.500 Kfz/h und Richtung
10 oder 15 Minuten	bis ca. 710 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1.800 Kfz/h und Richtung

Tabelle 3: Einsatzbereiche von Bushaltestellen in Seitenlage (FGSV 2008)

Form	Vierstreifige Hauptverkehrsstraße
Haltestelle auf der Fahrbahn	geringe bauliche Maßnahmen notwendig Einsatzgrenzen bis 750 Kfz/h pro Richtung und Busfolgezeit ≥ 10 Minuten
Haltestellenkap	Bord wird an der Fahrbahn geführt Einsatzgrenzen bis 750 Kfz/h pro Richtung und Busfolgezeit ≥ 10 Minuten
Bushaltebucht	an Hauptverkehrsstraßen bei langen Haltezeiten und Überschreitung der Einsatzgrenzen von Haltestellenkaps und Haltestellen auf der Fahrbahn

Tabelle 4: Kombination von Radverkehrsführung und Haltestellenform bei Bushaltestellen in Seitenlage (FGSV 2010)

Radverkehrsführung \ Haltestellenform	Haltestellenkap	Haltestelle am Fahrbahnrand	Bushaltebucht
	Mischverkehr auf der Fahrbahn/Radstreifen/Schutzstreifen	Gut geeignet	Gut geeignet
Führung im Seitenraum	Gut geeignet	Beding geeignet (Abhängig von der Seitenraumbreite)	Beding geeignet (Abhängig von der Seitenraumbreite)
Bussonderfahrstreifen mit dem Zusatz „Radfahrer frei“	Bedingt geeignet	Bedingt geeignet	

Die „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA“ (FGSV 2010) bilden die Grundlage für Planung, Entwurf und Betrieb von Radverkehrsanlagen unter Berücksichtigung straßenverkehrsrechtlicher Sachverhalte. Zur Führung des Radverkehrs an Haltestellen differenzieren die ERA nach der Art der Radverkehrsführung, dem zur Verfügung stehenden Seitenraum und dem eingesetzten Verkehrssystem. Bus- und Straßenbahnhaltestellen in Mittellage stellen in i. d. R. keine besonderen Anforderungen an die Radverkehrsführung. An Bushaltestellen in Seitenlage wird die Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn im Mischverkehr oder auf Radfahr- bzw. Schutzstreifen als konfliktarm angesehen (Tabelle 4).

Erfolgt die Führung des Radverkehrs im Seitenraum, richtet sich die Gestaltung der Haltestelle nach dem zur Verfügung stehenden Seitenraum. Bei hohen Breiten empfehlen die ERA die separate Führung des Radweges hinter dem Wartebereich, während bei geringen Breiten die Einrichtung eines gemeinsamen Geh- und Radweges gefordert wird. Bei hohem

Fahrgastaufkommen ist von der letztgenannten Variante Abstand zu nehmen. Auch an Straßenbahnhaltestellen in Seitenlage stellt die Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn die geeignetste Variante dar (Tabelle 5). Die favorisierte Führung des Radverkehrs an Kap-Haltestellen im Seitenraum bedingt sich aus der in der Regel ausreichenden Breite des Seitenraums. Wird der Radverkehr im Vorfeld von Kap-Haltestellen auf der Fahrbahn geführt, empfehlen die ERA die geradlinige Führung der Radverkehrsanlage über den Haltestellenbereich hinweg, um ein spitzwinkliges Queren der Gleise zu vermeiden. Dem erhöhten Unfallrisiko zwischen Fahrgästen und Radfahrern soll mit einer angepassten Materialgestaltung und Verengung der Radverkehrsanlage im Haltestellenbereich begegnet werden.

Die EFA (FGSV 2002) enthalten keine direkten Vorgaben von Haltestellenformen, sondern geben Hinweise zur Gestaltung. Für Haltestellen mit ÖPNV-Führung in Mittellage ist bei der Einrichtung von Wartebereichen in Insellage darauf zu achten, dass an beiden Enden Querungsanlagen in direkter Linie der Fußgängerbewegung liegen sollen. Stark frequentierte Seitenräume erfordern mitunter den Zugang zum ÖPNV-Fahrzeug über die gesamte Länge. In diesem Fall soll der Zugang signaltechnisch gesichert werden. Die signaltechnische Sicherung von Fußgängern setzt ausreichend tiefe Wartebereiche zwischen dem Bereich der ÖPNV-Fahrzeuge und der Fahrbahn für Kraftfahrzeuge voraus. Die EFA (FGSV 2002) heben die Bedeutung an die Ansprüche der Signalisierung hervor. So ist durch die Signalisierung der Zugang zum Fahrzeug während dessen Eintreffen zu gewährleisten, progressive Signalisierungen hintereinander liegender Gleis- und Fahrbahnurten bezüglich von Akzeptanzproblemen der Querenden zu vermeiden. Die EFA (FGSV 2002) betonen für Haltestellen in Fahrbahnseitenlage den Vorteil den Kap-Lösungen, da diese aufgrund ausreichender breiter Seitenräume gegenüber der Lösung mit Bucht einen höheren Komfort und damit geringeres Konfliktpotential bieten. Im Bereich der freien Strecke sollten Zugang oder Abgang zu Haltestellen in Seitenlage in der Regel hinter dem haltenden Fahrzeug angeordnet sein. Das Einbringen von Mittelinseln erleichtert und sichert die Querung und verhindert Überholmanöver des nachfolgenden Verkehrs.

Tabelle 5: Kombination von Radverkehrsführung und Haltestellenform bei Straßenbahnhaltestellen in Seitenlage (FGSV 2010)

Radverkehrsführung \ Haltestellenform	Haltestellenkap	Halten auf der Fahrbahn	Angehobene Fahrbahn
Mischverkehr auf der Fahrbahn/Radstreifen/Schutzstreifen	Beding geeignet (bei Radverkehr rechts der Gleise: angehobene Fahrbahn)	Gut geeignet	Gut geeignet
Führung im Seitenraum	Gut geeignet	Beding geeignet (Abhängig von der Seitenraumbreite)	Beding geeignet (Abhängig von der Seitenraumbreite)

Als weitere Haltestellenform für Straßenbahnen kommen Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung nach ANGENENDT et al. (2002) an Straßen mit straßenbündigen oder besonderen Bahnkörper in Betracht, bei denen eine räumliche Trennung der ÖPNV-Fahr-

zeuge vom übrigen Kfz-Verkehr vorliegt. Der Vorteil dieser Variante liegt in einem komfortablen niveaugleichen Einstieg der Fahrgäste. Der Fahrgastwechselfvorgang kann gegenüber dem Kfz-Verkehr mit einer signaltechnischen Sicherung (dynamische Zeitinsel) abgesichert werden.

Nach VÖV (1988) wird empfohlen, Bushaltestellen im Allgemeinen in Seitenlage am Fahrbahnrand anzuordnen. Busbuchten sollen nur aus Gründen der Leistungsfähigkeit bzw. der Sicherheit des Straßenverkehrs zum Einsatz kommen. Der Einsatz der Haltestellenform Kap ist aus Gründen der Fahrdynamik, Sicht, günstigeren Radverkehrsführung und geringen Kosten zu priorisieren. Bei der Einrichtung von Straßenbahnhaltestellen favorisiert VÖV (1988) Haltestelleninseln, da die Bahn vorwiegend in Mittellage verkehrt. Können aufgrund fehlender Querschnittbreite keine Haltestelleninseln angelegt werden, soll die Haltestelle signaltechnisch (Zeitinsel) gesichert werden.

In der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOSTRAB 1987) finden sich keine eindeutigen Aussagen zur Sicherheit an Haltestellen. In verschiedenen Punkten wird eine „sichere“ Gestaltung gefordert, ohne dies aber mit konkreten Maßnahmen oder Gestaltungsvorschlägen im Haltestellenbereich zu untermauern.

2.2 Bewertung der Verkehrssicherheit

BAIER et al. (2007) bewerten in einer umfangreichen Untersuchung die Verkehrssicherheitspotentiale verschiedener Haltestellenformen des straßen- und schienengebundenen ÖPNV. Aus der vertiefenden Unfallanalyse von 2.550 Teilhaltestellen geht ein Sicherheitsranking der Haltestellenformen/-typen hervor. Die Grundlage bildete die Auswertung von Unfällen mit Personenschaden über drei Jahre, als Bezugsgröße dienen die haltestellenbezogenen Unfallkosten pro Jahr. Auf Basis der Verunglücktenstruktur wurden angepasste Kostensätze ermittelt, die zur Bewertung der Unfallschwere dienen. Da die Haltestellenlängen ein spezifisches Merkmal verschiedener Haltestellenformen darstellen, wurde auf die Berechnung und Interpretation von Unfallkostendichten verzichtet. Ebenso erfolgte aus Ermangelung ausreichender und vollständiger Daten die Berücksichtigung der Unfallkostenrate, welche das Unfallgeschehen/Unfallschwere im Verhältnis zur Exposition Verkehrsaufkommen widerspiegelt. Folgende Erkenntnisse liegen aus BAIER et al. (2007) vor:

- Im Vergleich der ÖPNV-Systeme sind Bushaltestellen sicherer als Straßenbahn- oder kombinierte Haltestellen.
- Haltestellen am Fahrbahnrand (einschließlich Kap) stellen die sicherste Form von Haltestellen dar, gefolgt von der Busbucht. Weiterhin als sicher werden die Straßenbahnhaltestellenformen „Fahrbahn“ und „Seitenbahnsteig“ eingeordnet.
- Busbuchten weisen gegenüber den „Fahrbahnrand-/Kaphaltestellen“ höherer Unfallkosten auf, was sich laut SCHÜLLER/SCHÄFER (2007) auch auf vermehrt auftretende Unfälle im Längsverkehr zurückführen lässt. Busbuchten mit unzureichender Tiefe (< 3,00 m) gelten nochmals als besonders ungünstig.
- Unabhängig des ÖPNV-Systems waren zwischen Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen keine signifikanten Unterschiede bei der Betrachtung der verwendeten Unfallkenngrößen festzustellen.
- Als diskussionswürdig schätzen BAIER et al. (2007) das vermeintlich sicherer Abschneiden der Straßenbahnhaltestellenform „Fahrbahn StVO“ gegenüber „Fahrbahn Zeitinsel“ ein. SCHÜLLER/SCHÄFER (2007) identifizieren Defizite im Betrieb von Zeitinseln (u. a.

Abstimmung Türöffnung mit Sperrung durch Zeitinseln, frühzeitiges Betreten der Fahrbahn durch die Fahrgäste vor Eintreten des Schutzes durch die Zeitinsel), welche teilweise das unerwartete Ergebnisse begründen könnten.

- Straßenbahnhaltestellen in Mittellage schneiden auch wegen vermehrt auftretenden Überschreiten-Unfällen im Gleisbereich der Haltestelle in Bezug auf das Unfallgeschehen ungünstig ab. Die hier vermutete Wahrnehmung einer reduzierten Gefährlichkeit der Straßenbahngleisquerung im Vergleich zur Fahrbahnquerung als unfallbegünstigender Umstand wurde in einer Befragung von Fußgängern, Radfahrern und Autofahrern durch CASTANIER et al. (2012) bestätigt.
- Nach SCHÜLLER/SCHÄFER (2007) beeinflusst das straßenräumliche Umfeld das Unfallgeschehen an den Haltestellen mindestens genauso stark wie die Haltestellenform selbst.
- Entsprechend der gewählten räumlichen Abgrenzung weisen Haltestellenbereiche einen geringere Unfalldichte als die umgrenzenden Annäherungsbereiche auf (SCHÜLLER/SCHÄFER 2007).

BAIER et al. (2007) empfehlen, für das System Bus die Haltestellenform „Fahrbahnrand/Kap“ als Standardform im innerörtlichen Bereich zu etablieren. Für das System Straßenbahn sind – unter Berücksichtigung der städtebaulichen Randbedingungen – Straßenbahnhaltestellen mit Warteflächen im Seitenraum den Haltestellenformen in Mittellage vorzuziehen, da letztere – unabhängig der Form – deutliche höhere Unfallgefahren aufweisen.

Eine australische Vorher-Nachher-Studie zu Mittellagehaltestellen mit Straßenbahn von NAZIN et al. (2016) analysiert Verbesserungen der Warte- und Einstiegsmöglichkeiten von Fahrgästen bei dieser Haltestellenform. Es wird nicht ganz deutlich, welche Haltestellenform tatsächlich im Vorher-Zeitraum vorhanden war. Es wird aber vermutet, dass es sich um einen Mix aus Fahrbahn- und ungenügend ausgestatteten Mittellagehaltestellen handelt. Diese wurden im Nachher-Zeitraum mit größeren Warteflächen und verbesserten Zugängen ausgestattet, teilweise in Verbindung mit einer Reduzierung der parallel laufenden Fahrstreifenanzahl. Letztendlich wurden Rückgänge bei den Fußgängerunfällen um mehr als 80 % festgestellt (keine Analyse von reinen MIV-Unfällen).

ANGENENDT et al. (2002) schätzen die Verkehrssicherheit an 12 untersuchten Mittellage-Haltestellen – partiell mit Zeitinsel – mit Fahrbahnhebung als positiv ein. Aus den für die einzelnen Haltestellen verschiedenen langen Zeiträumen der Unfallbetrachtung entsprach nur eine Haltestelle einer Unfallhäufung. Hier kam es zu mehreren Anprallen auf die den Beginn der Haltestelle kennzeichnende Warnbarke, wobei alle Unfallverursacher alkoholisiert waren. Im Kollektiv wurden nur in seltenen Fällen Fahrgäste beim Ein-/Ausstieg durch Kfz erfasst.

Das Unfallgeschehen an Straßenbahnhaltestellen mit dem Gleiskörper in der Mittellage der Fahrbahn und Wartebereich in Seitenlage – mit nicht signaltechnisch geschütztem Fahrgastwechsel – in der australischen Metropole Melbourne analysierte CURRIE (2010). Über den Betrachtungszeitraum von 1999 bis 2009 stellt CURRIE (2010) einen Rückgang der Unfallrate bezüglich der Fahrgäste, aber eine konstante absolute Anzahl an Unfällen, fest. Kinder und Teenager sind überdurchschnittlich bei Unfällen beteiligt, höhere Unfallschweren sind bei Personen über einem Alter von 55 Jahren zu verzeichnen. Beim überwiegenden Teil der Unfälle wurden Fahrgäste beim direkten Ein-/Ausstieg von Kraftfahrzeugen erfasst.

Beim weitaus geringeren Anteil liefen die Fahrgäste längs zur Fahrbahn oder verweilten aus verschiedenen Gründen auf der Fahrbahn. Bezüglich der Infrastruktur ist die untersuchte Haltestellenform überwiegend im Vorstadtbereich mit entsprechenden Straßencharakteristiken zu finden.

DITTEMER (1990) verglich den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit an zwei Kaphaltestellen mit zwei Haltestellen in Mittellage und Wartebereich in Seitenlage (Fahrgastwechsel auf der Fahrbahn) mittels Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeiten, der Videoauswertung des Verkehrsgeschehens und der Analyse der auftretenden Konflikte. Während an den Haltestellen mit Fahrgastwechsel auf der Fahrbahn häufig das Überholen auf der rechten Seite zu beobachten war, sind bei Kaphaltestellen Fahrmanöver festzustellen, wo das ÖPNV-Fahrzeug links überholt wurde. Bezüglich des Schutzes ein- und aussteigender Fahrgäste erscheint letztgenannter Konflikt weniger kritisch. DITTEMER (1990) stellt an den Kaphaltestellen ein geringeres Geschwindigkeitsniveau fest, welches er u. a. auf die Verengung des Verkehrsraums zurückführt.

Im Auftrag der Dresdner Verkehrsbetriebe AG führte KOLLMUSS (2013) für eine neu geschaffene Kaphaltestelle mit angehobener Radfahrbahn – Führung über das Kap – ein Sicherheitsgutachten durch. Zur Bewertung des Sicherheitsstandards der Haltestelle wurde zum einen das Unfallgeschehen analysiert, zum anderen erfolgte eine Verhaltensanalyse der nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer. Aus der detaillierten Analyse lässt sich für das Unfallgeschehen kein besonderes Gefahrenpotential ablesen. Aus der Verhaltensanalyse geht hervor, dass

- nahezu alle Fahrgäste hinter der Radverkehrsanlage warteten,
- nahezu alle Fußgänger im Längsverkehr die Radverkehrsanlage nicht betreten,
- mehr als dreiviertel der Radfahrer die Radverkehrsführung nutzten,
- das Geschwindigkeitsniveau der Radfahrer beim Fahrgastwechsel sinkt und
- deutliche Konflikte ((beinahe) Unfälle) zwischen Radfahrern und Fahrgästen beim Ein-/Ausstieg nicht auftraten.

Neben einer positiven Einschätzung der Sicherheitslage an der untersuchten Haltestelle gibt KOLLMUSS (2013) den Hinweis, vor dem Einsatz dieser Haltestellenform die Bedingungen gründlich zu prüfen. Auch sollte die Radverkehrsanlage nicht zu deutlich hervorgehoben werden, da dies dem Radfahrer einen Vorrang suggerieren kann.

HELLER (2017) analysierte das Unfallgeschehen in einem Radius von 40 m um den Mittelpunkt einer Haltestelle für 447 Straßenbahnhaltestellen in Dresden. Dabei zeigte sich, dass diese Unfälle eine höhere Anzahl verunglückter Personen bezüglich der Verunglücktenstruktur aufweisen. An Haltestellen verunglücken im Mittel ca. 253 Personen je 1.000 Unfälle, für das gesamte Stadtgebiet liegt die Zahl bei 177 Verunglückten je 1.000 Unfälle.

In den 80er Jahren untersuchte HAMANN (1985) auf Basis von Verhaltensbeobachtungen und Ortsbesichtigungen das Verhalten von Fußgängern im Bereich von fünf Haltestellen im Bereich signalisierter Knotenpunkte. In der Auswertung stellt HAMANN (1985) die hohe Sensibilität der Gruppe der Laufeinsteiger gegenüber ungünstigen räumlichen (und betrieblichen) Verhältnissen fest. Obwohl Laufeinsteiger nur einen Bruchteil der Einsteiger in ÖPNV-Fahrzeuge darstellen, bilden sie durch ihre Verhaltensweise eine Risikogruppe. Dies manifestiert sich in einem deutlich höheren Anteil von Rotläufern an Lichtsignalanlagen mit

dem Ziel, das Verkehrsmittel noch zu erreichen. Die Einführung einer busabhängigen Signalsteuerung an einem der Knotenpunkte führte zu Vorteilen, erwies sich als aussteigerfreundlich, aber als ausgesprochen einsteigerfeindlich. Aus der Überlegung, dass für Fahrgäste der Zwang ein Fahrzeug zu erreichen gegenüber dem Verlassen eines ÖPNV-Fahrzeuges höher einzuschätzen ist, ergibt sich der Gedanke, dass weniger ein flüssiger Abgang als ein günstiger Zugang durch die signaltechnische Steuerung des Knotenpunktes Vorteile für die Risikogruppe der Laufeinsteiger bietet. Weiteres Sicherheitspotential sieht HAMANN (1985) in einer Anordnung miteinander verknüpfter Teilhaltestellen in Bezug auf das zielgerichtete Querungsverhalten von Fußgängern.

Die Anforderungen und Notwendigkeiten der Gestaltung von Haltestellen aufgrund von Fahrgästen mit Behinderung ohne unmittelbaren Sicherheitsbezug werden in DIREKT (1997) aufgegriffen. Bei der Gestaltung von Haltestellen soll darauf geachtet werden, dass der Einstieg in die ÖPNV-Fahrzeuge nach Möglichkeit niveaugleich erfolgt und der Übergang zwischen Fahrzeug und Wartebereich nur geringe Spaltmaße aufweist. Besondere bauliche Anforderungen an die Haltestellenformen werden in DIREKT (1997) näher beschrieben. Das Augenmerk liegt dabei auch auf der Gestaltung der Zu- und Abgänge zu Haltestellen. Die Querneigung der Wartebereiche sollte auf 2,5 % ausgelegt werden, die Wegeführung zu Haltestellen sollte Längsneigungen von 6 % nicht überschreiten. Bei Längsneigungen von > 3 % sind in Abständen von maximal 10 m Ruheplätze mit weniger als 3 % Gefälle anzuordnen. Um Rollstuhlfahrern ein problemloses Wenden zu ermöglichen, sollten Warteflächen Stellen mit nutzbaren Bereichen von 2,0 x 2,0 m aufweisen.

SCHREIBER (2014) nimmt die hohe Anzahl verletzter Radfahrer und Fußgänger in der Unfallstatistik zum Anlass, das Unfallgeschehen mit Beteiligung der beiden Gruppen näher zu betrachten und deren Ursachen zu bestimmen. Als unfallauffällige Stellen für Fußgänger werden u. a. Hauptverkehrsstraßen an größeren Umsteigehaltestellen des ÖPNV bestimmt. Als problematisch wird das Fehlen geeigneter Querungsstellen aufgeführt. Fußgänger, die einen zügigen Fahrzeugwechsel durchführen möchten, werden häufig in Überschreiten-Unfälle verwickelt. Dies gilt auch an verkehrsbedeutenden lichtsignalgeregelten Knotenpunkten im direkten Umfeld von Umsteigehaltestellen.

In ihrer Untersuchung zu den Einflüssen auf das Unfallgeschehen von Linienbussen im Großraum Melbourne weisen CHUN KEONG GOH et al. (2014) nach, dass das Unfallgeschehen zwischen Bus und stationären Objekten sowie zwischen Bus und anderen Kfz signifikant geringer ist, wenn der Bus auf seiner Route gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern priorisiert ist. Dies führen die Autoren unter anderem auf die unterschiedliche Infrastruktur zurück. Priorisierte Buslinien weisen häufig eigene Fahrstreifen und weitere eigene Verkehrsanlagen auf. Diese gewonnene Bewegungsfreiheit reduziert das räumliche Konfliktpotential mit anderen Verkehrsteilnehmern. Weiterhin ist festzustellen, dass die Zunahme von Verkehrsaufkommen und mittlerer Haltestellendichte ebenfalls mit einem höheren Unfallgeschehen in Zusammenhang steht.

PARK/TRIEU (2014) analysierten das Unfallgeschehen der Jahre 2008 bis 2011 zwischen Linienbussen und Fußgängern im Großraum Philadelphia, kategorisiert nach den Fahrmanövern des Linienbusses. Dabei sind das allgemeine „geradlinige Fahren“ mit 58 % Anteil am Unfallgeschehen und das „Linksabbiegen des Busses“ (25 %) die auffälligsten Fahrmanöver. 49 % der Unfälle beim „geradlinigen Fahren“ sind auf Rotläufer oder Unachtsamkeit des Busfahrers zurückzuführen. Davon wiederum hat sich die knappe Hälfte der Unfälle an

Kreuzungen bzw. Haltestellen ereignet. In 7 % der Fälle „geradliniges Fahren“ kamen sich Bus und Fußgänger am Fahrbahnrand zu nahe. 75 % der Unfälle beim „Linksabbiegen des Busses“ sind ebenfalls der Kategorie Rotläufer oder Unachtsamkeit des Busfahrers zugehörig. Aus der stundenfeinen Analyse des täglichen Verkehrsaufkommens und dem entsprechenden Unfallgeschehen wird deutlich, dass sich überproportional viele Unfälle zwischen Bussen und Fußgängern in den nachmittäglichen Spitzenstunden zwischen 15 und 17 Uhr ereignen.

Von 249 Unfällen zwischen Straßenbahnen und Fußgängern in Gothenburg im Zeitraum 1988 bis 1992 ereigneten sich nach HEDELIN et al. (1996) mehr als zwei Drittel in der direkten Nähe oder unmittelbar an Haltestellen. Überproportional häufig waren Männer zwischen 30 und 49 Jahren am Unfallgeschehen beteiligt.

GRIESSBACH et al. (2016) analysierten Personenschadens-Unfälle mit Straßenbahnbeteiligung in Deutschland für einen Dreijahreszeitraum. In Haltestellenbereichen ist der Anteil der Fußgänger als Hauptverursacher gegenüber anderen Bereichen erhöht. Demgemäß ist ein deutlicher Rückgang der Pkw als Hauptverursacher des Unfalls zu verzeichnen. Gleiches gilt für die Verunglücktenzahl. Mit Blick auf die Knotenpunktunfälle ereignen sich Straßenbahnunfälle am häufigsten an lichtsignalgeregelten, gefolgt von den durch Verkehrszeichen geregelten, Knotenpunkten. Das Ergebnis entspricht im Wesentlichen der Netzstruktur von Strecken, auf denen Straßenbahnen zu finden sind. Bezüglich der Arten der Verkehrsteilnahme erkennen GRIESSBACH et al. (2016) folgende in Tabelle 6 aufgeführten wesentlichen strukturellen Auffälligkeiten.

Auf Basis einer Detailanalyse ausgewählter unfallauffälliger 11 Streckenabschnitte und 21 Knotenpunkte benennen GRIESSBACH et al. (2016) straßenräumliche Besonderheiten und Defizite. Im Ergebnis ist festzustellen, dass an allen untersuchten unfallauffälligen Stellen erhebliche Sicherheitsdefizite in der Infrastruktur vorliegen und von den Vorgaben der Regelwerke mitunter deutlich abgewichen wurde. Bezüglich der Defizite an Haltestellen sind u. a. folgende Punkte von Relevanz:

- Fehlende Sichtfelder für Fußgänger bzw. Radfahrer und Schienenfahrzeugen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten (im Falle des Ausfalls der Lichtsignalanlage)
- Unterschiedlichen Freigabezeiten an signalisierten Furten im Bereich von Knotenpunkten
- Fehlende geschwindigkeitsdämpfende Elemente für Radfahrer im Bereich von Hochbahnsteigen
- Keine geeigneten Überquerungsanlagen für Fußgänger im Bereich bevorrechtigter Zufahrten an Knotenpunkten ohne LSA
- Umwegebehaftete Anbindung der Haltestelle für Fußgänger im Bereich der freien Strecke
- Haltestellenlage gewährleistet keine sichere Erreichbarkeit
- Fehlende Sicherungseinrichtungen bei unübersichtlichen Querungen u. a. bei geradlinigen Querungen für Fuß- und Radverkehr
- Freigabezeiten der Fußgängerfurten als Haltestellenzugang nicht auf einfahrende ÖPNV-Fahrzeuge abgestimmt

Tabelle 6: Auffällige Unfallmerkmale nach Art der Verkehrsbeteiligung für Unfälle mit Straßenbahn (GRIESSBACH et al. 2016)

Art der Verkehrsbeteiligung	Auffällige Unfallmerkmale
Fußgänger	<ul style="list-style-type: none"> • Verwicklung überwiegend in Überschreiten-Unfälle • Überwiegend Unfallverursacher • Überdurchschnittliche Beteiligung junger (bis 17 Jahre) und älterer (ab 75 Jahre) Menschen • Überproportional viele Unfälle auf Verbindungs- und Geschäftsstraßen mit hoher Straßenbahnverkehrsstärke • Überproportional viele Unfälle als Hauptverursacher an Haltestellen mit Mittelage (Wartefläche ebenfalls in Mittelage)
Radfahrer	<ul style="list-style-type: none"> • Zu ca. 91 % Hauptverursacher • Überdurchschnittlich viele Kinder und junge Erwachsene als Unfallverursacher • Unfälle mit Radverkehr als Hauptverursacher am häufigsten an Knotenpunkten • Unfälle an Haltestellen überproportional an Haltestellen mit Gleisen in der Seitenlage
Kraftfahrzeuge	<ul style="list-style-type: none"> • Überwiegend Abbiegen und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle • Verhältnismäßiges geringes Unfallgeschehen an Haltestellen und Straßenbahnquerungsstellen für Radfahrer und Fußgänger • Vergleichsweise häufig Unfälle als Hauptverursacher an Haltestellen in Mittelage
Straßenbahn	<ul style="list-style-type: none"> • Über die Hälfte der Unfälle als Hauptverursacher sind dem Typ Sonstige Unfälle zugeordnet • Ca. ein Drittel aller Unfälle als Hauptverursacher ohne weitere Verunglückte außerhalb der Straßenbahn • Überproportional viele Unfälle als Hauptverursacher im Bereich von Haltestellen und an Querungsstellen der freien Strecke • Überproportional oft Unfälle als Hauptverursacher an Haltestellen in Seitenlage

Nach (CAMERON et al. 2000) erwiesen sich in Sheffield Radfahrer als die auffälligsten Verkehrsteilnehmer im Zusammenhang mit Unfällen unter Beteiligung des Systems „Straßenbahn“. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass in dieser Untersuchung die Involvement des Systems „Straßenbahn“ in die betreffenden Unfälle in jeglicher Form berücksichtigt wurde. Folglich wurden als häufigste Unfallursache der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung Stürze von Radfahrern aufgrund des „Festfahrens“ in Rillenschienen genannt. Die

Sicherheitslage im Bereich von Haltestellen lässt sich aus der Untersuchung nicht explizit ableiten.

Mit Fokus auf das Schüleraufkommen untersuchte LINNENBERG (1989) die Verkehrssicherheit, Lage und Ausstattung von Haltestellen. Grundsätzlich wurde in Haltestellen in Mittel- und Seitenlage mit/ohne Haltestelleninsel und Haltestellen in Seitenlage mit/ohne Bucht unterschieden. Aus den Beobachtungen konnten unabhängig der Haltestellenform Gefährdungspotentiale bezüglich

- die Fahrbahn querender Fahrgäste,
- der unzureichenden Erkennbarkeit von Haltestellen und dem
- Einfluss der Warteflächengröße auf das Verhalten von Fahrgästen und Fußgängern

abgeleitet werden. Das Gefährdungspotential querender Fahrgäste ist überwiegend auf Laufeinsteiger zurückzuführen. Auf ausreichende Größen von Warteflächen ist bei Haltestellen zu achten, an denen sowohl hohe Fahrgastzahlen – häufig im Bereich von Umsteigehaltestellen – als auch hohe Ströme im Fußgängerlängsverkehr vorliegen. An Haltestellen mit erhöhtem Schüleraufkommen kann LINNENBERG (1989) aus erhobenen Geschwindigkeiten keine Anpassung der Geschwindigkeit an die Situation durch die Kfz-Führer erkennen. LINNENBERG (1989) empfiehlt, ausreichend dimensionierte Warteflächen an den Haltestellen vorzusehen, die von Schülern nach der Schule aufgesucht werden, da die körperliche Agilität der Schüler in den Nachmittagsstunden zunimmt.

VOORHEES/BAKER JR. (2011) fanden im Rahmen der Studie "Pedestrian Safety at Bus Stops Study" in New Jersey heraus, dass von 551 Fußgängerunfällen nur ein geringer Anteil (2,2 %) sich direkt an einer Bushaltestelle und im Zusammenhang mit Fahrgästen ereigneten. Beobachtungen ergaben jedoch, dass bei etwa 15 % der Fußgänger Haltestellen Start oder Ziel des Weges waren. Eine weitere Erkenntnis der Unfallanalyse war, dass an Haltestellen vor Knotenpunkten häufiger Unfälle mit Sichtbehinderungen registriert werden, im Vergleich zu Haltestellen nach Knotenpunkten. Eine Umfrage ergab zudem, dass an hoch frequentierte Bushaltestellen die Wahrnehmung von Gefahren durch den Verkehr signifikant höher ist als an wenig frequentierten Bushaltestellen. Der Anteil der Unfälle, die im Zusammenhang mit der Haltestellenform stehen, steht ebenfalls im Zusammenhang mit der Bedienungshäufigkeit der Bushaltestelle.

UNGER et al. (2002) haben 30 Kinderunfälle an Bus- und Straßenbahnhaltestellen in Graz, Österreich, analysiert. Dabei stellte sich das Queren hinter einem Bus oder einer Straßenbahn an Haltestelle als ein wesentliches unfallbegünstigendes Verhaltensmerkmal heraus. Maßnahmenvorschläge betreffen unter anderem Barrieren im Haltestellenbereich, die die Querung verhindern sollen. Außerdem wird die Reduzierung von Parkständen im Einzugsbereich der Haltestellen als notwendig zur Vermeidung von Sichtbehinderungen angesehen.

Inwiefern das Einfahren einer Straßenbahn Einfluss auf das Verhalten von Fußgängern hat, die die Straßenbahn erreichen möchten, hat KRUSZYNA (2013) in zwei polnischen Städten anhand von Beobachtungen analysiert. Es wurde das Verhalten von Fußgängern an signalisierten Zugängen von Straßenbahnhaltestellen beobachtet. Verhaltensunterschiede zwischen Fußgängern, die eine einfahrende Straßenbahn erreichen möchten, und Fußgängern, die den signalisierten Überweg als gesicherte Querungshilfe nutzen, wurden verglichen. In Haltestellen einfahrende Straßenbahnen haben einen signifikanten Einfluss auf das

Querungsverhalten. In diesen Situationen werden Fahrgäste motiviert einen Rotlichtverstoß zu begehen.

WRETSTRAND et al. (2014) untersuchten das Unfallrisiko von Fahrgästen in den vier schwedischen Städten Helsingborg, Kristianstad, Lund und Malmö. Die Analyse basiert auf polizeilich erfassten Unfalldaten in Ergänzung mit Daten aus Krankenhäusern. Die Untersuchung zeigt, dass Alleinunfälle von Fußgängern polizeilich kaum erfasst werden. Aus dem Gesamtdatensatz ergibt sich jedoch, dass Fußgänger auf dem Weg zu einer Haltestelle des öffentlichen Verkehrs im Vergleich zu Wegen des MIV ein erhöhtes Unfallrisiko aufweisen:

- 0,994 Unfälle mit Personenschaden je 1 Mio. Personenkilometer (Fußgänger)
- 0,782 Unfälle mit Personenschaden je 1 Mio. Personenkilometer (MIV)

Außerdem steigt das Unfallrisiko für ältere und mobilitätseingeschränkte Personen bei erhöhten Abständen zwischen Haltestellenboard und Fahrzeug.

Die Wahrnehmung der Verkehrssicherheitsproblematik von Verantwortlichen bei Busunternehmen wurde von CAFISIO et al. (2013) in einer Befragung untersucht. Dabei wurde die Diskrepanz deutlich, dass Verkehrsbetriebe die Verkehrssicherheit vor allem über Fahrgäste innerhalb von Bussen definieren, obwohl laut den Autoren der Großteil des Unfallgeschehens mit Busbeteiligung auf Fußgänger und Radfahrer außerhalb des Busses entfällt.

2.3 Zusammenfassung

Die räumliche Anordnung von Teilhaltestellen vor oder nach dem Knotenpunkt ist von einer Vielzahl an Faktoren abhängig. Für beide Varianten bestehen Vor- und Nachteile. Maßgeblich zu einem höheren Sicherheitsniveau führen zum einen die Berücksichtigung günstiger und kurzer Wegebeziehungen für den überwiegenden Teil der Fahrgäste, zum anderen die konfliktarme Erreichbarkeit der ÖPNV-Fahrzeuge für Laufeinsteiger. Die Wahl der Haltestellenformen ist in aller Regel an der Breite des zur Verfügung stehenden Querschnitts und des Straßenquerschnitts als solches orientiert. Fahrbahnrandhaltestellen erlauben einen direkten Einstieg der Fahrgäste in das ÖPNV-Fahrzeug, Kaphaltestellen bieten dabei den Vorteil eines verbreiterten Wartebereichs, sind aber auf Bereiche mit ruhendem Verkehr (Längsparkstände) beschränkt und wirken wesentlich auf den nachfolgenden Verkehr. Haltestellen mit Wartebereichen in Seitenlage haben bei geringer Flächenverfügbarkeit häufig ein höheres Konfliktpotential zwischen Fußgängern und dem Radverkehr zur Folge, wenn dieser im Seitenraum geführt wird, während für Haltestellen mit dem Wartebereich in Mittellage die Querung der Fahrgäste von und zur Haltestelle und vor allem auch bei Querung des Gleiskörpers innerhalb des Haltestellenbereichs als Probleme in Erscheinung treten.

Unter Berücksichtigung ihrer Einsatzbedingungen stellen Kap-Haltestellen eine sichere Haltestellenform dar. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht bei neueren Formen von Kaphaltestellen mit Führung des Radverkehrs über das Kap. Die Sicherheitsniveaus von Haltestellen der Formen „Haltestelle StVO“ und „Zeitinsel mit angehobener Fahrbahn“ sind bisher nicht eindeutig differenziert. Es stellt sich aber auch die Frage, welche Relevanz die „Haltestelle StVO“ für Neu- und Umbauplanungen heute überhaupt noch hat. Unterschiedliche Ergebnisse zur Verkehrssicherheit liegen für Haltestellen mit Wartebereich in Mittellage vor. Hier besteht Forschungsbedarf bezüglich der Qualität von Zu- und Abgängen zum Wartebereich sowie der Querung der Gleise. Problematisch wird die Gruppe der Laufeinsteiger sowie das Queren im Sichtschatten des ÖV-Fahrzeugs eingeschätzt. Auch das Fehlen von

Querungshilfen – in Zusammenspiel mit umwegebehafteten Wegebeziehungen –, insbesondere bei Haltestellen mit stark frequentierten Umsteigebeziehungen oder auf der freien Strecke wirkt sich unfallbegünstigend aus. Unfälle im Bereich von Haltestellen sind durch eine höhere Unfallschwere gekennzeichnet, allgemein überproportional häufig sind Fußgänger und Radfahrer in das Unfallgeschehen involviert. Dies gilt insbesondere bei geringer Flächenverfügbarkeit für den Wartebereich.

Methodisch bezieht sich der überwiegende Anteil der Untersuchungen, die sich mit der Verkehrssicherheit an Haltestellen auseinandersetzen, auf die Auswertung von Unfallzahlen und Unfalldichten. Dies bedingt sich u. a. aus der engen sowie in der Länge variablen räumlichen Abgrenzung von Haltestellen. Aussagen, die den Grad der Verkehrssicherheit in Abhängigkeit von verkehrsaufkommensbezogenen Kenngrößen beschreiben, liegen nicht vor. So ist bisher nicht bekannt, ob und in welchem Maße, neben der Lage und Form der Haltestellen, das Verkehrsaufkommen von MIV, die Taktfrequenz des ÖPNV oder das allgemeine Fahrgastaufkommen Einfluss auf das Unfallgeschehen nehmen.

3 Basisanalyse

3.1 Statistische Auswertung

3.1.1 Allgemein

Die statistische Auswertung der Unfalldaten des Statistischen Bundesamtes – der amtlichen Unfallstatistik – über einen zehnjährigen Zeitraum liefert einen Überblick zur Einordnung und Beschreibung der Struktur von Unfällen im Bereich von Haltestellen (HS) gegenüber dem Gesamtunfallgeschehen in Deutschland. Grundlage bilden die Daten der Fachserie 8, Reihe 7 (Verkehr – Verkehrsunfälle) der Jahre 2006 bis einschließlich 2015. Zur Abgrenzung von Unfällen an HS wird hier u. a. in der Verkehrsunfallanzeige bei den „Besonderheiten der Unfallstelle“ auf das Merkmal „Haltestelle“ Bezug genommen. Die Verkehrsunfallanzeige wird deutschlandweit einheitlich angewandt. Der Vermerk der Besonderheiten der Unfallstelle erfolgt durch den Polizeibeamten bei der Unfallaufnahme vor Ort. Es gibt jedoch keine einheitlich definierte Festlegung, wann eine Besonderheit aufgeführt werden muss. In der Praxis erhält ein Unfall i. d. R. dann das Merkmal „Haltestelle“, wenn sich der Unfall im räumlichen Bereich einer HS ereignet hat – wobei hier auch eine klare Abgrenzung der räumlichen Ausdehnung nicht vorliegt – und der Unfallhergang in Zusammenhang mit den Besonderheiten des Verkehrsablaufs an HS steht. Ereignet sich z. B. ein Auffahrunfall zwischen zwei Kfz aufgrund eines Rückstaus am Knotenpunkt im Bereich einer Haltestelle, erhält dieser das Merkmal „Haltestelle“ nicht. Wäre dieser Unfall hingegen damit in Zusammenhang zu bringen, dass z. B. der Vorausfahrende aus Rücksicht für einen aus der Bucht ausfahrenden Bus bremst, und es kommt zum Auffahren des Nachfolgenden, ist hier das Merkmal „Haltestelle“ zu vergeben.

Jedoch ist die Berücksichtigung des Merkmals sehr uneinheitlich. BAIER et al. (2007) zeigen auf, dass bei einigen Unfällen, die nach einer näheren Überprüfung in Verbindung zu einer HS gebracht werden konnten, das Merkmal „Haltestelle“ fehlt. Als mögliche Ergänzung infrage kommende Merkmale wie die Unfallursache „falsches Verhalten gegenüber Fußgängern an Haltestellen“ liefern einen weiteren Ansatzpunkt zur Dimensionierung des Unfallgeschehens, sind aber aufgrund ihrer Einschränkung auf bestimmte Unfallkonstellationen und Beteiligungsarten ebenfalls nicht vollumfänglich aussagkräftig. Auch hier bleibt eine nicht zu klärende Dunkelziffer an Unfällen bestehen.

Unabhängig möglicher zufälliger Fehler eignet sich die Betrachtung der amtlichen Unfallstatistik dennoch, um in einem ersten Ansatz großmaßstäbliche Relationen und zeitliche Entwicklungen abzulesen.

3.1.2 Ergebnisse

Für das Kollektiv aller U(P, SS) außer Autobahnen über den Zeitraum von 2006 bis 2015 weisen im Mittel ca. 1,04 % der Unfälle das Merkmal „Haltestelle“ auf. Das entspricht im Mittel einer absoluten Anzahl von ca. 4.080 Unfällen pro Jahr. Erwartungsgemäß wird dieser Anteil durch den hohen Anteil der Unfälle Innerorts geprägt – ca. 3.790 Unfälle pro Jahr. So haben im Außerortsbereich nur 0,22 % der U(P, SS) das Merkmal „Haltestelle“, Innerorts beträgt der Anteil 1,45 %. Diese Differenz begründet sich u. a. aus der deutlich höheren HS-Anzahl und -dichte im innerörtlichen Straßennetz. Über die Jahre ist ein kontinuierlicher Rückgang des Anteils der „Haltestellenunfälle“ festzustellen – Innerorts von 1,48 % für 2006 auf 1,40 % für 2015. Dies verdeutlicht die Darstellung in Abbildung 3. Die U(P) sind in den

Kollektiven mit und ohne Haltestellenmerkmal über den Betrachtungszeitraum rückläufig, wobei das Kollektiv U(P) mit HS-Merkmal einen stärkeren Rückgang zeigt. 2015 wurde ein Niveau von 86 % in Bezug zum Ausgangsjahr 2006 erreicht. Während die U(SS) für das Unfallkollektiv ohne HS-Merkmal ebenfalls einen kontinuierlichen Rückgang zeigen – im Jahr 2015 mit 74 % zum Ausgangsjahr – zeigt die Kurve des Pendants einen wechselhaften Verlauf in der zeitlichen Entwicklung. Dieser ist u. a. auf die geringe Unfallzahl im Kollektiv (im Mittel ca. 320 Unfälle) zurückzuführen, welche eine verlässlich stabile Aussage zur zeitlichen Entwicklung nicht erlaubt. Es gilt festzuhalten, dass sich der allgemeine Rückgang der U(P) auch für das Unfallgeschehen einstellt, welches mit HS in unmittelbarem Zusammenhang gebracht wird.

Unabhängig der Ortslage gilt, je höher die Unfallschwere, desto höher auch der Anteil der Unfälle mit dem Merkmal „Haltestelle“ am gesamten Unfallgeschehen. Diese Entwicklung zeigt sich anhand der Unfallkategorien besonders deutlich für den Bereich Innerorts (Abbildung 4). Sie ist darauf zurückzuführen, dass an HS öfter Fahrgäste bzw. Fußgänger als ungeschützte Verkehrsteilnehmer in das Unfallgeschehen verwickelt sind (vergleiche Kapitel 3.2.3). Dabei fällt die zeitliche Entwicklung des Anteils der Unfälle mit HS-Merkmal über die einzelnen Jahre für die einzelnen Unfallkategorien nicht einheitlich aus.

Für das Analysekollektiv stellt Abbildung 5 die jeweilige Verteilung der einzelnen Unfallkategorien für das Kollektiv Unfälle mit und ohne HS-Merkmal (Restliche) dar. Die Abbildung unterstützt die eben beschriebene These. Es wird deutlich, dass Unfälle mit HS-Merkmal häufiger eine hohe Unfallschwere aufweisen, insbesondere mit Schwerverletzten (SV). Der Anteil der U(SS) ist deutlich niedriger.

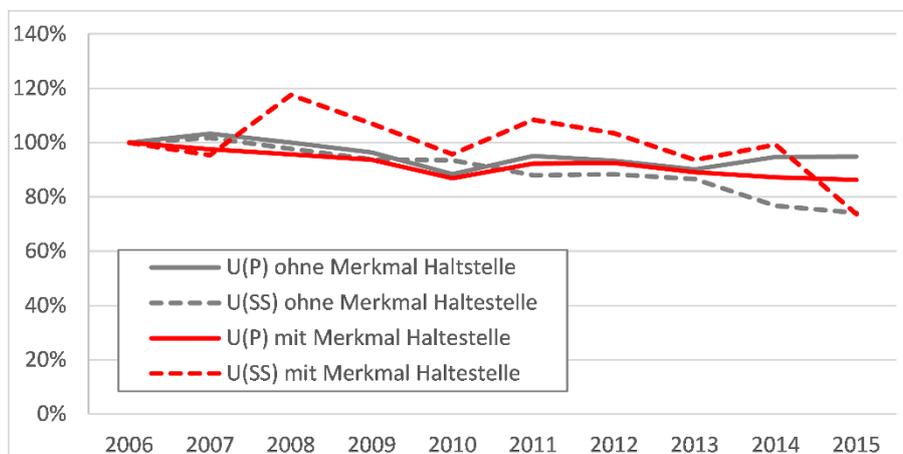


Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung des Unfallgeschehens für Unfälle mit und ohne Merkmal Haltestelle Innerorts, Bezugsjahr 2006 entspricht 100 % (DESTATIS)

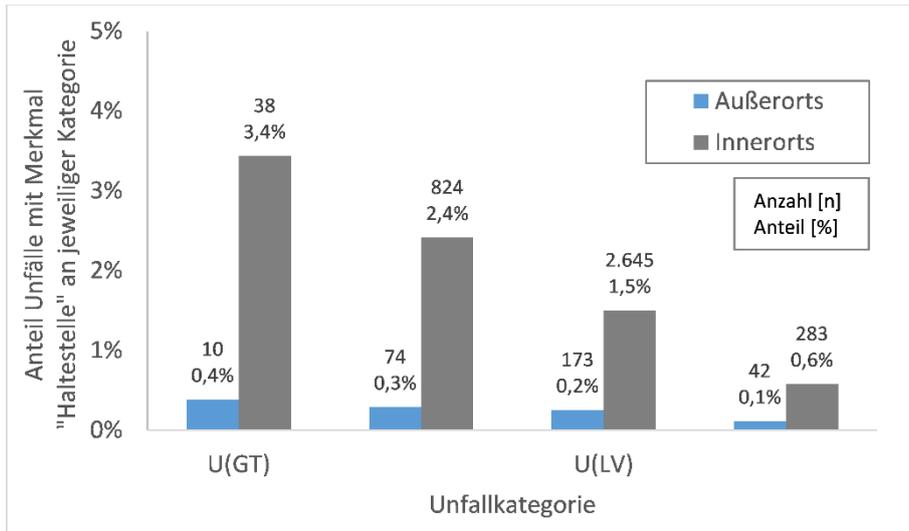


Abbildung 4: Anteil der Unfälle mit Merkmal „Haltestelle“ am Gesamtunfallgeschehen je Unfallkategorie, Mittelwert 2006-2015 (DESTATIS)

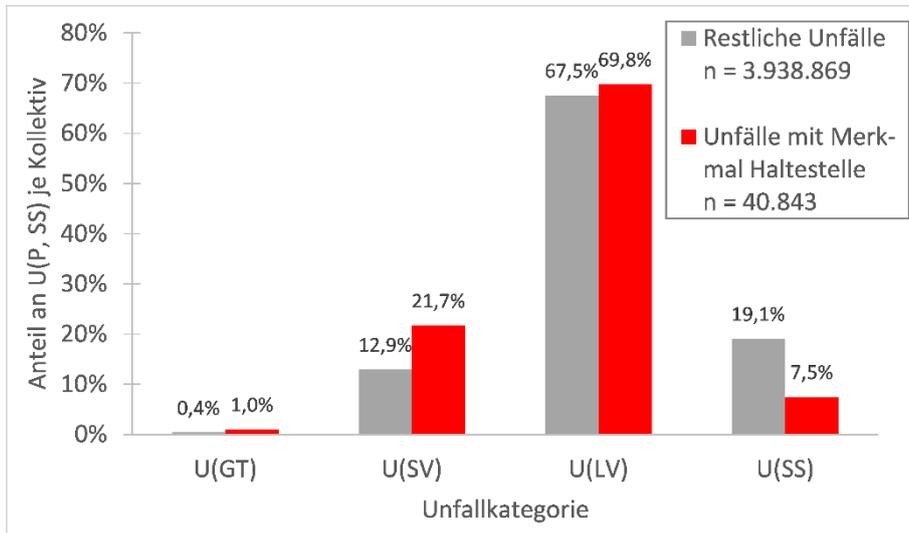


Abbildung 5: Verteilung der Unfälle für U(P, SS) nach Unfallkategorie, Innerorts, für Unfälle mit und ohne Merkmal „Haltestelle“, Mittelwert 2006-2015 (DESTATIS)

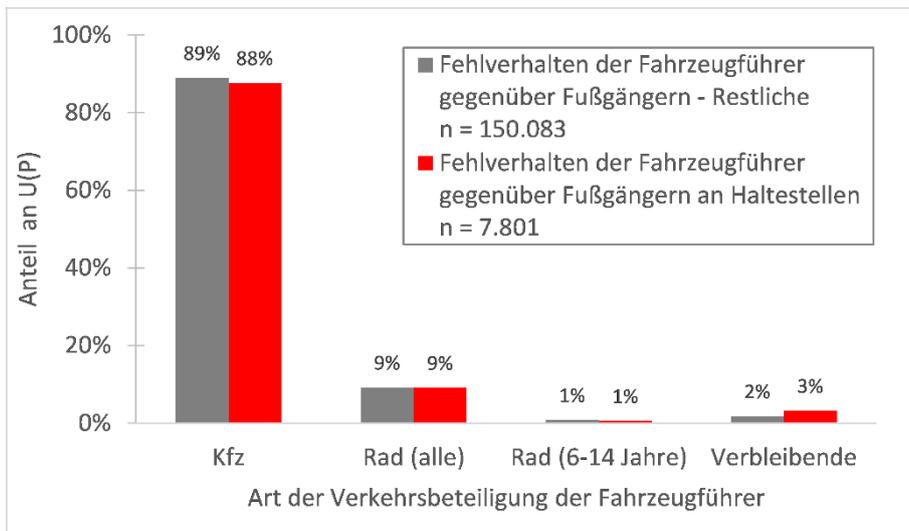


Abbildung 6: Verteilung Fehlverhalten Fahrzeugführer gegenüber Fußgängern nach Art der Verkehrsbeteiligung für U(P), Innerorts, für Unfälle mit und ohne Merkmal „Haltestelle“, Mittelwert 2006-2015 (DESTATIS)

Bei der Betrachtung des Fehlverhaltens der Fahrzeugführer gegenüber Fußgängern nach der Art der Verkehrsbeteiligung zeigen sich bei der Auswertung der U(P) Innerorts kaum Unterschiede zwischen beiden Kollektiven (Abbildung 6). Zum einen wird deutlich, dass unabhängig des Kollektivs, das Fehlverhalten am häufigsten dem Kfz-Führer zuzuordnen ist. Zum anderen ist festzustellen, dass sich das Fehlverhalten der Fahrzeugführer unabhängig der Örtlichkeit im Straßennetz nur sehr wenig unterscheidet. D. h.: in Bereichen von HS kommt es im Vergleich zu anderen Netzabschnitten nicht zu überproportional mehr Fehlverhalten bei Unfällen bezüglich der Konfliktpartner Fahrzeugführer gegenüber Fußgänger. Da sich beide Unfallkollektive bezüglich der Netzlänge und -charakteristik deutlich unterscheiden, sind quantitative Aussagen zu Häufigkeit des Fehlverhaltens nicht möglich. Auch lässt der allgemeine Vergleich der Zahlen keinen Rückschluss auf die Sicherheit bestimmter HS-Formen zu. Die Anteile der betrachteten Fahrzeugführerarten sind über die Jahre nahezu unverändert.

Neben der Auswertung der Unfallzahlen des Statistischen Bundesamtes erlaubt die Statistik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV 2016) Aussagen zum meldepflichtigen Schülerunfallgeschehen. Aus einer Abfrage liegen die Angaben zur Anzahl aller meldepflichtigen Schülerunfälle im Straßenverkehr, als auch der Anteil der Unfälle am Unfallort „Haltestelle“ für die Jahre 2009 bis 2015 vor. Zu beachten ist, dass in dieser Statistik ein Straßenverkehrsunfall im Allgemeinen im Zusammenhang mit der Teilnahme am Verkehr verstanden wird, und zur Definition eines Verkehrsunfalls abweicht. Zu der Kategorie Schüler zählen auch Studenten und Berufsschüler und deren durch die Ausbildungseinrichtung versicherten Arbeitswege. Da es sich bei der Abfrage um eine hochgerechnete Stichprobenstatistik von Seiten der DGUV handelt, können Hochrechnungsunsicherheiten und Rundungsfehler auftreten.

Pro Jahr ereigneten sich durchschnittlich ca. 53.100 meldepflichtige Straßenverkehrsunfälle mit Schülerbeteiligung. Die mittlere Anzahl gemeldeter Unfälle mit Unfallort „Haltestelle“ beträgt ca. 960 Unfälle pro Jahr. Somit weisen die Unfälle am Unfallort „Haltestelle“ an allen Unfällen einen Anteil im Mittel von 1,82 % auf. Eine Differenzierung nach Unfallschwere ist nicht möglich. Demgegenüber liegt der Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal der amtlichen Unfallstatistik für U(P, SS) bei nur 1,04 %. Setzt man die mittlere Anzahl der Unfälle der amtlichen Unfallstatistik mit HS-Merkmal dem gemeldeten Schülerunfallgeschehen am Unfallort „Haltestelle“ gegenüber, werden die Unterschiede in der statistischen Erfassung und Definition deutlich. Demnach entspräche jeder vierte U(P, SS) mit dem Merkmal „Haltestelle“ einem Schülerunfall. Zusammenfassend lässt sich jedoch festhalten, dass für Schüler auch an HS ein Unfallrisiko vorliegt, das tendenziell gegenüber anderen Altersgruppen erhöht erscheint.

3.2 Analyse Netzebene

3.2.1 Zielstellung

Ziel der Basisanalyse auf Netzebene ist die Abgrenzung von direkten HS-Bereichen sowie deren mutmaßlichen Annäherungsbereichen. Die Abgrenzung erfolgt auf Basis des Unfallgeschehens und dessen Merkmalen. Die Hypothese oder Forschungsfrage lautet: In welchem Abstand zum HS-Punkt kann anhand von Veränderungen des Unfallgeschehens in

den Teilkollektiven eine Grenze zwischen dem Unfallniveau der HS bzw. des Annäherungsbereichs und der freien Strecke festgestellt werden? Folgende inhaltliche Begründung stellt den theoretischen Unterbau für die Abgrenzung dar:

- Der (direkte) HS-Bereich umfasst das Unfallgeschehen, welches sich maßgeblich aufgrund von Fußgängerquerungen nach/vor dem Fahrgastwechsel oder dem Erreichen/Verlassen der Warteflächen ergibt. Potenzielle Konfliktgegner sind dabei der MIV, der ÖV und der Radverkehr. Die bauliche Ausprägung der HS in der Länge ist hierbei sekundär.
- Der Annäherungsbereich – sowohl hinsichtlich der Abgrenzung gegenüber dem HS-Bereich als auch gegenüber der freien Strecke – kann inhaltlich über folgende Unfallsituationen definiert werden:
 - Fahrurfälle (Kollision mit Hindernissen) aufgrund der Verschwenkung der Fahrbahn wegen Mittelinseln (Bus) oder Mittellagehaltestellen (Straßenbahn)
 - Unfälle im Längsverkehr (Auffahren oder Fahrstreifenwechsel) aufgrund der Einziehung von Fahrstreifen vor oder nach Haltestellen, dem Halten oder Einfahren eines Busses oder aufgrund der Überleitung von/zu einem ÖV-Fahrstreifen.
 - Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung aufgrund von Änderungen in der Art der Radverkehrsanlagen im HS-Bereich (auch für Abgrenzung HS-Bereich relevant)
 - Überschreiten-Unfälle im Zusammenhang mit Laufeinsteigern oder sonstigen querenden Fußgängern

Aus diesen Begründungen wird deutlich, dass die Betrachtung des Gesamtunfallgeschehens zusammen nicht aussagekräftig ist. Die Bewertung und Analyse von Unfall-Teilkollektiven – u. a. differenziert nach Unfalltyp, Unfallart und Beteiligungsart – ermöglicht eine zielgerichtete Abgrenzung der einzelnen Bereiche.

3.2.2 Aufbau Analysenetzes

Grundlagen für den Aufbau des Analysenetzes sind

- das Unfallgeschehen Innerorts der Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt in einem Fünfjahreszeitraum (2011 bis 2015) sowie
- die digitalen Straßennetze von „www.openstreetmap.org“ inklusive weiterer Informationen zu Ortslage und Straßentyp.

Die digitalen Straßennetze werden folgendermaßen für die Analyse aufbereitet:

- Abgrenzung Innerortsstraßen
- Abgrenzung Hauptverkehrsstraßen innerorts gegenüber Erschließungsstraßen
- Ermittlung von Hauptverkehrsknotenpunkten (mindestens drei Knotenarme mit Hauptverkehrsstraßen) anhand verschiedener Attribute im OSM-Netz
- Ermittlung von Anschlussknotenpunkten (Anschluss Erschließungsstraßen an das Hauptverkehrsstraßennetz)
- Abgrenzung von HS-Punkten (Halteflächen und/oder Warteflächen) an Hauptverkehrsstraßen differenziert nach der Bedienung durch Straßenbahn oder Bus

Im ersten Schritt werden querschnittsbezogene Haltestellenbereiche ermittelt, da eine fahtrichtungsbezogene Unfallanalyse inhaltlich und datentechnisch weder zielführend noch möglich ist. Hierzu wurden durchschnittliche räumliche Abgrenzungen von Bus und Straßenbahnhaltestellen als Ausgangswert auf Grundlage der räumlichen Ausdehnung von (Teil-)Haltestellen im Straßennetz ermittelt:

- Bushaltestelle 50 m
- Straßenbahnhaltestelle 80m

Eine Trennung von Bus- und Straßenbahnhaltestellen ergibt sich aus den unterschiedlichen HS-Formen, welche ihrerseits auch aus den Fahrzeuglängen sowie der Lage des genutzten Fahrbahnteils resultieren. Die Werte stellen eher eine räumliche Obergrenze für Einzelhaltestellen dar, auch wenn in Einzelfällen die HS länger sein können (z. B. bei den eher seltenen Doppelhaltestellen). Überlappen sich die zuvor genannten Abgrenzungen von zwei gegenüberliegenden Teilhaltestellen (THS) werden diese kombiniert und ein neuer HS-Punkt als räumlicher Schwerpunkt der Gesamthaltestellen ermittelt (siehe Abbildung 7).

Streckenachsen zwischen zwei Hauptverkehrsstraßen werden zu Straßenzügen zusammengefasst. Außerdem werden Hauptverkehrsknotenpunkt-Polygone zur Abgrenzung des Unfallgeschehens im Knoteninnenbereich abgegrenzt. Maßgebend für die räumliche Ausdehnung ist die Anzahl der Fahrbahnen in den Zufahrten, welche die jeweilige Seitenlänge in der Zufahrt bestimmt. Für Knotenpunkte mit nur einbahnigen Zufahrten wird eine Querschnittsbreite von 20m, für Knotenpunkte mit mindestens einer zweibahnigen Zufahrt von 30 m verwendet. Im Ergebnis liegen folgende Netzelemente vor: Streckenachsen/Straßenzüge, Hauptverkehrsknotenpunkte, Anschlussknotenpunkte, Haltestellenpunkte und Einzelunfälle.

Es werden alle Netzelemente aufeinander referenziert, d. h.: Unfälle werden beispielsweise auf den jeweils nächstgelegene(n) Hauptverkehrsknotenpunkt, HS-Punkt und Streckenachse verlinkt. Ziel war die Referenzierung der Unfälle und HS-Punkte auf die Straßenelemente. Auf diese können Unfälle im Zu- und Ablauf von HS diesen Elementen zugeordnet

werden. Anhand verschiedener Kriterien, wie z. B. Abstand von der HS zum Hauptverkehrsknotenpunkt, werden weiterhin HS auf der freien Strecke von HS an Hauptverkehrsknotenpunkten abgegrenzt bzw. differenziert analysiert. Diese HS-Lagen gliedern sich wie folgt:

- Lage „auf der freien Strecke“) HS-Punkte auf der freien Strecke, d.h. mindestens mit einem Abstand von 200 m bis zum nächsten Polygon eines Hauptverkehrsknotenpunktes (Außenkante Polygon)
- Lage „Hauptverkehrsknotenpunkt“) HS-Polygone direkt am Hauptverkehrsknotenpunkt

Für die Analyse ist der Bereich um die HS-Punkte (bei gegenüberliegenden THS die HS-Punkte der Gesamthaltestelle) in Abschnitte von 10 m eingeteilt (siehe Abbildung 7). Diesen Abschnitten werden die Unfälle zugewiesen. Es wird dabei maximal ein Bereich von 200 m zu beiden Seiten der HS untersucht. Unfälle in den Knotenpolygonen der Hauptverkehrsknotenpunkte oder Unfälle, welche sich aus Sicht der HS hinter einem Hauptverkehrsknotenpunkt befinden, sind nicht berücksichtigt (siehe Unfälle am rechten Rand der Abbildung 7).

Für die Analyse werden die Unfälle differenziert nach Abstand (10 m Schritte) zu beiden Seiten der HS-Punkte überlagert. Das bedeutet, dass in der "Abstandsscheibe" HST10 sowohl die Unfälle vor als auch hinter dem HS-Punkt im Abstand von 0-10 m enthalten sind. Aus der oben aufgeführten Lagedefinition von HS-Punkten ergibt sich, dass HS-Punkte, die im Bereich von 50/80 m bis 200 m zu einem Hauptverkehrsknotenpunkt liegen, nicht berücksichtigt werden. Aus den beschriebenen Klassifizierungen ergeben sich vier HS-Kollektive, die in Tabelle 7 dargestellt und bezüglich der HS- und Annäherungsbereiche abzugrenzen sind.

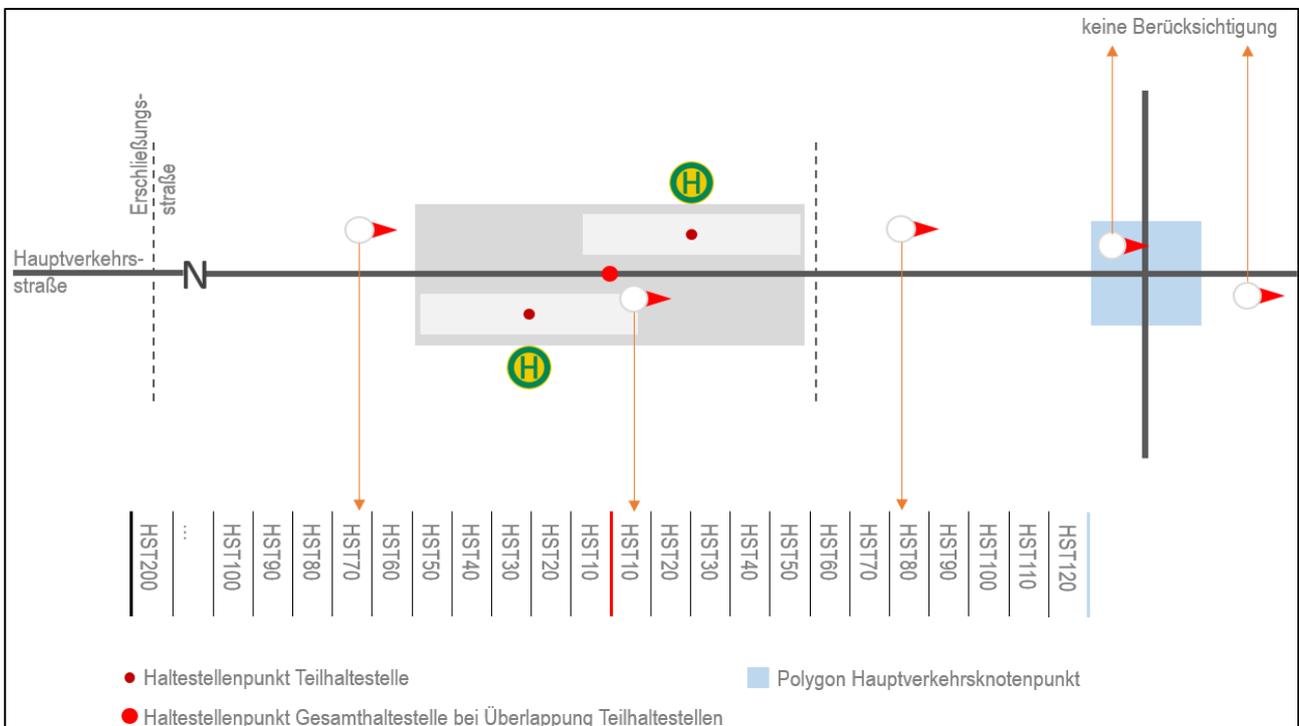


Abbildung 7: Systemskizze Basisanalyse auf Netzebene

Tabelle 7: Bewertete Haltestellenkollektive mit Anzahlen

Lage \ Verkehrsmittel	Straßenbahn	Bus	Summe
auf der freien Strecke	387	7.409	7.796
Hauptverkehrsknotenpunkt	215	1.020	1.235
Summe	602	8.429	9.031

Zur Abgrenzung der HS- und Annäherungsbereiche für die HS-Kollektive wird – wie unter Kapitel 3.2.1 beschrieben – auf die Betrachtung verschiedener Unfallkollektive zurückgegriffen. Die Beschreibung der betrachteten Unfallkollektive, deren Relevanz sowie deren unterstellte Wirkung auf den Arbeitsschritt der räumlichen Abgrenzung der Bereiche ist in Tabelle 8 erläutert.

Tabelle 8: Betrachtete Unfallkollektive zur Abgrenzung der Haltestellen- und Annäherungsbereiche

Name	Beschreibung	Relevanz für Abgrenzung von Bereich...		Betrachtung gibt Hinweise auf...
		Haltestelle	Annäherung	
Typ 1	Alle Unfälle Unfalltyp 1 (Fahrerunfall)	gering	mittel	Verschwenkung Fahrbahn aufgrund Mittelinseln (Bus) oder Mittellagehaltestellen (Straßenbahn)
Typ 4	Alle Unfälle Unfalltyp 4 (Überschreiten)	hoch	hoch	Haltestelle: Querungen vor/nach Fahrgastwechsel sowie zum Erreichen der Wartefläche, Kollisionen mit Straßenbahn und Radverkehr, ... Annäherungsbereich: Laufeinsteiger sowie Schrägquerungen
Typ 6	Alle Unfälle Unfalltyp 6 (Unfälle im Längsverkehr)	mittel	hoch	Beginn/Ende Annäherungsbereich: Auffahrerunfälle aufgrund von Halten des ÖV-Fahrzeugs oder Ein-/Ausfahren ÖV-Fahrzeug in Haltestelle, Fahrstreifenwechselunfälle aufgrund Verschwenkung/Einzug Fahrstreifen vor/nach Haltestelle
All-U	Alle Unfälle	mittel	mittel	Unfallniveau im Vergleich Haltestelle – Annäherungsbereich – freie Strecke
All-MIV	Alle Unfälle mit ausschließlich MIV-Beteiligung	mittel	mittel	Unfälle aufgrund von Störungen im Verkehrsablauf durch Haltestelle (u. a. Halte ÖV-Fahrzeug, Zeitinsein, FG-LSA)
All-ÖV	Alle Unfälle mit Beteiligung des ÖV	hoch	hoch	Konflikte mit Fußgängern, Radfahrern und MIV Einfahren/Ausfahren aus Haltestelle Sichtverdeckungen durch ÖV-Fahrzeuge
All-FG	Alle Unfälle mit Beteiligung eines Fußgängers	hoch	hoch	siehe Typ4-Unfälle Sicherheitsdefizite durch veränderte Gestaltung im Haltestellenbereich die sich auch auf Abbiege- und Sonstige Unfälle mit Fg-Beteiligung auswirken
All-Rad	Alle Unfälle mit Beteiligung eines Radfahrers	hoch	mittel	Eingeschränkte Platzverhältnisse, notwendige Verschwenkungen oder Wechsel des Typs der Radverkehrsanlage im Haltestellenbereich sowie im Vorlauf/Nachlauf der Haltestelle
Art 6	Alle Unfälle der Unfallart 6 (Kollision mit Fußgängern)	hoch	hoch	Siehe All-FG und Typ 4
Art 1/2	Alle Unfälle der Unfallart 1 und 2 (Zusammenstoß mit Fahrzeug, das anhält, im ruhenden Verkehr steht, das vorausfährt oder wartet)	gering	hoch	Abgrenzung von Auffahrerunfällen im Zusammenhang mit der Haltestellen und/oder der Ein-/Ausfahrt des ÖV-Fahrzeugs
U(P)	Unfälle mit Personenschaden	hoch	hoch	erhöhte Schwere im Unfallniveau im Vergleich Haltestelle – Annäherungsbereich – Haltestellenbereich
U(SP)	Unfälle mit schwerem Personenschaden	hoch	hoch	erhöhte Schwere im Unfallniveau im Vergleich Haltestelle – Annäherungsbereich – Haltestellenbereich
U(P)-Fuß	Unfälle mit Personenschaden und Beteiligung eines Fußgängers	hoch	hoch	Erhöhte Unfallschwere im Haltestellenbereich durch (meist) querende Fußgänger beim Ein- und Ausstieg bzw. Zu- und Abgang an Haltestellen

Die Unfalltypen 2, 3, 5 und 7 werden nur indirekt (z. B. bei All-MIV) berücksichtigt, da sie tendenziell stärker mit der Lage, Regelung und Form von Anschlussknoten, der Organisation des ruhenden Verkehrs sowie anderen Konfliktsituationen im Zusammenhang stehen. Der bei diesen Unfalltypen potentiell auch vorhandene Einfluss der HS, würde durch die zuvor genannten Aspekte zu stark überlagert, um nur aus diesen Teilkollektiven Hinweise zur Abgrenzung von HS-Bereichen herleiten zu können.

Die Unfallkollektive werden hinsichtlich ihrer Relevanz für den betrachteten Bereich in einer der drei Klassen: geringe Relevanz, mittlere Relevanz oder hohe Relevanz zugeordnet. Diese Einteilung hat zum Ziel, maßgebenden Unfallkonstellationen (hohe Relevanz) bei der räumlichen Abgrenzung ein höheres Gewicht zu verleihen. Z. B. lassen sich aus den Unfällen des Typs 1 (Fahrunfall) nur tendenzielle Aussagen zur Abgrenzung des HS-Bereichs ableiten, da zu vermuten ist, dass in HS-Bereichen kaum eine Veränderung der Unfallhäufigkeit auftritt. Jedoch erscheint der Unfalltyp 1 besonders geeignet, um den Annäherungsbereich von HS abzugrenzen. Hier ist anzunehmen, dass die Unfallhäufigkeit an HS mit Fahrbahnverschwenkung (siehe Kapitel 3.2.1) höher ausfällt.

Parallel wurden auch die Abstände von Anschlussknoten zu den HS-Punkten analysiert, um den Einfluss des dortigen knotenpunktbezogenen Unfallgeschehens in der Analyse möglichst zu reduzieren. Bei allen Auswertungen wird auch nach der Besonderheit der Unfallstelle unterschieden:

- Unfälle mit Merkmal "Haltestelle"
- Unfälle ohne Merkmal "Haltestelle"

3.2.3 Ergebnisse

Für eine kompakte Beurteilung des Analysekollektives in Sachsen und Sachsen-Anhalt findet sich in Abbildung 8 ein Vergleich der Unfallcharakteristik (Verteilung der Unfalltypen). Daraus wird deutlich, dass bei der Verteilung von Unfällen mit dem HS-Merkmal die Unfalltypen 1, 6 und 7 eine erhöhte Relevanz aufweisen. Herausragend ist die Dominanz des Unfalltyps 4. Die Unfalltypen 2, 3 und 5 spielen hier nur eine untergeordnete Rolle. Das Kollektiv ohne HS-Merkmal wird vom Unfalltyp 3, gefolgt von den Typen 6, 2 und 1 geprägt. Dies ist auf einen höheren Anteil an Knotenpunkten im Kollektiv zurückzuführen.

Der Zusammenhang zwischen der vorherrschenden Unfallkonstellation und den Unfallfolgen zeigt Abbildung 9. Überschreiten-Unfälle (Unfalltyp 4) führen häufig zu einer hohen Verletzungsschwere, da es in der Regel zu Zusammenstößen zwischen Fußgängern/Fahrgästen und einem Kfz kommt. Nahezu die Hälfte (48 %) der U(P) mit dem HS-Merkmal sind Überschreiten-Unfälle. Bei der Betrachtung lediglich der U(SP) steigt der Anteil auf 63 %. Im Vergleichskollektiv spielt der Unfalltyp 4 mit 7 % Anteil an U(P) bzw. 13 % Anteil an U(SP) nur eine untergeordnete Rolle. An dessen Stelle treten die charakteristischen Knotenpunktunfälle des Typs 2 und 3. Deren Größenordnung bedingt sich aus der unterschiedlichen Netzcharakteristik, da dieses Kollektiv einen umfangreicheren Anteil Knotenpunkte beinhaltet. Für U(SS) enthält das Unfallkollektiv mit Merkmal „Haltestelle“ gegenüber seinem Pendant einen höheren Anteil an Fahrunfällen (Typ 1). Diese Eigenschaft gilt auch für die U(LS). Diese Unfallcharakteristik ist u. a. auf die oben beschriebenen baulichen Eigenschaften von HS zurückzuführen.

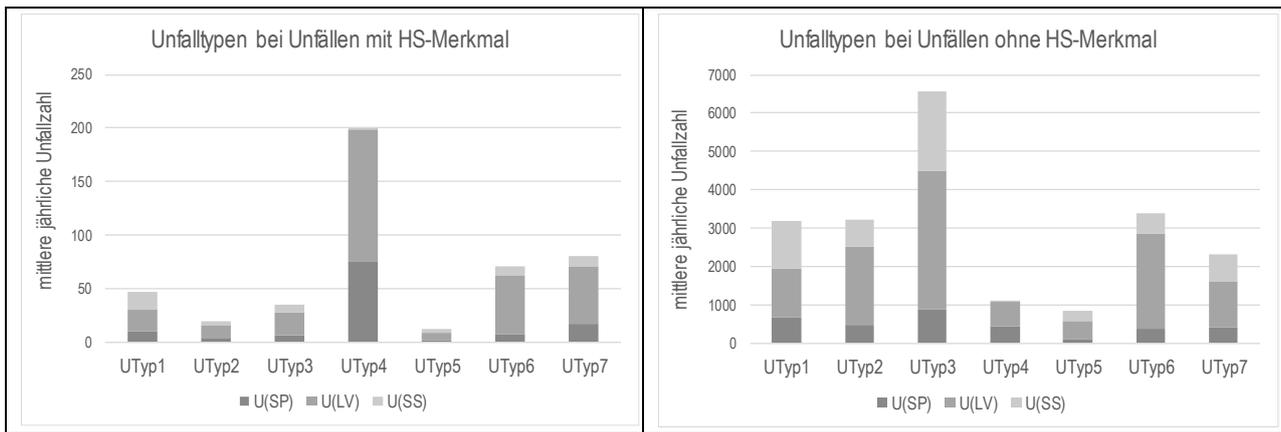


Abbildung 8: Vergleich Unfallcharakteristik für Unfälle mit (linke Seite) und ohne (rechte Seite) Merkmal „Haltestelle“ für die Innerortsunfälle der Kategorien 1 bis 4 und 6 in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt

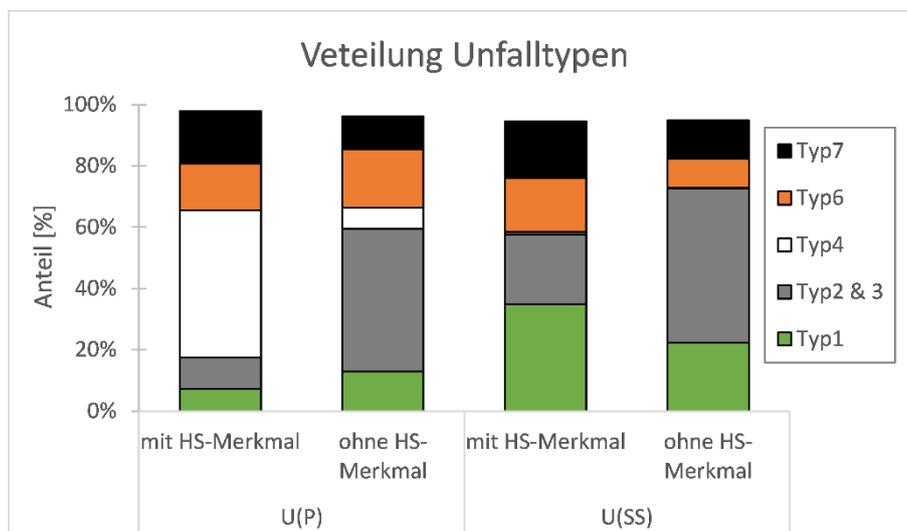


Abbildung 9: Vergleich Verteilung Unfalltypen für Unfälle mit und ohne Merkmal „Haltestelle (HS)“ für die Innerortsunfälle der Kategorien U(P) und U(SS) in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt

In Abbildung 10 ist ein Vergleich der Unfallschwere dargestellt. Es wird deutlich, dass bei Unfällen mit HS-Merkmal – sehr wahrscheinlich durch die erhöhte Relevanz der Überschreiten-Unfälle – eine leicht höhere Unfallschwere festzustellen ist. Diese spiegelt sich in dem höheren Anteil schwerverletzter Verunglückter je U(P) wider.

Abbildung 11 stellt ein Beispiel für die Auswertung zur Abgrenzung der Einzelbereiche am Beispiel der Bushaltestellen auf der freien Strecke für das Bundesland Sachsen dar. 459 U(P, S) des Unfalltyps 4 sind jeweils in einem Bereich von 200 m (zu beiden Seiten) an 4.305 auswertbaren HS im Betrachtungszeitraum aufgetreten und verteilen sich räumlich wie dargestellt. Der HS-Bereich wurde in diesem Beispiel anhand der Verteilung der Unfälle mit HS-Merkmal auf einen Radius von 20 m zum Mittelpunkt festgelegt. Hier tritt das Maximum dieser Unfälle auf. Die mit größerer Entfernung vorhandene, aber abnehmende, Anzahl der Unfälle mit HS-Merkmal wird u. a. auf den Versatz von Teilhaltestellen, auf Schrägquerungen und Laufeinsteiger zurückgeführt (siehe Abbildung 7). In Zusammenhang mit der sinkenden Unfalldichte aller Unfälle wurde das Ende des Einflussbereichs für dieses Unfallkollektiv bei einem Abstand von 80 m festgelegt. Ab dieser Entfernung findet ein Rückgang auf das Streckenniveau statt. Die oberhalb von 80 m auftretenden Unfälle mit HS-Merkmal

werden als Grundrauschen verstanden. Dies sind meist Einzelfälle, bei denen fehlerhafte Verortungen des Unfalls vermutet werden. Dies wurde im Sinne einer Sensitivitätsanalyse an Einzelfällen auch überprüft. Parallel wurden auch die Abstände der HS zu Anschlussknotenpunkten berücksichtigt, deren Unfallgeschehen letztendlich auch die Analyse beeinflusst.

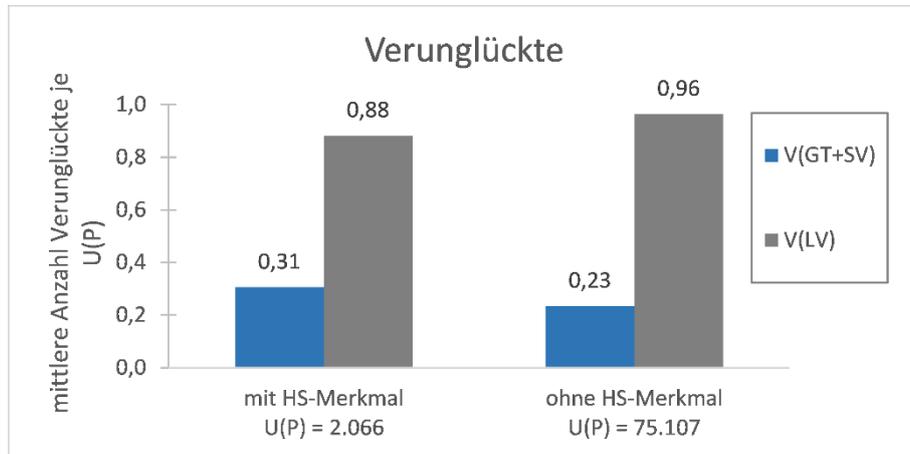


Abbildung 10: Vergleich mittlere Anzahl an Verunglückten je Unfall mit Personenschaden für Unfälle mit und ohne Haltestellenmerkmale für die Innerortsunfälle der Kategorien 1 bis 3 in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt

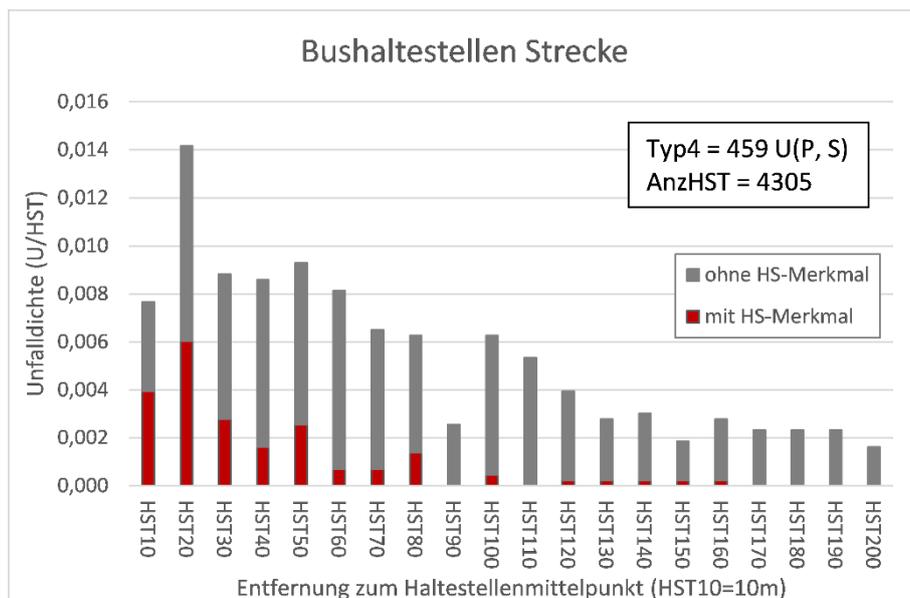


Abbildung 11: Verteilung Unfalldichte für Kollektiv Haltestellen des Verkehrsmittels Bus, Lage: auf der freien Strecke

Die Ergebnisse der Längenabgrenzung unter Bezug aussagefähiger Unfallkollektive (Mindestanzahl 200 Unfälle) enthält Tabelle 9. Die Längen sind nachvollziehbar. Längere HS-Bereiche für die Straßenbahnen sind letztendlich baulich bzw. durch die Länge des Straßenbahnzugs bestimmt. Weiterhin kommen bei Straßenbahnhaltestellen in Mittellage noch Zu- und Abgänge an den Enden hinzu. Ähnliche Annäherungsbereiche für Bus- und Straßenbahnhaltestellen deuten auf letztendlich punktuelle Gefahrenstellen im Zu- oder Ablauf einer HS hin, die sich nicht wesentlich zwischen den Arten der ÖV-Fahrzeuge unterscheiden.

Die beispielhafte Betrachtung des Anteils der Unfälle mit HS-Merkmal an allen Unfällen des Unfalltyps 4 im HS- und auch Annäherungsbereich verdeutlicht, dass eine alleinige Betrachtung der Unfälle mit HS-Merkmal das Niveau des gesamten Unfallgeschehens im Bereich der HS unterschätzt (Tabelle 10). Die Anzahl der Unfälle, die den oben definierten Bereichen zugeordnet sind, liegt um das 2,5- bis 7-fache höher.

Die getroffenen räumlichen Abgrenzungen beschreiben nun den Bereich um die HS, in denen die Wahrscheinlichkeit für ein relevantes und durch die Existenz der HS begünstigtes Unfallgeschehen erhöht ist. Ein Vergleich von HS-Formen sollte für diese Abgrenzungen erfolgen, da in diesem Fall auch der Großteil des für die HS relevanten Unfallgeschehens berücksichtigt wird.

Tabelle 9: Übersicht räumliche Abgrenzung der Haltestellen- und Annäherungsbereiche

Lage	Verkehrsmittel	Haltestelle		Annäherungsbereich	
		Länge ¹ [m]	Aussagefähige U.-Kollektive [n]	Länge ² [m]	Aussagefähige U.-Kollektive [n]
freie Strecke	Straßenbahn	70	13	40	12
	Bus	40	12	40	11
Hauptverkehrs-knotenpunkt	Straßenbahn	70	5	40	6
	Bus	60	2	30	2

1) Länge beinhaltet gesamten Haltestellenbereich
2) Länge des Annäherungsbereich schließt sich an den Haltestellenbereich (beidseitig) an

Tabelle 10: Anteil der Unfälle mit Merkmal "Haltestelle" an Unfällen mit Unfalltyp 4

Lage	Verkehrsmittel	Anteil der Unfälle mit Merkmal „Haltestelle“ an Unfällen des Typs 4 (Überschreiten) für Abschnitt...	
		Haltestelle	Annäherungsbereich
auf der freien Strecke	Bus	39 %	21 %
Hauptverkehrs-knotenpunkt	Bus	20 %	14 %

Die Abgrenzung der HS- und Annäherungsbereiche sowie der freien Strecke erlaubt die Berechnung und den Vergleich der mittleren Verkehrssicherheitsniveaus der einzelnen Netzelemente. Neben dem gesamten Unfallgeschehen werden die Unfälle mit HS-Merkmal separat betrachtet. Da Informationen zum Verkehrsaufkommen nicht vorliegen, wird auf die Kenngröße Unfalldichte zurückgegriffen. Das Niveau der Netzelemente ermittelt sich aus dem Mittelwert der Unfalldichten der dem jeweiligen Element zugeordneten 10 m Abstand-Scheiben. Da es sich um sehr kurze Abschnitte handelt, steht bei der Unfalldichte als Längenbezug der Scheibenabstand von 10 m im Nenner. Auf die standardisierte Berechnung der Unfalldichte mit dem Längenbezug pro Kilometer wird verzichtet, da die geringe Längenausdehnung der betrachteten Abschnitte (< 1 km) zu einer Überbewertung bei der Kenngrößenberechnung führen würde (SCHÜLLER 2010).

Tabelle 11 beinhaltet die Unfalldichten für die Straßenabschnitte „Haltestelle“, „Annäherungsbereich“ und „freie Strecke“, mit einer Klassifizierung der HS (Kollektive) nach Lage und Verkehrsmittel. Weiterhin ist der Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal am Gesamtunfallgeschehen des Netzelements angegeben. Unabhängig der Lage der HS und dem betrachteten Straßenabschnitt liegt ein deutlicher Unterschied in der Unfalldichte zwischen den Straßenzügen für das Verkehrsmittel Bus und Straßenbahn vor. Über alle Unfälle betrachtet entspricht das Niveau der Unfalldichte für die dem Verkehrsmittel Bus zugeordneten Straßenzüge einem Fünftel (20 %) gegenüber dem Niveau der Straßenzüge mit dem Verkehrsmittel Straßenbahn. Tendenziell sind die Differenzen auf den Straßenzügen zwischen beiden Verkehrsmitteln für die freie Strecke höher als im Bereich der Haltestelle. Betrachtet man nur die Unfälle mit HS-Merkmal nimmt der Unterschied zu, das Verhältnis entspricht einer Größenordnung von 1:10. Die deutlichen Unterschiede begründen sich vorherrschend aus der verschiedenen Netzstruktur für beide Verkehrsmittel. Straßenbahnen verkehren häufig auf breiteren Straßenzügen, in größeren Städten mit deutlich höherem Verkehrsaufkommen der motorisierten und nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmer. Dies spiegelt sich in der höheren Unfalldichte wider. Des Weiteren nehmen zum einen die gebräuchlichen HS-Formen Einfluss auf die Höhe des Unfallgeschehens mit HS-Merkmal. Bei Straßenbahnen ist gegenüber Bussen häufiger die HS mit Wartebereich in Mittellage vorzufinden, welche laut SCHÜLLER/SCHÄFER (2007) am ungünstigsten in Bezug auf die Verkehrssicherheit abschneidet. Zum anderen ist zu vermuten, dass die absolute Anzahl der Fahrgäste die Unfallanzahl zumindest schwach beeinflusst (HANTSCH 2007). So kann angenommen werden, dass die durchschnittlichen Fahrgastzahlen (bzw. Fahrgastaufkommen an der HS) an Straßenbahnhaltestellen gegenüber Bushaltestellen im Mittel höher sind, was sich auch in einer dichteren Taktfrequenz an Straßenbahnhaltestellen niederschlägt. Somit ist allgemein – unabhängig der HS-Form und -lage – von einem höheren Konfliktpotential an Straßenbahnhaltestellen auszugehen.

Für alle vier Kollektive gilt, dass die Abschnitte der „freien Strecke“ das höchste Sicherheitsniveau bei der Betrachtung aller Unfälle aufweist. Die Unfälle mit HS-Merkmal sind mit einer Größenordnung von 0 bis 2 % vernachlässigbar. Mit Ausnahme des Kollektivs Bushaltestellen an Hauptverkehrsknotenpunkten sind die höchsten Unfalldichten für alle Unfälle in den Abschnitten des Annäherungsbereichs zu finden. Dabei unterscheidet sich das Unfalldichtenniveau zwischen den Abschnitten „Annäherungsbereich“ und „freie Strecke“ für die HS-Lage „auf der freien Strecke“ gegenüber der HS-Lage „Hauptverkehrsknotenpunkt“ deutlich. Das Unfalldichtenniveau der „Annäherungsbereiche“ für die HS-Lage „auf der freien Strecke“ erreicht für das Kollektiv Straßenbahn das 2,2-fache, für das Kollektiv Bus das 1,6-fache des Niveaus der Abschnitte „freie Strecke“. Für die HS-Lage „Hauptverkehrsknotenpunkt“ bleiben die Unterschiede, mit einer Zunahme um das 1,2- bzw. 1,1-fache, bezüglich dem Niveau der Abschnitte „freie Strecke“ gering. Dieser Unterschied erscheint plausibel, da zu berücksichtigen ist, dass sich im Kollektiv der HS-Lage „auf der freien Strecke“ häufiger Anschlussknotenpunkte im Bereich der Annäherung befinden, deren Unfallgeschehen das absolute Niveau maßgebend beeinflusst. Bei der HS-Lage "Hauptverkehrsknotenpunkt" bleibt das Unfallgeschehen innerhalb des Hauptverkehrsknotenpunkts außen vor.

Tabelle 11: Mittlere jährliche Unfalldichten U(P, S)/10 m für die Netzabschnitte in der Abhängigkeit von der Lage der Haltestelle und dem Verkehrsmittel

Lage	Verkehrsmittel	mittlere jährliche Unfalldichte [U(P, S)/10m]* und Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal an allen Unfällen [%] für Abschnitt...					
		Haltestelle		Annäherungsbereich		freie Strecke	
		alle Unfälle	Unfälle mit HS-Merkmal	alle Unfälle	Unfälle mit HS-Merkmal	alle Unfälle	Unfälle mit HS-Merkmal
auf der freien Strecke	Straßenbahn	0,1567	0,0204	0,2266	0,0162	0,1035	0,0016
		13 %		7 %		2 %	
	Bus	0,028	0,0021	0,0382	0,001	0,0236	0,0002
		8 %		3 %		1 %	
Hauptverkehrs-knotenpunkt	Straßenbahn	0,143	0,0177	0,1483	0,0089	0,1185	0,0008
		12 %		6 %		1 %	
	Bus	0,0325	0,0028	0,0274	0,0005	0,0256	0,0001
		9 %		2 %		0 %	

* Bezug der kompletten Balkenlänge auf Wert 0,3
Straßenbahn in der Farbe Blau, Bus in der Farbe Orange

Auch HS-Abschnitte weisen gegenüber den Abschnitten „freie Strecke“ eine höhere Unfalldichte auf. Das Niveau ist um ca. 22 % höher. Ausnahme bildet die HS-Lage „auf der freien Strecke“ mit Straßenbahn, mit einer Zunahme von 51 %. Diese Größenordnung lässt sich mutmaßlich auf die Berücksichtigung von den Zu- und Abgängen der HS auf beiden Seiten der HS zurückführen, während im Kollektiv der HS-Lage „Hauptverkehrsknotenpunkt“ die HS häufig einseitig durch das Verkehrsknotenpunktpolygon begrenzt sind.

Erwartungsgemäß erreicht der Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal im Kernbereich der HS sein höchstes Niveau an allen Unfällen. Der höhere Anteil für Unfälle mit HS-Merkmal an Straßenbahnhaltestellen (13 % für „freie Strecke“ und 12 % für „Hauptverkehrsknotenpunkte“) gegenüber Bushaltestellen (8 % bzw. 9 %) erklärt sich aus den bereits oben aufgeführten Randbedingungen. Das Unfallgeschehen mit HS-Merkmal in Annäherungsbereichen ist sowohl absolut als auch anteilig gegenüber den Abschnitten „freie Strecke“ erhöht, gegenüber der HS-Abschnitte aber geringer. Dies lässt vermuten, dass das Unfallgeschehen in Zusammenhang mit Laufeinsteigern oder den bereits beschriebenen Unfällen des Typs 1 und 5 des MIV steht. Der gegenüber den Bushaltestellen höherer Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal im Bereich von Straßenbahnhaltestellen kann mit der Lage (Form) der HS als auch mit einem allgemein höheren Fahrgastaufkommen in Zusammenhang stehen. Diese Annahme kann in diesem Arbeitsschritt aber nicht tiefergehend analysiert werden.

Festzuhalten ist, dass, bei der Betrachtung absoluter Zahlen, sich die meisten Unfälle mit HS-Merkmal im definierten HS-Abschnitt ereignen und auch deren Anteil am Gesamtunfallgeschehen in diesem Bereich i. d. R. am höchsten ist. Grund ist u. a. die Abnahme des Gesamtunfallgeschehens. Abschnitte der freien Strecke weisen die höchste Verkehrssicherheit, gefolgt von den HS-Abschnitten, auf. Das absolute Unfallniveau ist an die Querschnittsgestaltung und das Verkehrsaufkommen gekoppelt und lässt einen Vergleich für beide Verkehrsmittel nur eingeschränkt zu.

3.3 Zusammenfassung

Die Vielzahl an Merkmalen die bei der Abgrenzung und Beschreibung der Verkehrssicherheit von HS in der Basisanalyse Berücksichtigung finden und diese prägen, verdeutlichen

die engen Grenzen, die monokausalen Erklärungsansätzen zur Beurteilung der Verkehrssicherheit gesetzt sind. Im Ergebnis der Basisanalyse liegt eine Auskunft über das Niveau der Unfälle mit HS-Merkmal im Kontext des Gesamtunfallgeschehens vor, für den innerörtlichen Bereich wurden mittlere Längen für HS und deren Annäherung bestimmt.

Aus der Analyse der Unfalldaten des statistischen Bundesamtes für Deutschland für die letzten 10 Jahre geht hervor, dass das Unfallgeschehen, welches laut Verkehrsunfallanzeige in Zusammenhang mit der Besonderheit „Haltestelle“ gebracht wird, nur einen sehr geringen Anteil an allen U(P, SS) aufweist – ca. 1 %. Diese Unfälle ereigneten sich nahezu alle Innerorts. Für den betrachteten Zeitraum ist eine Abnahme des Unfallgeschehens über die Jahre zu verzeichnen. Unfälle mit HS-Merkmal weisen im Mittel eine höhere Unfallschwere auf, welche auf die höhere Beteiligung von Fußgängern (Fahrgästen) zurückzuführen ist. Es gilt: je höher die Unfallschwere, desto höher auch der Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal. Mutmaßlich sind Schüler im Verhältnis zur ihrer allgemeinen Verkehrsbeteiligung überproportional beteiligt.

Auf Basis des innerörtlichen Unfallgeschehens der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt wurden Straßenzüge in die Abschnitte Hauptverkehrsknotenpunkt, Haltestelle, Annäherungsbereich und freie Strecke differenziert. Die räumliche Abgrenzung fußt auf einer längenbasierten Betrachtung der Unfalldichten für Unfälle mit und ohne HS-Merkmal, wobei vertiefend in verschiedene Unfallkollektive nach Unfallkategorie, Unfalltyp, Beteiligungsart und Unfallart unterschieden wurde. Eine Kategorisierung der HS erfolgte hinsichtlich ihrer Lage, am oder entfernt von einem Hauptverkehrsknotenpunkt, und den bedienenden Verkehrsmitteln Bus oder Straßenbahn. Die ermittelten Längen für HS variieren zwischen 40 und 70 m, wobei Straßenbahnhaltestellen erwartungsgemäß größere Längen aufweisen. Die Länge der Annäherungsbereiche ist unabhängig der HS-Kategorisierung mit 30 bis 40 m nahezu gleich. Gegenüber den Abschnitten der freien Strecke weisen die Abschnitte der HS i. d. R. sowohl für Unfälle mit als auch ohne HS-Merkmal höhere Unfalldichten und den höchsten Anteil der Unfälle mit HS-Merkmal am gesamten Unfallgeschehen auf. Als besonders unfallauffällig zeigen sich die Annäherungsbereiche – aufgrund des gesamten Unfallgeschehens –, wobei ein Großteil der Unfälle auch auf die räumliche Anordnung von Anschlussknotenpunkten in diesen Abschnitten zurückzuführen ist. Eine Diskussion zur weiteren Berücksichtigung des Unfallgeschehens in Annäherungsbereichen erfolgt daher im Rahmen der makroskopischen Analyse in Kapitel 4.2.3. Weiterhin zeigt sich, dass sich die mittlere Unfalldichte für Straßenzüge mit dem Verkehrsmittel Straßenbahn gegenüber Bus aufgrund der Streckencharakteristik und dem Verkehrsaufkommen deutlich unterscheidet und ein höheres Niveau aufweist.

4 Makroskopische Analyse

4.1 Grundlagen

4.1.1 Zielstellung

Die makroskopische Analyse berücksichtigt die fehlende Kenntnis zur Eignung und Wirkung mutmaßlicher Expositionsgrößen zur Beschreibung der Verkehrssicherheit an Haltestellen (HS). Ziel ist es, Einflussgrößen auf das Unfallgeschehen für ausgewählte HS-Formen abzuleiten. Die Auswertung beruht dabei auf der deskriptiven und multikriteriellen statistischen Analyse von ca. 2.000 ausgewählten Teilhaltestellen (THS). Es sollen unfallbegünstigende Faktoren bezüglich der Gestaltungs- und Betriebsmerkmale der HS bestimmt und ggf. quantifiziert werden.

4.1.2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungskollektiv der THS für die makroskopische Analyse rekrutiert sich aus den sechs Großstädten:

- Berlin
- Dortmund
- Dresden
- Frankfurt/Main
- Leipzig
- Karlsruhe

In den benannten Städten wurden die örtlichen Verkehrsunternehmen und Straßenverkehrsbehörden angeschrieben und um eine Mitarbeit geworben. Ferner wurde um die Bereitstellung für die Untersuchung relevanter Informationen, u. a. Verkehrsaufkommen des MIV, Fahrgastaufkommen und Technologiehandbuch der HS gebeten. Fehlende Informationen schränken die Aufnahme potenzieller THS in die Analysestichprobe ein. Alle Städte übermittelten die gewünschten Daten. Die Notwendigkeit das Verkehrsaufkommen des MIV an THS zu berücksichtigen hat zur Folge, dass überwiegend THS im Hauptstraßennetz der Städte erfasst werden. Für THS in Sammel- und Erschließungsstraßen liegen diese Informationen meist nicht vor.

4.1.3 Unfalldaten

Die Auswertungen basieren auf dem polizeilich erfassten Unfallgeschehen der Jahre 2011 bis 2015. Der Betrachtungszeitraum von fünf Jahren wird mit der geringen Häufigkeit von Unfällen im Zusammenhang mit Haltestellen begründet. Die Begrenzung des Zeitraums auf fünf Jahre ergibt sich aus der höheren Wahrscheinlichkeit von u. a. Veränderungen der Linienführungen, von Fahrplänen und -takten, der Umgestaltung von Haltestellen und Straßenräumen sowie Veränderungen des allgemeinen Verkehrsaufkommens. Der Untersuchungszeitraum von fünf Jahren stellt einen Kompromiss zwischen diesen gegenläufigen Entwicklungen dar. Für die Städte Dresden, Leipzig und Frankfurt/Main liegt das Unfallgeschehen komplett für die Unfallkategorien 1 bis 6 vor. Die Unfallkategorie 5 ist in den restlichen Städten nicht vollständig erfasst, aufgrund der eingeschränkten polizeilichen Erhebung dieser Unfälle. Diese werden i. d. R. nur aufgenommen, wenn ein Straftatbestand vorliegt. Den nachfolgenden Analysen werden nur Unfälle der Kategorien 1 bis 4 zu Grunde gelegt.

Vor der Zuordnung des Unfallgeschehens zu den THS (siehe Kapitel 4.2.2) ist eine Definition der relevanten Unfallkollektive erforderlich. Dabei werden neben der Unfallkategorie auch der Unfalltyp, Unfallbeteiligte und Unfallart als Differenzierungsmerkmal für die Unfallkollektive verwendet (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Betrachtete Unfallkollektive für die makroskopische Unfallanalyse

Name	Beschreibung	Unfallkategorie			Bemerkung
		1 bis 2	1 bis 3	4	
Typ 1	Fahrunfälle	U(SP) _{Typ 1}	U(P) _{Typ 1}	U(SS) _{Typ 1}	
Typ 2	Abbiege-Unfälle	U(SP) _{Typ 2}	U(P) _{Typ 2}	U(SS) _{Typ 2}	▪ nicht in Folgekollektiven enthalten
Typ 3	Einbiegen/Kreuzen-Unfälle	U(SP) _{Typ 3}	U(P) _{Typ 3}	U(SS) _{Typ 3}	▪ nicht in Folgekollektiven enthalten
Typ 4	Überschreiten-Unfälle	U(SP) _{Typ 4}	U(P) _{Typ 4}	U(SS) _{Typ 4}	
Typ 5	Unfälle ruhender Verkehr	U(SP) _{Typ 5}	U(P) _{Typ 5}	U(SS) _{Typ 5}	▪ nicht in Folgekollektiven enthalten
Typ 6	Unfälle Längsverkehr	U(SP) _{Typ 6}	U(P) _{Typ 6}	U(SS) _{Typ 6}	
Typ 7	Sonstige Unfall	U(SP) _{Typ 7}	U(P) _{Typ 7}	U(SS) _{Typ 7}	
1ÖV	Alleinunfall ÖV-Fzg.	U(SP) _{1ÖV}	U(P) _{1ÖV}	U(SS) _{1ÖV}	
1ÖV-2ÖV	Beteiligter 1: ÖV-Fzg. Beteiligter 2: ÖV-Fzg.	U(SP) _{1ÖV-2ÖV}	U(P) _{1ÖV-2ÖV}	U(SS) _{1ÖV-2ÖV}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ohne Unfälle des Typs 2, 3 und 5 ▪ ÖV-Fzg. über Schlüsselnr.: 33 und 61 ▪ Rad über Schlüsselnr.: 71 und 72 ▪ Fuß über Schlüsselnr.: 81, 84 und 93 ▪ MIV über Schlüsselnr.: 1 bis 32, 34 bis 59 und 92
1ÖV-2Rad	Beteiligter 1: ÖV-Fzg. Beteiligter 2: Rad	U(SP) _{1ÖV-2Rad}	U(P) _{1ÖV-2Rad}	U(SS) _{1ÖV-2Rad}	
1ÖV-2Fuß	Beteiligter 1: ÖV-Fzg. Beteiligter 2: Fuß	U(SP) _{1ÖV-2Fuß}	U(P) _{1ÖV-2Fuß}	U(SS) _{1ÖV-2Fuß}	
1ÖV-2MIV	Beteiligter 1: ÖV-Fzg. Beteiligter 2: MIV	U(SP) _{1ÖV-2MIV}	U(P) _{1ÖV-2MIV}	U(SS) _{1ÖV-2MIV}	
1Rad	Alleinunfall Rad	U(SP) _{1Rad}	U(P) _{1Rad}	U(SS) _{1Rad}	
1Rad-2ÖV	Beteiligter 1: Rad Beteiligter 2: ÖV-Fzg.	U(SP) _{1Rad-2ÖV}	U(P) _{1Rad-2ÖV}	U(SS) _{1Rad-2ÖV}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ohne Unfälle des Typs 2, 3 und 5 ▪ ÖV-Fzg. über Schlüsselnr.: 33 und 61 ▪ Rad über Schlüsselnr.: 71 und 72 ▪ Fuß über Schlüsselnr.: 81, 84 und 93 ▪ MIV über Schlüsselnr.: 1 bis 32, 34 bis 59 und 92
1Rad-2Rad	Beteiligter 1: Rad Beteiligter 2: Rad	U(SP) _{1Rad-2Rad}	U(P) _{1Rad-2Rad}	U(SS) _{1Rad-2Rad}	
1Rad-2Fuß	Beteiligter 1: Rad Beteiligter 2: Fuß	U(SP) _{1Rad-2Fuß}	U(P) _{1Rad-2Fuß}	U(SS) _{1Rad-2Fuß}	
1Rad-2MIV	Beteiligter 1: Rad Beteiligter 2: MIV	U(SP) _{1Rad-2MIV}	U(P) _{1Rad-2MIV}	U(SS) _{1Rad-2MIV}	
1MIV	Alleinunfall MIV	U(SP) _{1MIV}	U(P) _{1MIV}	U(SS) _{1MIV}	
1MIV-2ÖV	Beteiligter 1: MIV Beteiligter 2: ÖV-Fzg.	U(SP) _{1MIV-2ÖV}	U(P) _{1MIV-2ÖV}	U(SS) _{1MIV-2ÖV}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ohne Unfälle des Typs 2, 3 und 5 ▪ ÖV-Fzg. über Schlüsselnr.: 33 und 61 ▪ Rad über Schlüsselnr.: 71 und 72 ▪ Fuß über Schlüsselnr.: 81, 84 und 93 ▪ MIV über Schlüsselnr.: 1 bis 32, 34 bis 59 und 92
1MIV-2Rad	Beteiligter 1: MIV Beteiligter 2: Rad	U(SP) _{1MIV-2Rad}	U(P) _{1MIV-2Rad}	U(SS) _{1MIV-2Rad}	
1MIV-2Fuß	Beteiligter 1: MIV Beteiligter 2: Fuß	U(SP) _{1MIV-2Fuß}	U(P) _{1MIV-2Fuß}	U(SS) _{1MIV-2Fuß}	
1MIV-2MIV	Beteiligter 1: MIV Beteiligter 2: MIV	U(SP) _{1MIV-2MIV}	U(P) _{1MIV-2MIV}	U(SS) _{1MIV-2MIV}	
1Fuß-2ÖV	Beteiligter 1: Fuß Beteiligter 2: ÖV-Fzg.	U(SP) _{1Fuß-2ÖV}	U(P) _{1Fuß-2ÖV}	U(SS) _{1Fuß-2ÖV}	
1Fuß-2Rad	Beteiligter 1: Fuß Beteiligter 2: Rad	U(SP) _{1Fuß-2Rad}	U(P) _{1Fuß-2Rad}	U(SS) _{1Fuß-2Rad}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ohne Unfälle des Typs 2, 3 und 5 ▪ ÖV-Fzg. über Schlüsselnr.: 33 und 61 ▪ Rad über Schlüsselnr.: 71 und 72 ▪ Fuß über Schlüsselnr.: 81, 84 und 93 ▪ MIV über Schlüsselnr.: 1 bis 32, 34 bis 59 und 92
1Fuß-2MIV	Beteiligter 1: Fuß Beteiligter 2: MIV	U(SP) _{1Fuß-2MIV}	U(P) _{1Fuß-2MIV}	U(SS) _{1Fuß-2MIV}	
Art 1/2	Unfallart 1 und 2 (Zusammenstoß mit Fzg. das parkt, anhält, wartet oder vorausfährt)	U(SP) _{Art1/2}	U(P) _{Art1/2}	U(SS) _{Art1/2}	▪ ohne Unfälle des Typs 2, 3 und 5
Art 6	Unfallart 6 (Kollision mit Fußgängern)	U(SP) _{Art6}	U(P) _{Art6}	U(SS) _{Art6}	▪ ohne Unfälle des Typs 2, 3 und 5

4.2 Methodik

4.2.1 Erhebung verkehrlicher und gestalterischer Merkmale

Für die THS wurden Merkmale erhoben, welche mutmaßlich direkt oder indirekt für den Grad der Verkehrssicherheit relevant sind. Die Art der berücksichtigten Merkmale stützt sich auf die Erkenntnisse der Literaturanalyse sowie auf eigene Überlegungen. Die Merkmale sind nachfolgend kurz beschrieben. Prinzipiell werden THS nach den dort haltenden Verkehrsmitteln Bus, Straßenbahnen oder Bedienung durch beide Verkehrsmittel differenziert.

Lage

Die räumliche Einordnung der THS wird nach der Lage im Netz differenziert. Die Relevanz dieses Merkmals als Einflussgröße ist in Kapitel 2.3 dargelegt. Es wird unterschieden in die Elemente:

- Verkehrsstraßenknotenpunkt (räumliche Abgrenzung nach Klassifizierung „Hauptverkehrsknotenpunkt“, siehe Kapitel 3.2.3)
- Anschlussknotenpunkt (räumliche Abgrenzung nach Klassifizierung „freie Strecke“, siehe Kapitel 3.2.3)
- Strecke (räumliche Abgrenzung nach Klassifizierung „freie Strecke“, siehe Kapitel 3.2.3)

Die Einordnung lehnt sich an der Abgrenzung und Definition der Netzelemente in Kapitel 3.2.2 an. Verkehrsstraßenknotenpunkte werden über verschiedene Attribute der OSM-Karten definiert. Liegen THS (maßgebend ist der Mittelpunkt der THS) bis zu 200 m von einem Verkehrsknotenpunkt entfernt, erhalten sie das Merkmal Verkehrsstraßenknotenpunkt. Ist eine THS mehr als 200 m von einem Verkehrsstraßenknotenpunkt entfernt, entscheidet die die THS umgebende Netzstruktur, ob es sich um eine THS an einem Anschlussknotenpunkt oder der Strecke handelt. I. d. R befinden sich THS an Verknüpfungspunkte des Straßennetzes, in diesem Falle handelt es sich um Anschlussknoten. Nur wenn im Umkreis von 200 m, ausgehend vom THS-Mittelpunkt keine Einmündungen oder Kreuzungen vorhanden ist, werden die THS mit dem Merkmal Strecke attribuiert. Bezüglich der Anordnung an Verkehrsknotenpunkten wird für die betroffenen THS die Lage vertiefend nach dem Merkmal „vor“ oder „hinter“ dem Knotenpunkt differenziert.

Die räumliche Abgrenzung der Haltestellen erfolgt nach den in Kapitel 3.2.3 getätigten Festlegungen. Wird eine THS von beiden Verkehrsmitteln bedient, ist die Länge der Straßenbahnhaltestelle maßgebend. Um eine eindeutige Zuordnung der Lage der THS in Bezug zu den Knotenpunktzufahrten zu ermöglichen, wird das in Abbildung 12 dargestellte und erläuterte Vorgehen verwendet.

Handelt es sich um THS, die an Verkehrsstraßen- oder Anschlussknotenpunkten liegen, wird die Art der Verkehrsregelung des Knotenpunkts separat erfasst.

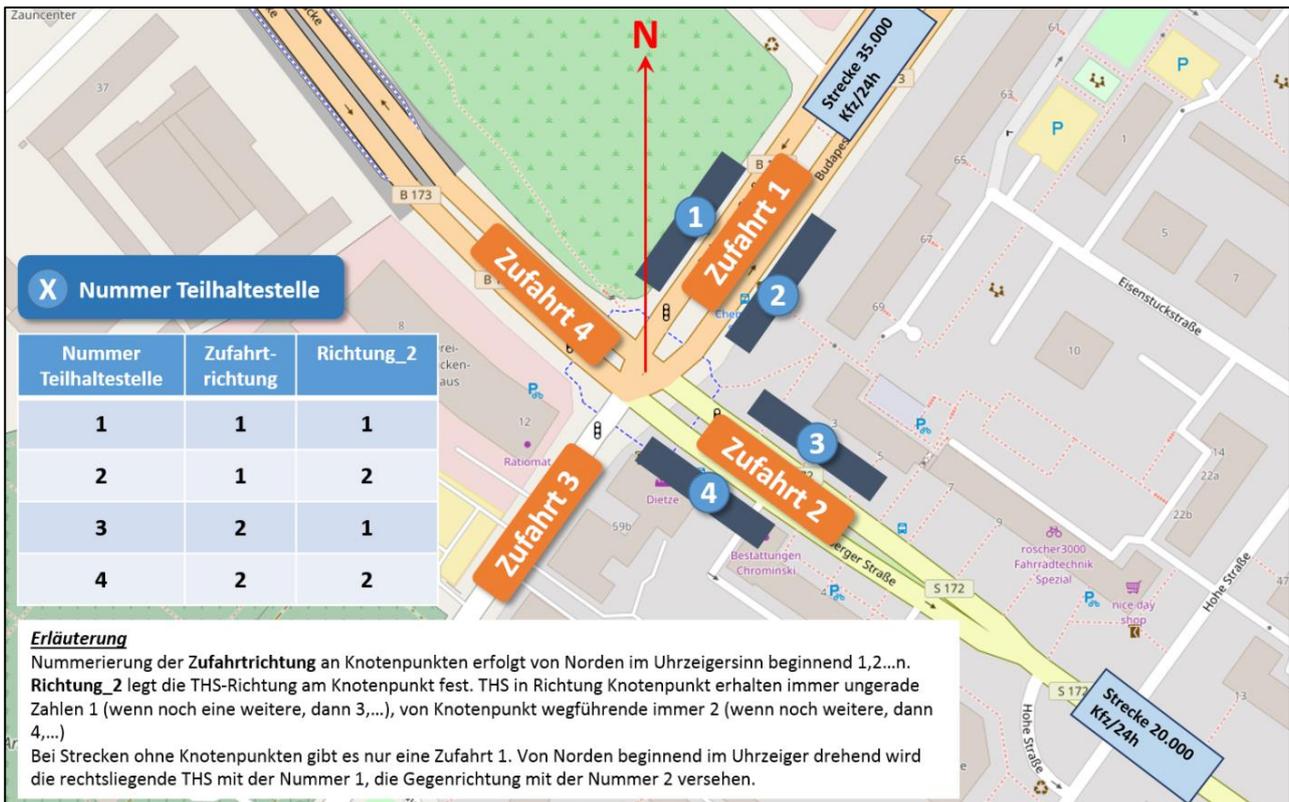


Abbildung 12: Kodierung der THS im Netz und an Knotenpunkten

Form

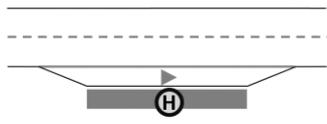
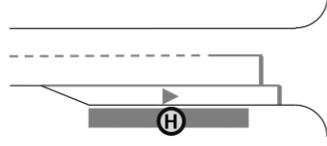
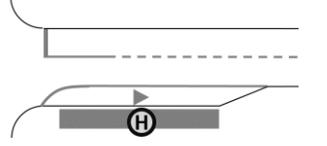
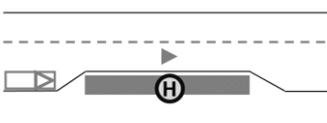
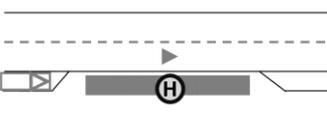
Die Klassifizierung der Haltestellenformen richtet sich nach Kapitel 2.1.2, Tabelle 1. Ist der Fahrgastwechsel an Haltestellen mit Führung des ÖPNV in Seitenlage und Wartebereich in Mittellage technisch gesichert, so wird dies Merkmal gesondert erfasst.

Haltestellen zählen auch dann zur der Form „Kap“ wenn der Bord baulich in einer Linie durchläuft und das Parken in baulich gestalteten Parkbuchten/-taschen erfolgt. Maßgebendes Kriterium der Haltestellenform „Kap“ bleibt die Verbreiterung des Seitenraums, ohne dass das ÖPNV-Fahrzeug nach rechts an den Fahrbahnrand verschwenken muss.

Busbuchten sind i. d. R. dadurch gekennzeichnet, dass sich der Seitenraum verengt und die ÖPNV-Fahrzeuge zur Bedienung der HS den Fahrstreifen verlassen. Im Bereich von Knotenpunkten besteht baulich die Möglichkeit, dass das ÖPNV-Fahrzeug, aus der Zufahrt kommend, in den Knoten direkt aus der Halteposition der Bucht einfährt, bzw. in der Knotenausfahrt direkt die Halteposition anfährt. In beiden Fällen ist die Bucht baulich nicht komplett ausgeprägt (Tabelle 13). Diese Gestaltungsformen werden von den Verkehrsbetrieben auch als Bustaschen bezeichnet. Da sich im Verkehrsablauf gegenüber den reinen Busbuchten nur marginale Unterschiede einstellen, werden Bustaschen unter der Form Busbucht mit berücksichtigt.

Es werden nur THS erhoben, die klassische HS im Netz darstellen und keine Sondermerkmale, wie Endhaltestellen, Sonderformen mit eigenem Fahrstreifen oder Fläche, o. ä. aufweisen.

Tabelle 13: Zuordnung baulicher Situationen zu den Grundformen Bucht und Kap

Form	Zugeordnete bauliche Situationen		
Bucht	 <p>Busbucht im Verlauf der Strecke ohne Knotenpunkt</p>	 <p>Busbucht (Tasche) vor einem Knotenpunkt (Zufahrt)</p>	 <p>Busbucht (Tasche) nach einem Knotenpunkt (Abfahrt)</p>
Kap	 <p>Kap mit echtem Vorsprung, Bord vor und nach dem Kap baulich zurückgesetzt</p>	 <p>Kap ohne echtem Vorsprung, Bord läuft baulich gerade, aber Anordnung Parken baulich in Parktaschen</p>	

Radverkehrsführung

Der Art der Radverkehrsführung an HS wird ein erhöhtes Einflusspotenzial für Konflikte zwischen dem Radverkehr und den Fußgängern/Fahrgästen bzw. den MIV attestiert. Bei der Führung des Radverkehrs wird grundsätzlich unterschieden, ob dieser auf der Fahrbahn oder im Seitenraum geführt wird. Bei Führungsformen auf der Fahrbahn wird nach den Arten Mischverkehr mit und ohne Schutzstreifen sowie Radfahrstreifen differenziert. Für die Führung im Seitenraum wird maßgebend, ob die Flächen getrennt oder gemeinsam mit Fußgängern ausgewiesen sind. Bei getrennter Flächennutzung spielt es eine Rolle, ob der Radweg vor bzw. hinter dem Wartebereich oder getrennt vom Wartebereich (z. B. Haltestelle in Mittellage) geführt wird. Demgemäß gibt es für die Führung im Seitenraum die Unterscheidung in:

- Radweg vor Wartebereich
- Radweg hinter Wartebereich
- Radweg getrennt vom Wartebereich
- Gemeinsamer Geh- und Radweg
- Gehweg „Radverkehr frei“

Querschnitt

Die Gestaltung des Straßenquerschnitts im unmittelbaren Bereich der THS wird über mehrere Attribute beschrieben. Es soll die Frage geklärt werden, inwiefern die Querschnittsgestaltung das Unfallgeschehen prägt – z. B. Erhöhung des Unfallrisikos für Laufeinsteiger oder Fahrgäste, die unmittelbar vor bzw. hinter dem ÖPNV-Fahrzeug nach dem Ausstieg die Straße queren möchten.

Zum einen erfolgt eine Aufnahme der Fahrstreifen für beide Fahrtrichtungen. Damit einher geht die Aufnahme, ob es sich um einen ein- oder zweibahnigen Abschnitt handelt. Die qualitative Unterscheidung ob ein Fahrstreifen überbreit ist oder nicht gibt Hinweise darüber, ob Kfz zum Vorbeifahren an am Fahrbahnrand haltenden ÖPNV-Fahrzeugen den Fahrstreifen der Gegenrichtung nutzen müssen oder nicht. Zum anderen werden das Vorhandensein und die Art von Querungshilfen – Fußgängerüberweg, Mittelinsel – erhoben. Liegt eine Sicherung der Querung durch eine Lichtsignalanlage vor, wird diese unter dem Aspekt der „technischen Sicherung der Fahrbahn“ erfasst.

Technische Sicherung

Dieser Aspekt beinhaltet die Dokumentation der Zu- und Abgänge der THS bezüglich ihrer Sicherungsart. Primär wird der Sicherungsbereich nach den Elementen Fahrbahn (MIV) und Gleisbereich (ÖV) unterschieden. Die technische Sicherung von HS kann ein- als auch zweiseitig erfolgen. An signalisierten Knotenpunkten ist die Sicherung der Haltestelle i. d. R. einseitig mit in die Signalisierung des Knotenpunkts eingebunden. Während die Querung von Kfz-Fahrbahnen für Fußgänger nach den RiLSA (2015) i. d. R. über eine ROT-GRÜN Signalisierung im Zuge der Signalisierung von Knotenpunkten oder eine eigene Fußgänger-LSA erfolgt, kommen für den Gleisbereich mehrere Varianten in Betracht. Aus rechtlicher Sicht eigenständig ist die Signalisierung mit gelben Blinklicht, da diese Variante, gegenüber dem „Halt-Gebot“ bei Signalbild ROT, nur einen vor Gefahren warnenden Charakter besitzt. Diesbezüglich wird für den Gleisbereich bei der Art der Signalisierung in die Varianten

- Springlicht (GELB Blinken)
- FG Signal (ROT-GRÜN oder ROT-DUNKEL Schaltung)

unterschieden. Somit ergeben sich verschiedene Varianten für die technische Sicherung aus der Anzahl und Art der Sicherungsformen an Knotenpunkten. Die signaltechnische Absicherung des Fahrgastwechsels durch dynamische Zeitinseln wird eigenständig über das Merkmal der Haltestellenformen erhoben.

Umfeld

Das nähere Haltestellenumfeld beeinflusst das Verkehrsaufkommen und die strukturelle Zusammensetzung der Fahrgäste, als auch die Nutzungsansprüche an den Verkehrsraum (AURICH, 2013). Allgemein ist in Bereichen mit hohem Geschäftsbesatz ein höherer Querungsbedarf durch Fußgänger zu erwarten, an HS mit Schulen im Umfeld ist von einem erhöhten Schülerverkehr auszugehen. Sowohl SCHÜLLER (2011) als auch AURICH (2013) ziehen eine klassifizierte Bewertung des Straßenumfelds (KLF-Umfeldfaktor) für ihre Untersuchungen von Geschwindigkeitsverhalten auf Stadtstraßen bzw. der Prognose des Unfallgeschehens auf selbigen heran. Während SCHÜLLER (2011) aus einer geringeren Umfeldnutzung den Nachweis höherer gefahrener Geschwindigkeiten des MIV führt, stellt AURICH (2013) fest, dass der Faktor mit dem Fußgängerlängsverkehrsaufkommen korreliert, Zusammenhänge zum Fußgängerquer- und Radlängsverkehr aber nicht vorliegen. Aus den Korrelationsanalysen zu soziodemografischen und wirtschaftlichen Umfeldgrößen kommt AURICH (2013) zu dem Schluss, dass die Betrachtung von Umfeldgrößen in einem Bereich von 200 m am geeignetsten erscheinen, Einflüsse auf das Unfallgeschehen eines Netzabschnitts zu beschreiben. In Anlehnung an diese Feststellung wird der THS-nahe Seitenraum (Kantenlänge Straße 100 m vom Haltestellenmittelpunkt wie folgt getrennt für beide Fahrbahnseiten aufgenommen und unterschieden:

- W = Wohnnutzung
- EH = Geschäftsnutzung
- WEH = Mischnutzung aus Wohn- und Geschäftsnutzung
- GB = sonstige gewerbliche Nutzung
- FR = Grün- und Freifläche

Maßgebend ist der visuell prägende Eindruck.

In einen Umkreis von 200 m zum THS-Mittelpunkt erfolgt darüber hinaus die Aufnahme potentieller verkehrserzeugender Einrichtungen, welche wie folgt differenziert werden:

- Bildung (Kindergärten, Schulen, Universtitäten, Berufsschulzentren)
- Gewerbe/Kultur (größere Einkaufszentren, Sehenswürdigkeiten, Theater, Oper)
- Verkehr (U-Bahn, S-Bahn, Fernbahn-Stationen)
- Andere (Krankenhaus, größere behördliche Einrichtungen)

Ist keine verkehrserzeugende Einrichtung in einen Umkreis von 200 m zum THS-Mittelpunkt vorhanden wird das Merkmal mit „keine“ kodiert.

Verkehrsaufkommen

Die Angaben zum Verkehrsaufkommen des MIV, ÖPNV und die Fahrgastzahlen stellen einzelne oder in Kombination mögliche Größen zur aufkommensabhängigen Beschreibung der Verkehrssicherheit an HS dar.

Das Verkehrsaufkommen des MIV wird aus den Verkehrsmengenkarten/-listen der Städte für jede THS übertragen. Aufgrund der abweichenden Erfassung in den untersuchten Städten wird der DTV des Querschnitts berücksichtigt, in dem die THS liegt – in Kfz/24h, aggregiert für beide Fahrtrichtungen. Da in den Städten keine flächendeckende Erhebung der Verkehrsmengen zu einem Zeitpunkt erfolgt, variieren die angegebenen Verkehrsmengen bezüglich des Erhebungsraums erheblich. Somit schwankt der Erhebungszeitraum zwischen den Jahren 2005 bis 2015.

Angaben zum Aufkommen des Fuß- und Radverkehrs liegen für keine der betrachteten Städte flächendeckend vor. Eine Berücksichtigung ist daher nicht möglich.

Die von den Verkehrsbetrieben übermittelten Daten zum Fahrgastaufkommen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Art und Umfangs deutlich voneinander. Als kleinster gemeinsamer Nenner aller Städte wird das mittlere Fahrgastaufkommen der Haltestellen, als Summe der Ein- und Aussteiger je Tag, erfasst.

Das Verkehrsaufkommen des ÖPNV wird aus der Taktfrequenz der Fahrzeughalte zur Hauptverkehrszeit THS-fein aus den aktuellen Fahrplänen bestimmt. Bedienen bspw. zwei Linien eine THS jeweils in einem Zehn-Minuten-Takt, so ergibt sich eine Taktfrequenz von 12 Halten je Stunde. Die Betrachtung des Taktes der Hauptverkehrszeit wird als maßgebend angesehen, da in diesen Zeiten der Großteil des Fahrgastaufkommens abgewickelt wird und für Nebenzeiten deutlich differente Taktzeiten vorliegen, die eine aggregierte Betrachtung aller Halte pro Tag als nicht zielführend erscheinen lassen.

Umsteigebeziehung

Nicht nur Quellen und Ziele in der Nähe der HS stehen in Zusammenhang mit dem Fahrgastaufkommen, auch Umsteigepunkte im Netz des ÖPNV generieren Fahrgastaufkommen und damit Wegebeziehungen zwischen den THS eines Umsteigepunkts. Da Anzahlen über Umsteiger an Haltestellen nicht flächendeckend vorliegen, werden nachfolgend beschriebene Attribute verwendet.

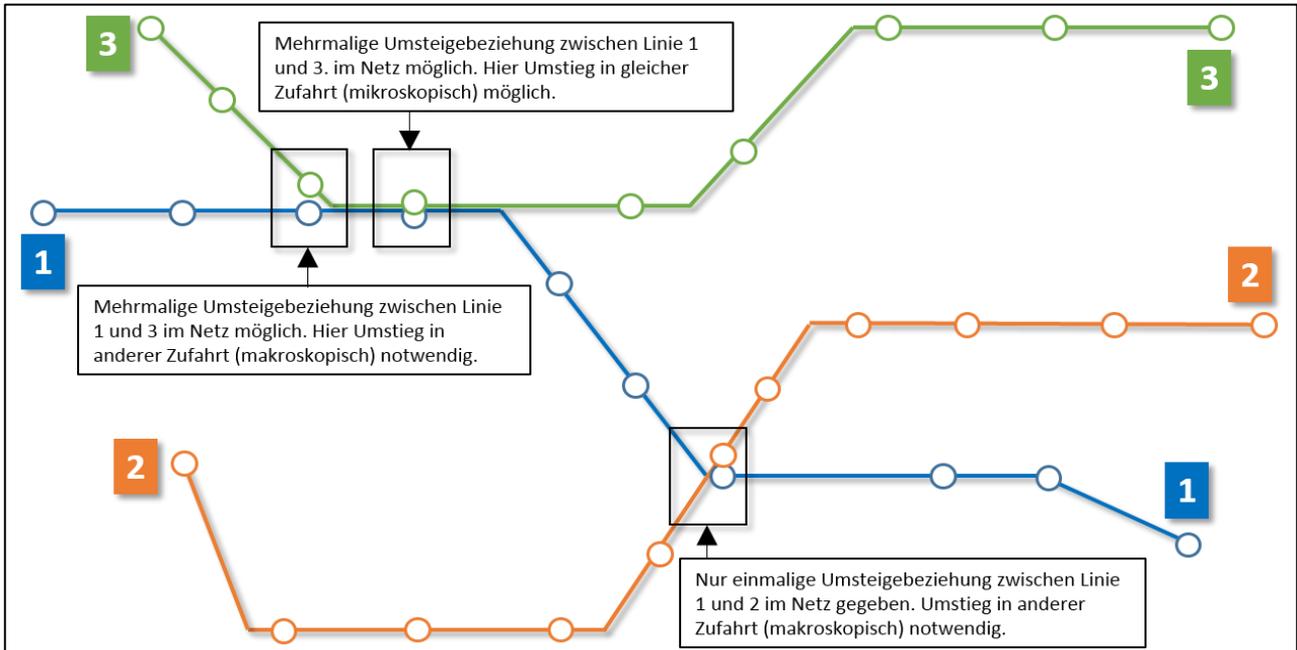


Abbildung 13: Beschreibung der Umsteigebeziehungen im Liniennetz bei der Erfassung

Bezüglich der Erfassung mikroskopischer Umsteigebeziehungen (gleiche Zufahrt zum Knotenpunkt), erfolgte die Klassifizierung der THS dahingehend, ob andere Verkehrsmittel – d. h. Straßenbahn oder Bus – richtungsbezogen an derselben Teilhaltestelle halten oder aber eine andere Teilhaltestelle bedienen. Als makroskopische Umsteigebeziehungen gelten diejenigen, die zum Umstieg in eine andere Linie eine Ortsveränderung in eine andere Zufahrt notwendig werden lassen. In diesem Falle wird darüber hinaus erfasst, ob diese Linien zeitweilig zusammen geführt werden und/oder sich mehr- oder nur einmalig im Netz kreuzen. Hierbei ist davon auszugehen, dass dieser einzige Verknüpfungspunkt zweier Linien im Netz i. d. R. eine höhere Anzahl von Umsteigern generiert. Abbildung 13 stellt den beschriebenen Sachverhalt grafisch dar.

Datenplausibilisierung

Unter Beachtung der oben aufgeführten Bedingungen wurden in den sechs Städten THS erhoben und die Merkmale in einer Datenbank dokumentiert. In der mehrteiligen Aufnahme wird in einem ersten Schritt anhand der Liniennetzpläne geprüft, für welche HS prioritäre Informationen zum Verkehrsaufkommen des DTV, Taktzeiten und Fahrgastzahlen vorlagen. Für die Auswahl geeigneter THS erfolgt mit dem nächsten Schritt die Zuordnung dieser Informationen und die Aufnahme weiterer Daten aus OSM-Datenbanken, Liniennetz-/Fahrplänen und Luftbildern. Dazu zählen die Lage und Form der THS, die Querschnittsgestaltung hinsichtlich Fahrstreifenanzahl, soweit erkennbar Radverkehrsführung, Angaben zu Umsteigebeziehungen und mögliche verkehrserzeugenden Einrichtungen.

In einem letzten Schritt erfolgt eine örtliche Begehung der THS im Netz. Im Rahmen dieser Begehung werden Merkmale zur (wenn vorhanden) technischen Sicherung erhoben, die

bauliche und verkehrsrechtliche Führung des Radverkehrs überprüft und die Art der Umfeldnutzung erfasst. Weiterhin wird jede THS mit einem Bild (in Fahrtrichtung) dokumentiert. Liegen zu den bereits erhobenen Daten Abweichungen vor, werden diese aktualisiert. Kann aufgrund von Baumaßnahmen oder anderen Einschränkungen keine Aufnahme der THS erfolgen, oder fehlen relevante Daten, werden diese THS für die weiteren Betrachtungen relegiert.

Untersuchungskollektiv

Im Ergebnis wurden vollständige Daten für 1.900 Teilhaltestellen erhoben. Die Verteilung über die Untersuchungsstädte und die an den Teilhaltestellen verkehrenden Verkehrsmittel zeigt Tabelle 14.

Tabelle 14: Anzahl Teilhaltestellen nach Untersuchungsstadt und Verkehrsmittel

Stadt	Anzahl Teilhaltestellen	Teihaltestellen Bus	Teihaltestellen Straßenbahn	Teihaltestellen beide VM
Berlin	432	172	246	14
Dortmund	273	183	89	1
Dresden	583	328	201	54
Frankfurt M.	122	46	58	18
Karlsruhe	183	103	64	16
Leipzig	307	88	193	26
Summe	1.900	937	852	133

4.2.2 Räumliche Verknüpfung der Teilhaltestellen zu Haltestellenkomplexen

Vor der räumlichen Zuordnung des Unfallgeschehens (siehe Kapitel 4.1.3) zu den Haltestellenbereichen muss die räumliche Abgrenzung und Verknüpfung der THS erfolgen. Dazu werden in der Basisanalyse ermittelten Pufferlängen für Haltestellen- und Annäherungsbereiche verwendet (siehe Tabelle 9 in Kapitel 3.2.3). Abweichend zu den in Tabelle 9 angegebenen Pufferlängen werden an Straßenbahnhaltestellen mit zwei hintereinanderliegende Haltepositionen Pufferlängen von 110 m und bei drei hintereinanderliegende Haltepositionen Pufferlängen von 150 m verwendet.

Durch die Erstellung der Haltestellenpuffer entstehen, die für die räumliche Zuordnung der Unfälle verwendeten Haltestellenkomplexe (HSK), wobei sich drei unterschiedliche Varianten ergeben:

Fall a) Isolierte THS: Die Erstellung des Puffers um eine THS kann unabhängig von den Puffern um andere THS erfolgen (keine gegenüberliegende oder überlappende THS); in diesem Fall umfasst der HSK genau eine THS (siehe östliche Zufahrt in Abbildung 14).

Fall b) Gegenüberliegende THS: Bei der Erstellung des Puffers um eine THS wird die gegenüberliegende THS komplett mit eingeschlossen; in diesem Fall umfasst der HSK mindestens zwei THS (siehe nördliche Zufahrt in Abbildung 14 und Abbildung 15).

Fall c) Überlappende THS: Bei der Erstellung des Puffers um eine THS ergibt sich eine Überlappung mit dem Puffer einer anderen THS. Die Puffer werden zusammengefasst und es entsteht ein HSK mit mindestens zwei THS. Durch die Überlappung ergeben sich Pufferlängen, welche von den Standardlängen abweichen – siehe östliche Zufahrt in Abbildung 15.

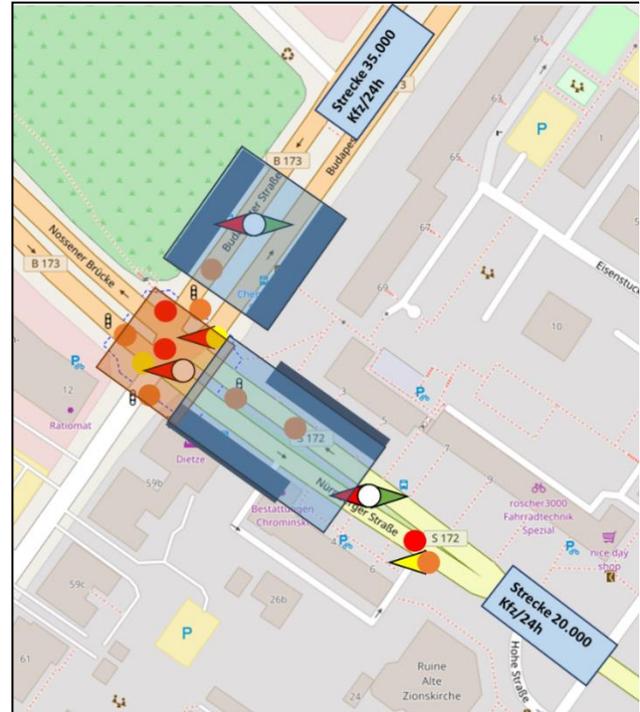
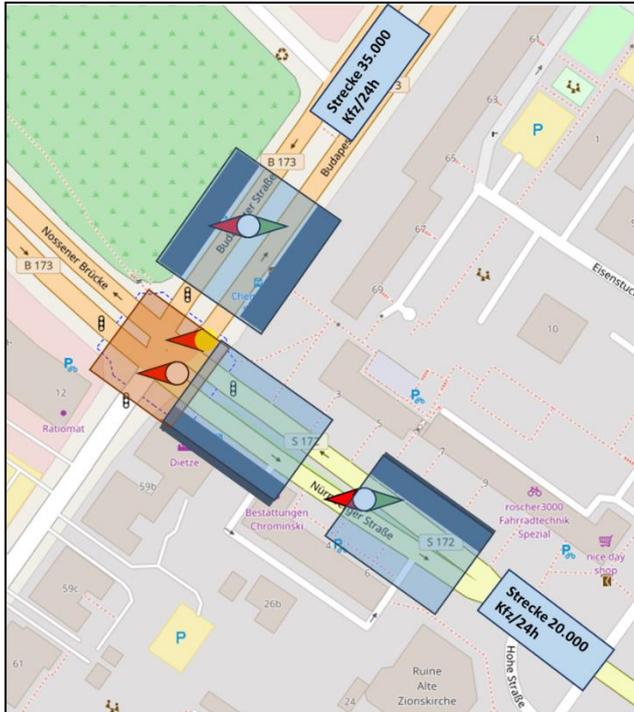


Abbildung 14: Räumliche Abgrenzung und Verknüpfung der Teilhaltestellen zu Haltestellenkomplexen – Fall a) und b)

Abbildung 15: Räumliche Abgrenzung und Verknüpfung der Teilhaltestellen zu Haltestellenkomplexen – Fall b) und c)

Das Ergebnis der räumlichen Abgrenzung und Verknüpfung der THS führt zu insgesamt 1182 HSK, die sich gemäß Tabelle 15 auf HSK mit ein, zwei, drei oder vier THS in den einzelnen Untersuchungsstädten verteilen. Es zeigt sich, dass über 90 % der THS in HSK mit einer oder zwei Teilhaltestellen liegen. Knapp 10 % der THS liegen in HSK mit drei oder vier THS. Vor dem Hintergrund der geringen Anzahl an HSK mit mehr als zwei THS und den vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten der aufgenommenen THS-Merkmale (z. B. vier unterschiedliche Haltestellenformen in einem HSK mit vier THS) ist eine valide und verallgemeinerbare Auswertung der HSK mit drei oder vier THS nicht möglich. Für die Sicherheitsanalysen der Haltestellenkomplex wird sich daher auf die 1129 HSK mit einer oder zwei THS beschränkt.

Tabelle 15: Haltestellenkomplex (HSK) nach Anzahl der Teilhaltestellen (THS) und Untersuchungsstadt

Stadt	HSK mit einer THS	HSK mit zwei THS	HSK mit drei THS	HSK mit vier THS
Berlin	124	108	12	14
Dortmund	67	100	2	0
Dresden	192	186	1	4
Frankfurt M.	32	31	4	4
Karlsruhe	30	72	3	0
Leipzig	101	86	2	7
Summe	546	583	24	29

4.2.3 Räumliche Zuordnung der Unfalldaten zu Haltestellenkomplexen

Mittels GIS erfolgt die räumliche Zuordnung der geocodierten Unfalldaten zu den HSK. Dabei wurden nach drei für die Haltestellen relevante Bereiche unterschieden:

- Unfälle im unmittelbaren Haltestellenkomplex,
- Unfälle die sowohl im Haltestellenkomplex als auch im Bereich eines Verkehrsstraßenknotenpunktes und
- Unfälle die im Annäherungsbereich liegen (Abbildung 16 und Abbildung 17).

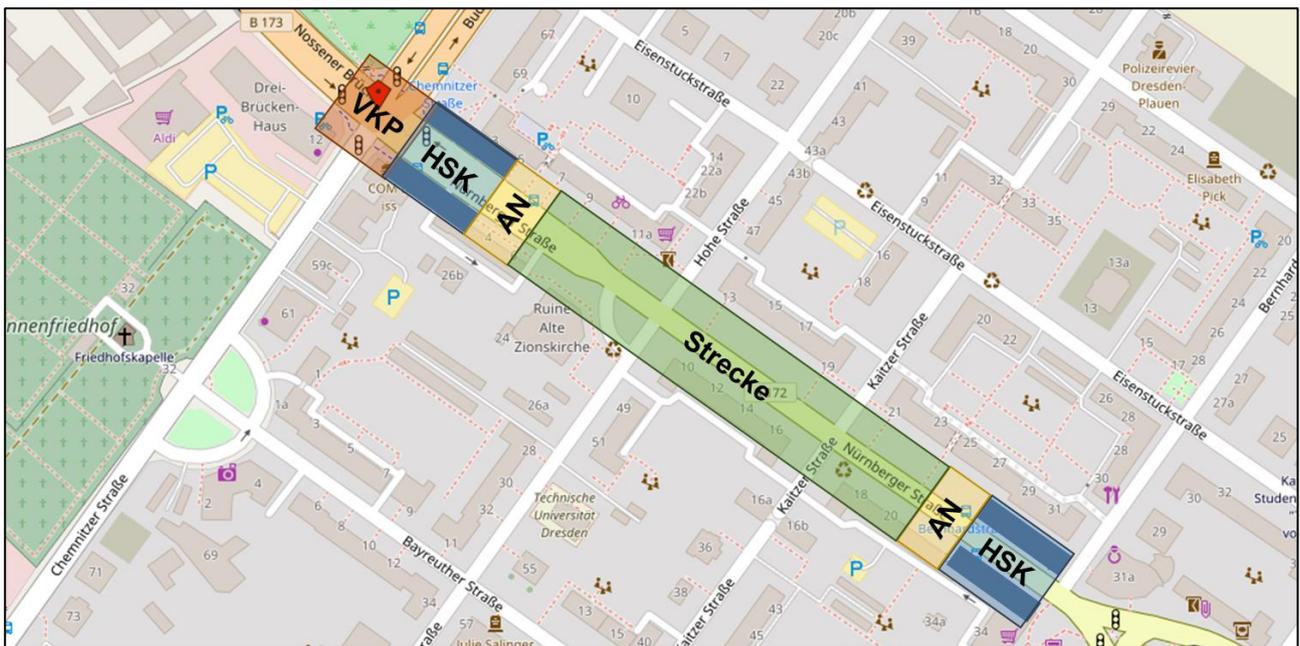


Abbildung 16: Räumliche Abgrenzung von HSK, Verkehrsstraßenknotenpunkten (VKP), Annäherungsbereichen (AN) und freie Strecke

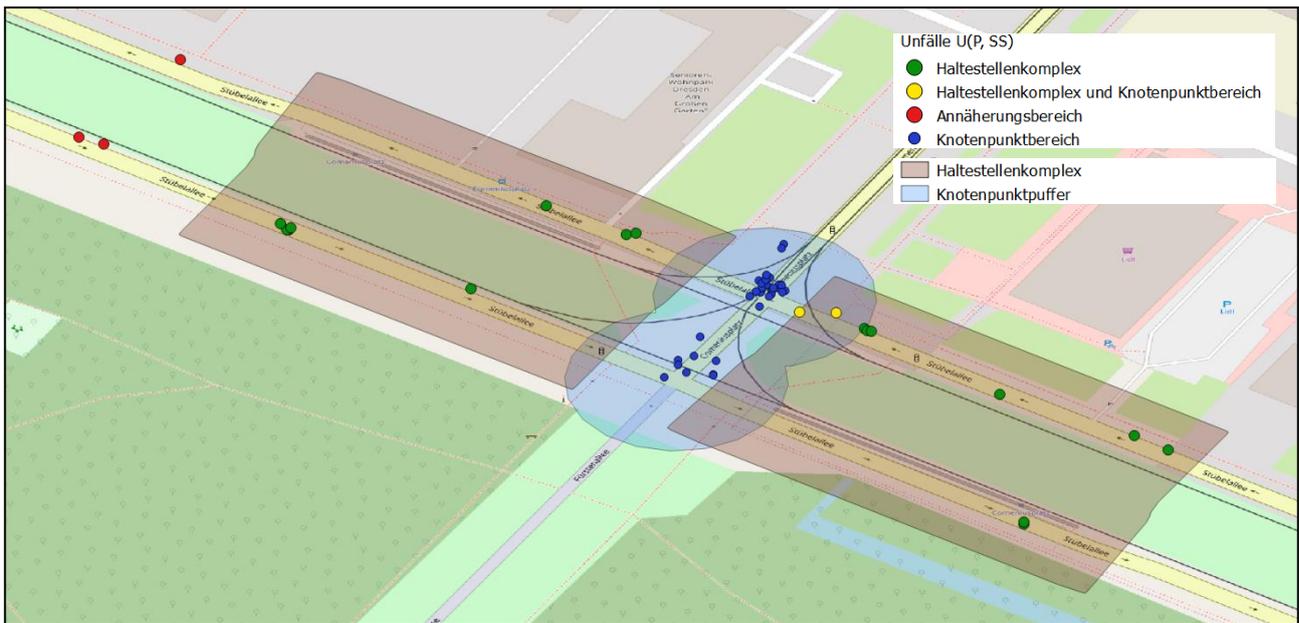


Abbildung 17: Zuordnung der Unfälle mit Personenschaden zu Haltestellenkomplex, Knotenpunkt- und Annäherungsbereich im GIS

Unfälle, die sich im Bereich des Verkehrsstraßenknotenpunktes ereigneten haben, wurden nicht berücksichtigt. Zudem gibt es bei Haltestellenkomplexen an Verkehrsstraßenknotenpunkten nur auf der vom Knotenpunkt abgewandten Seite einen Annäherungsbereich.

Die Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über die Unfalltypen für die verschiedenen Bereiche (Abbildung 18) zeigt, dass in den Haltestellenkomplexen der Anteil der Überschreiten-Unfälle im Vergleich zu den anderen Bereichen am höchsten ist. Das Unfallgeschehen, der Unfälle die im Haltestellenkomplex und im Knotenpunktbereich verortet sind, weist einen höheren Anteil knotenpunkttypischer Unfälle (Abbiege-Unfälle und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle) als das Unfallgeschehen im Haltestellenkomplex und im Annäherungsbereich. Auffällig ist, dass das Unfallgeschehen in den Annäherungsbereichen der Haltestellen ebenfalls stark durch knotenpunkttypische Unfälle beeinflusst wird. Die Verteilung der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden (Unfallkategorien 1 bis 4) über die Unfalltypen für die verschiedenen Bereiche zeigen nahezu identische Verteilungen – siehe Anhang 1.

Da die knotenpunkttypischen Unfälle in der Regel nicht mit den Haltestellen in Zusammenhang stehen und die Ergebnisinterpretation erschweren, werden in den nachfolgenden Analyseschritten die Abbiege- und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle sowie die Unfälle im ruhenden Verkehr von der Betrachtung ausgeschlossen. Die Verteilung der Unfälle der relevanten Unfalltypen in den Haltestellenkomplexen sowie den Haltestellenkomplexen und Knotenpunktbereichen stimmen vergleichsweise gut überein (Abbildung 19), was für eine Zusammenfassung der beiden Kollektive spricht.

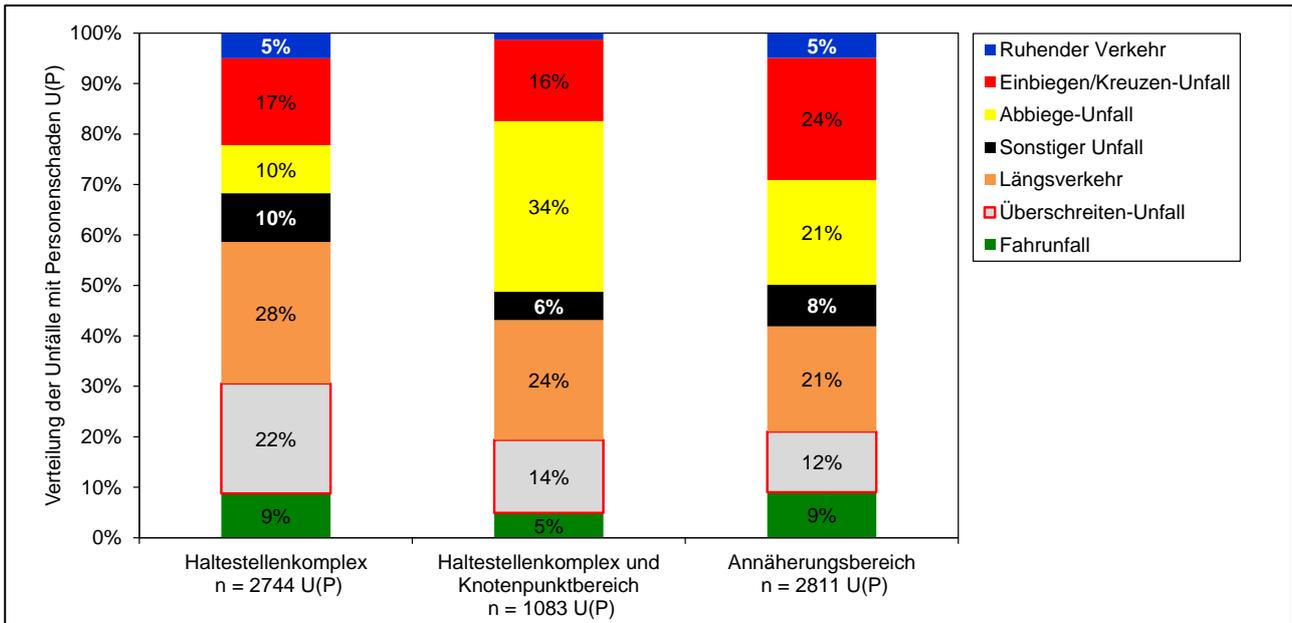


Abbildung 18: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über alle Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich

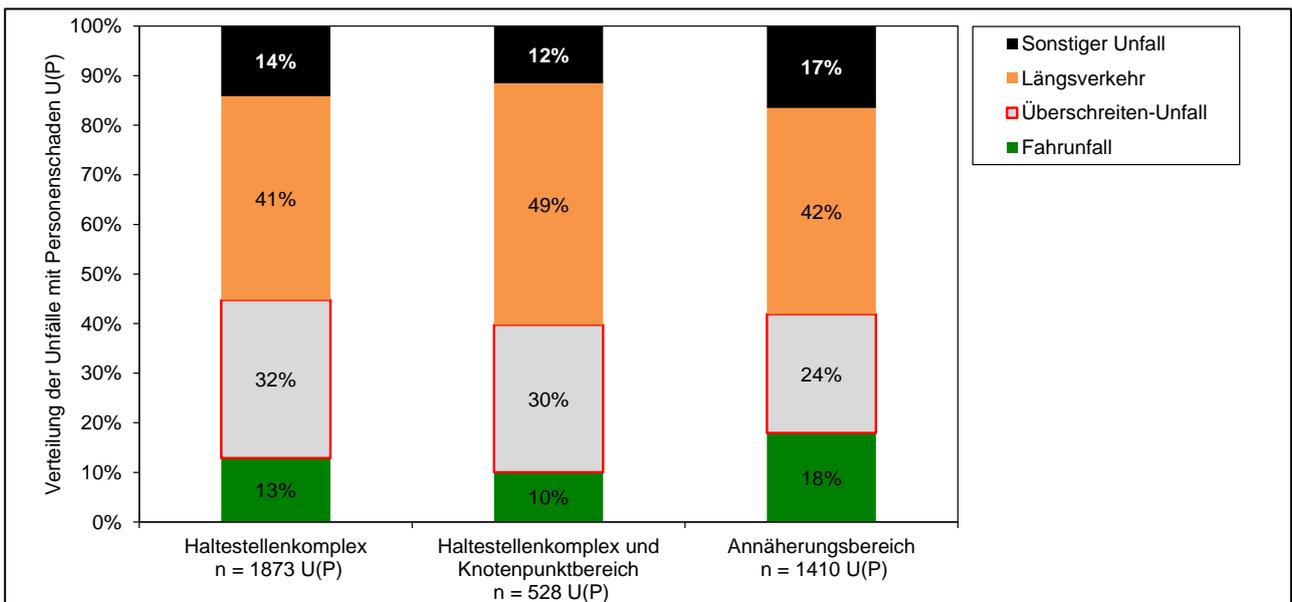


Abbildung 19: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über die relevanten Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich

Der etwas höhere Anteil an Längsverkehrsunfällen im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich, ist vermutlich durch Auffahrunfälle unmittelbar vor den Verkehrsknotenpunkten, welche in vielen Fällen mit Lichtsignalanlagen ausgestattet sind, zu erklären. In den Annäherungsbereichen der Haltestellen sind die Anteile der Fahrunfälle und der sonstigen Unfälle etwas höher und dafür der Anteil der Überschreiten-Unfälle am geringsten, was u. a. durch einen geringeren Haltestelleneinfluss auf das Unfallgeschehen erklärt werden kann. Die Verteilung der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden über die relevanten Unfalltypen für die verschiedenen Bereiche zeigen nahezu identische Verteilungen (Anhang 1).

Die Gegenüberstellung der Art der Verkehrsbeteiligung der Unfallverursacher (Beteiligter 1) und Unfallbeteiligten (Beteiligter 2) in Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigt für alle betrachteten Bereiche, dass Fußgänger und Radfahrer häufiger Unfallverursacher als Unfallbeteiligte und ÖV-Fahrzeuge sowie der MIV häufiger Unfallbeteiligte als Unfallverursacher sind. Bei Betrachtung der Unfallverursacher sind kaum Unterschiede zwischen den verschiedenen Bereichen zu erkennen, wo hingegen bei Betrachtung der Unfallbeteiligten für Unfälle im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich einen geringeren Anteil an Fußgängern und Radfahrern aufweist als die anderen Bereiche. Zieht man zum Vergleich des Einflusses der Art der Verkehrsbeteiligung die Unfälle auf allen Elementen des innerörtlichen Straßennetzes heran (ohne Unfalltypen 2, 3 und 5), so ist für Fußgänger ein geringerer Hauptverursacheranteil, welcher sich zum MIV hin verschiebt, festzustellen. Eine vergleichbare Betrachtung für die Beteiligten an Unfällen zeigt einen 5 % niedrigeren Anteil an Unfällen mit ÖV-Beteiligung, dafür steigt der Anteil der MIV-Beteiligung.

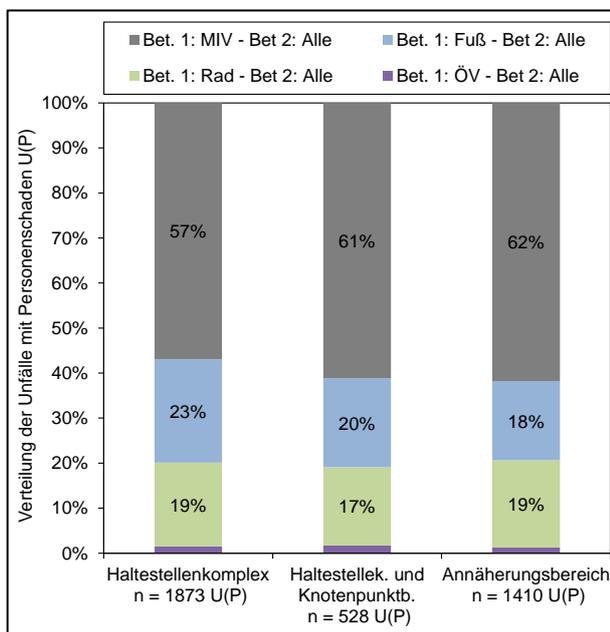


Abbildung 20: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden nach Hauptverursacherart (Bet. 1)

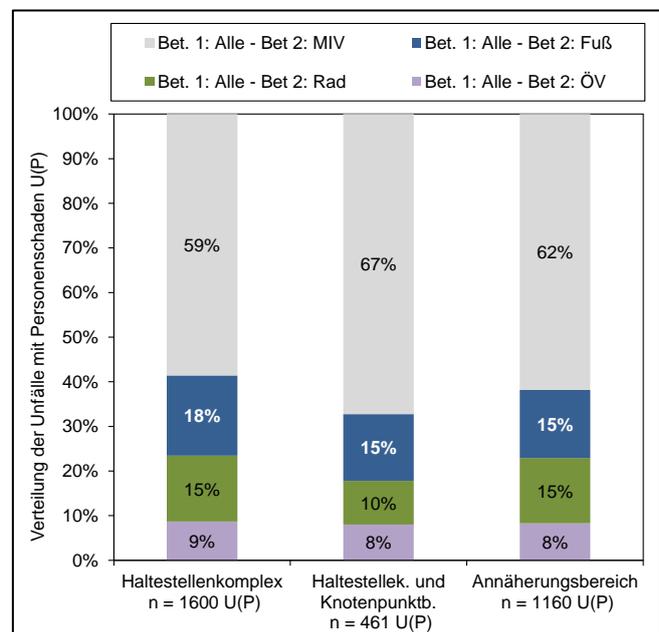


Abbildung 21: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden über Beteiligterart (Bet. 2)

Auf Basis der dargestellten Ergebnisse werden folgende Festlegungen für die deskriptive Analyse der Verkehrssicherheit von Haltestellen getroffen:

- Es werden nur die in Tabelle 12 (Kapitel 4.1.3) definierten Unfallkollektive berücksichtigt.
- Es werden alle Unfälle (der relevanten Unfalltypen) in den Haltestellenkomplexen berücksichtigt (d. h. die Kollektive „Haltestellenkomplex“ sowie „Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich“ werden zusammengefasst).
- Die Annäherungsbereiche der Haltestellenkomplex werden nicht weiter analysiert, da zum einen das Unfallgeschehen im Annäherungsbereich vom haltestellentypischen Unfallgeschehen abweicht (siehe Abbildung 19) und eine systematische Abgrenzung der Einflussbereiche, aufgrund benachbarter Knotenpunkte und Haltestellenkomplexe nicht sinnvoll möglich ist.

4.2.4 Kenngrößen der Verkehrssicherheit

Zur Beschreibung der Verkehrssicherheit von Netzelementen liegen verschiedene Möglichkeiten und Kenngrößen vor, die sich in der Regel auf das historische Unfallgeschehen in einem abgegrenzten Zeitraum beziehen (Vergleiche Kapitel 4.1.3). Die Unfallzahlen stellen dabei die Basiswerte dar. Die Analyse und der Vergleich verschiedener Unfallmerkmale, wie Unfalltyp, Unfallkategorie oder weiterer Unfallumstände, erlaubt eine Bewertung der Unfallstruktur anhand von Anteils- bzw. Verhältniswerten.

Zur Quantifizierung der Unfallschwere bezüglich volkswirtschaftlicher Verluste werden Unfallkostensätze (KS_U) verwendet. Die Unfallkostensätze setzen sich je nach Unfallkategorie aus verschiedenen Positionen zusammen. Dazu zählen z. B. der Ressourcenausfall durch die (temporäre) Erwerbsunfähigkeit einer Person, indirekte Reproduktionskosten durch den Einsatz von Polizei und Justiz oder direkte Reproduktionskosten durch Kosten bei der medizinischen Pflege (LERNER et al. 2012). In einem mehrjährigen Turnus werden die pauschalen Unfallkostensätze – entsprechen dem gesamtdeutschen Durchschnitt – für verschiedene Unfallkategorien und Ortslagen durch die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht. Die den Berechnungen der Kostenbasierten Kenngrößen für das Unfallgeschehen an den Haltestellen erfolgt mit Hilfe der Unfallkostensätze für Innerortsstraßen (Gesamt) von 2009, welche differenziert nach (aggregierten) Unfallkategorien in Tabelle 16 angegeben sind.

Tabelle 16: Beschreibung der Unfallkategorien und entsprechende pauschale Unfallkostensätze für Innerortsstraßen (Gesamt), Preisstand 2009 nach FGSV (2012)

Schwerste Unfallfolge	Unfallkategorie	Bezeichnung/Aggregation Kostensatz KS_U			
		U(GT)	U(SV)	U(LV)	U(SS)
Unfall mit Getöteten	1	U(GT)	162.000 €/U	U(P)	41.500 €/U
Unfall mit Schwerverletzten	2	U(SV)			
Unfall mit Leichtverletzten	3	U(LV)			
Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden (mindestens ein Fahrzeug nicht mehr fahrbereit)	4	U(SS)	15.100 €/U		

Indem man die Kenngrößen wie Unfallanzahl je Zeitraum zu weiteren Größen in Relation setzt, erhält man die Möglichkeiten die Verkehrssicherheit mit Verhältniswerten zu beschreiben. Als maßgebende Größen haben sich hier Unfall-(kosten-)dichte und Unfall-(kosten-)rate etabliert.

Die Unfalldichte (UD) beschreibt die Unfallanzahl für einen Zeitbereich je Netzabschnitt. Kleinere Netzelemente, wie z. B. Knotenpunkte werden in ihrer Länge dimensionslos (Länge $L = 1$ km) zur besseren Vergleichbarkeit verschiedener Elemente berücksichtigt (Gleichung 1). Die Unfallkostendichte entsteht aus der Multiplikation der Unfallanzahl mit den entsprechenden Kostensätzen.

$$UD = \frac{U}{L \cdot t}$$

Gleichung 1

mit:

UD Unfalldichte [$U/(km \cdot a)$]

U Anzahl Unfälle

L	Länge [km]
t	Betrachtungszeitraum [a]

Der Vergleich von Unfalldichten vernachlässigt die Berücksichtigung der Fahrleistung. Dies stellt dahingehend eine Einschränkung dar, dass sich Verkehrsanlagen mit deutlich unterschiedlichen Verkehrsaufkommen nicht unmittelbar miteinander vergleichen lassen, da in der Regel mit dem Anstieg der Fahrleistung/Verkehrsaufkommen auch ein Anstieg der Unfallanzahl einhergeht. Mit der Bewertung von Unfallraten wird diese Einschränkung aufgehoben. Dies gilt nur verallgemeinernd da bekannt ist, dass das Unfallgeschehen mit zunehmender Verkehrsstärke in der Regel nicht linear sondern unterproportional zunimmt (SCHÜLLER 2010, AURICH 2014). Unfallraten (UR) stellen ein fahrleistungsbezogenes Risiko (Exposition) für das Auftreten von Unfällen dar. Unfallraten werden häufig getrennt für Unfälle mit Personenschaden und Unfälle mit Sachschaden angegeben (Gleichung 2). Dies ermöglicht eine differenzierte Bewertung der Verkehrssicherheit die Unfälle je nach Schwere häufig unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten folgen. Eine unmittelbare Betrachtung des schwerebezogenen Unfallrisikos ermöglicht die Unfallkostenrate (UKR) gemäß Gleichung 3.

$$UR = \frac{U \cdot 10^6}{L \cdot t \cdot DTV \cdot 365} \quad \text{Gleichung 2}$$

mit:

UR	Unfallrate [U/(10 ⁶ ·Kfz·km)]
U	Anzahl Unfälle
L	Länge [km]
t	Betrachtungszeitraum [a]
DTV	Durchschnittlicher Täglicher Verkehr [Kfz/24h]

$$UKR = \frac{UK \cdot 10^3}{L \cdot t \cdot DTV \cdot 365} \quad \text{Gleichung 3}$$

mit:

UKR	Unfallrate [€/(10 ³ ·Kfz·km)]
UK	Unfallkosten [€]
L	Länge [km]
t	Betrachtungszeitraum [a]
DTV	Durchschnittlicher Täglicher Verkehr [Kfz/24h]

Den nachfolgenden Analysen zur Verkehrssicherheit von Haltestellen erfolgen auf Basis von Unfallkostenraten, da so die Einflüsse abweichender Unfallschwere sowie deutlich unterschiedlichen Verkehrsaufkommen unmittelbar berücksichtigt werden und somit die Ergebnisse für die betrachteten Untersuchungskollektive direkt vergleichbar sind.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Vorüberlegung

Grundsätzlich ist für eine valide Sicherheitsbewertung der verschiedenen Haltestellenformen und Einflussgrößen ein möglichst großes Untersuchungskollektiv notwendig. Dabei ist ein Kompromiss zwischen der Unterscheidung von HS mit systematisch unterschiedlicher Charakteristika (z. B. Verdacht auf unterschiedliches Wegeverhalten und Konfliktpotenzial bei einfachen und komplexen Umsteigehaltestellen) und gleichzeitig möglichst umfangreichen Teilstichproben für die Analyse der Einflussmerkmale anzustreben. Für das vorliegende Untersuchungskollektiv sind vor diesem Hintergrund zwei Fragestellungen zu beantworten:

1. Gibt es systematische Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen HSK mit einer oder zwei THS?
2. Gibt es systematische Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen HSK mit und ohne Anschlussknotenpunkt, d. h. wie stark ist der Einfluss des Unfallgeschehens an Anschlussknotenpunkten bei Betrachtung der relevanten Unfalltypen?

Zur Beantwortung dieser Fragestellung werden Unfallkostenraten (UKR) sowie deren Verteilung nach Unfalltypen herangezogen.

Die Betrachtung der $UKR_{U(P,SS)}$ für HSK mit einer bzw. zwei THS ergibt für die relevanten Unfalltypen (Fahrerunfall, Überschreiten-Unfall, Unfall im Längsverkehr und sonstiger Unfall) für HSK mit zwei THS [$UKR_{U(P,SS)} = 43 \text{ €}/(1000\text{-Kfz}\cdot\text{km})$] in Summe einen um $7 \text{ €}/(1000\text{-Kfz}\cdot\text{km})$ höheren Wert als für HSK mit einer THS [$UKR_{U(P,SS)} = 36 \text{ €}/(1000\text{-Kfz}\cdot\text{km})$] – siehe Abbildung 22. Maßgebend für diesen Unterschied ist die höhere $UKR_{U(P,SS)}$ der Überschreiten-Unfälle bei HSK mit zwei THS. Für die übrigen relevanten Unfalltypen ergeben sich nur geringe Unterschiede. Eine getrennte Auswertung der HSK mit einer bzw. zwei THS würde zu einer Aufteilung des Gesamtkollektivs in zwei nahezu gleichgroße Teilkollektive führen. Dadurch würden sich schnell sehr geringe Fallzahlen bei den nach Haltestellenform differenzierten Auswertungen ergeben. Daher werden trotz der Unterschiede die HSK mit einer und zwei THS gemeinsam ausgewertet, wobei jeweils der Einfluss der Anzahl der THS geprüft wird. Treten nennenswerte Unterschiede z. B. im Ausmaß der Überschreiten-Unfällen auf, wird dies bei der Ergebnisinterpretation berücksichtigt.

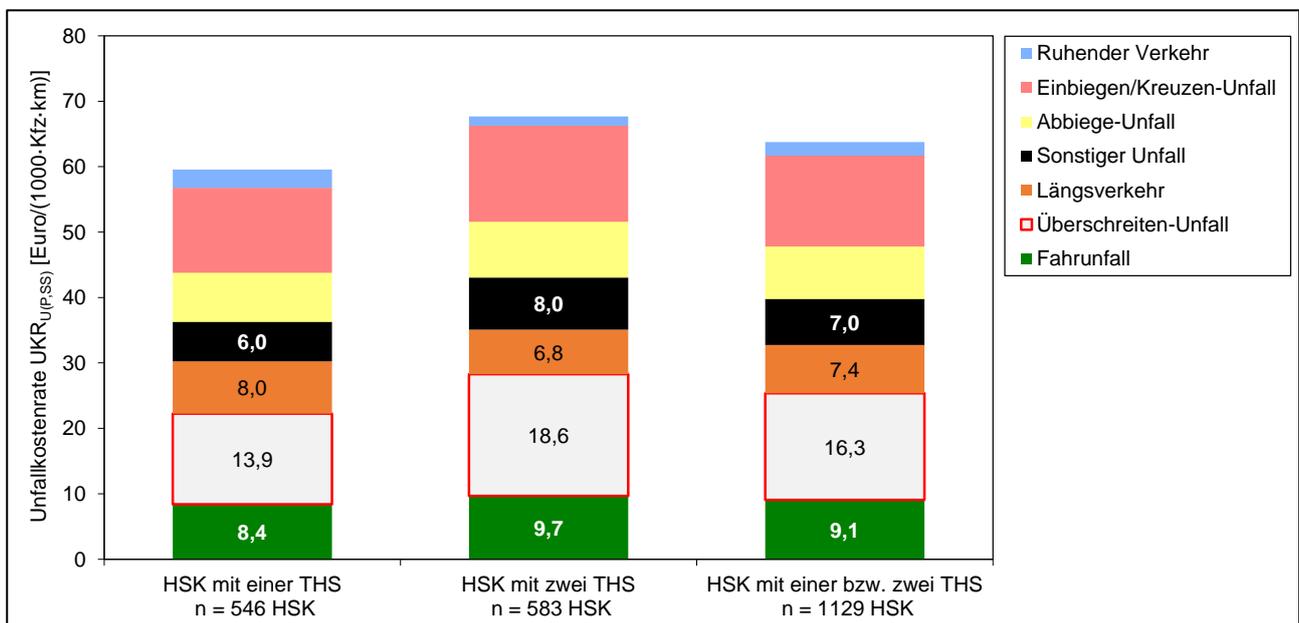


Abbildung 22: Unfallkostenraten nach Unfalltypen und Haltestellenkomplex mit einer oder zwei THS

Für HSK mit und ohne Anschlussknotenpunkt ergeben sich für die relevanten Unfalltypen in Summe deutlichere Unterschiede in den Unfallkostenraten als für die HSK mit einer oder zwei THS – $\Delta UKR_{U(P,SS)} = 16 \text{ €}/(1000\text{-Kfz}\cdot\text{km})$. Der Unterschied resultiert vor allem aus den höheren $UKR_{U(P,SS)}$ bei den Fahr- und Überschreiten-Unfällen – siehe Abbildung 23.

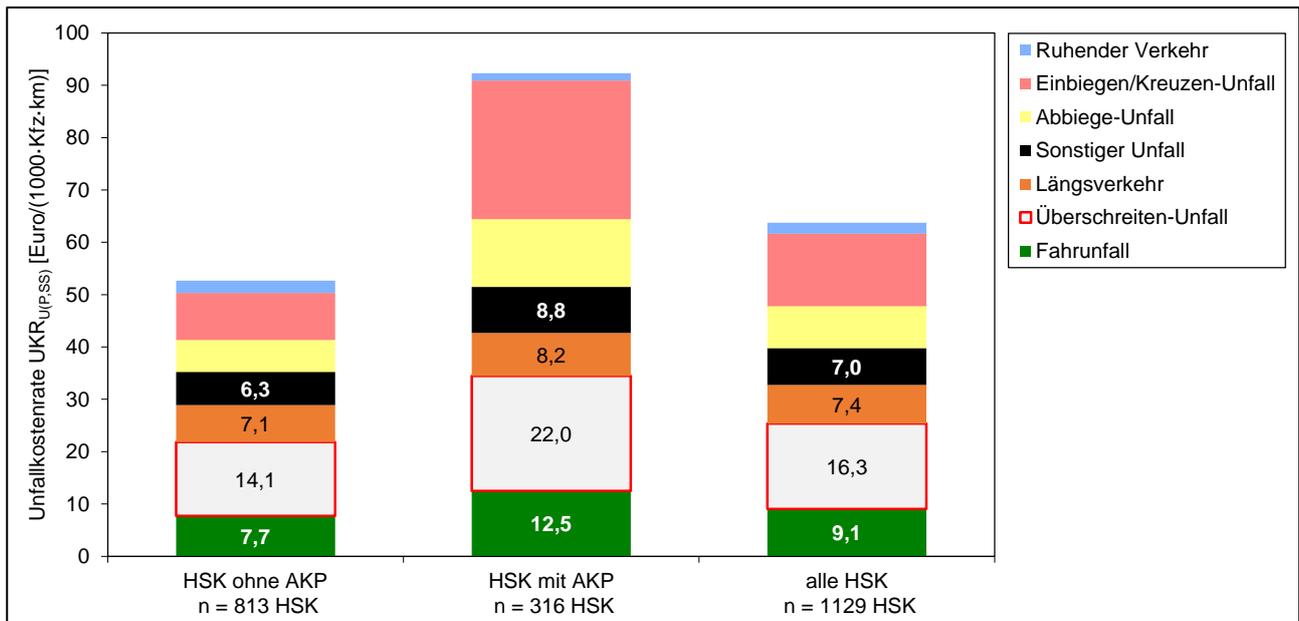


Abbildung 23: Unfallkostenraten nach Unfalltypen und Haltestellenkomplex mit und ohne Anschlussknotenpunkt (AKP)

Die (Verteilung der) $UKR_{U(P,SS)}$ in Abbildung 23 lassen eine gemeinsame Betrachtung der HSK mit und ohne AKP zunächst kritisch erscheinen. Zieht man jedoch die Haltestellenform als weiteres wesentliches Unterscheidungskriterium hinzu, zeigt sich, dass die Anteile der HSK mit und ohne AKP über die verschiedenen Haltestellenformen in ähnlichen Größenordnungen liegen (Tabelle 17). Folglich kann davon ausgegangen werden, dass sich der Einfluss der AKP auf die $UKR_{U(P,SS)}$ der untersuchten Haltestellenformen in ähnlichem Maß auswirkt und somit die nachfolgenden Auswertungen über alle HSK erfolgen können.

Tabelle 17: Verteilung der Haltestellenkomplex (HSK) mit und ohne AKP nach Anzahl der Teilhaltestellen (THS) und Untersuchungsstadt

Haltestellenform	HSK mit AKP	HSK ohne AKP
Bucht	80 %	20 %
Fahrbahn/Mittelbahnsteig	80 %	20 %
Fahrbahn/Seitenbahnsteig	62 %	38 %
Fahrbahn/StVO	64 %	36 %
Fahrbahn/Zeitinsel	80 %	20 %
Fahrbahnrand	75 %	25 %
Kap	73 %	27 %
separate ÖPNV-Trasse	76 %	24 %
alle Haltestellenformen	72 %	28 %

Die erläuterten Zusammenhänge basieren auf der UKR der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden. Die ausschließliche Betrachtung der Unfälle mit Personenschaden führt zu nahezu identischen Ergebnissen, weshalb auf eine Darstellung verzichtet wird.

4.3.2 Haltestellenform

Die Auswertung der Sicherheitsgrade (UKR) in Abhängigkeit der Haltestellenform kann nicht für alle 1129 HSK mit einer oder zwei THS vorgenommen werden, da an 86 HSK die beiden THS unterschiedliche Haltestellenformen aufweisen. Da diese 86 HSK hinsichtlich der Haltestellenform sehr heterogen sind, werden sie bei den Auswertungen zu Haltestellenformen nicht berücksichtigt.

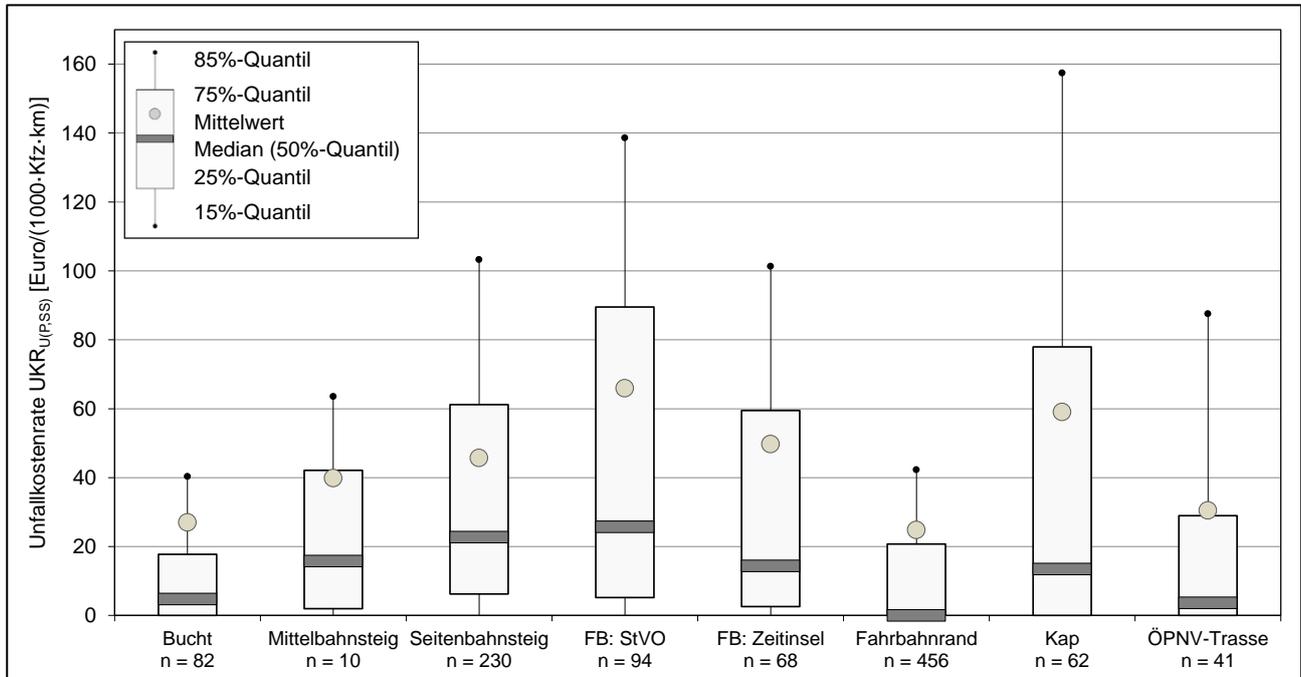


Abbildung 24: Verteilung der Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

In Abbildung 24 ist die Verteilung der $UKR_{U(P,SS)}$ für die verschiedenen Haltestellenformen mit Hilfe der gemäß Legende definierten Boxplots dargestellt. Für die Haltestellenformen Bucht, Fahrbahnrand und separate ÖPNV-Trasse ist festzustellen, dass fast 50 % dieser HSK im fünfjährigen Betrachtungszeitraum unfallfrei sind – bezogen auf $U(P,SS)$ der relevanten Unfalltypen 1, 4, 6 und 7. Auffällig bei allen Haltestellenformen ist, dass die Median-Werte deutlich unter den mittleren UKR liegen. Für die Haltestellenformen Bucht, Mittelbahnsteig, Fahrbahnrand, Kap und separate ÖPNV-Trasse liegen die mittleren $UKR_{U(P,SS)}$ jeweils im Bereich des 75 %-Quantils, d. h. nur 25 % der HSK dieser Haltestellenformen weisen $UKR_{U(P,SS)}$ auf, die größer als der jeweilige Mittelwert sind. Auch bei den übrigen Haltestellenformen liegt der Mittelwert näher am 75 %- als am 50 %-Quantil. Daraus lässt sich schließen, dass bei allen Haltestellenformen einige HSK mit sehr hohem Unfallgeschehen den Mittelwert stark beeinflussen. Diese Tatsache muss bei den nachfolgenden Auswertungen, welche aufgrund der Verständlichkeit auf Mittelwerten basieren, berücksichtigt werden.

Die Gegenüberstellung der $UKR_{U(P,SS)}$ für die verschiedenen Haltestellenformen zeigt, dass Haltestellen am Fahrbahnrand, Haltestellenbuchten und Haltestellen an separate ÖPNV-Trassen das höchste Sicherheitsniveau aufweisen – mittlere $UKR_{U(P,SS)} \leq 30 \text{ €}/(1000 \cdot \text{Kfz} \cdot \text{km})$. Haltestellen in Mittelage mit Mittel- bzw. Seitenbahnsteigen sowie Haltestellen auf der Fahrbahn, bei denen der Fahrgastwechsel durch Zeitinseln geschützt

wird, liegen mit mittleren $UKR_{U(P, SS)}$ zwischen 40 und 50 €/1000-Kfz-km) im mittleren Bereich. Für Haltestellen auf der Fahrbahn, bei denen der Fahrgastwechsel nicht durch Lichtsignalanlagen geschützt wird (FB: StVO) und Haltestellenkaps ergeben sich die höchsten mittleren $UKR_{U(P, SS)} \geq 60$ €/1000-Kfz-km). Die hohe UKR für Haltestellenkaps ist auffällig, da diese vergleichsweise neue Haltestellenform – aufgrund guter Sichtbeziehungen (vorgezogene Seitenräume) und Halt des ÖV-Fahrzeugs unmittelbar am Fahrbahnrand, was i.d.R. auch keine Überholung haltender ÖV-Fahrzeuge erlaubt – als sicher eingeschätzt und entsprechend auch in den EAÖ (FGSV 2013) empfohlen werden. Abbildung 24 verdeutlicht aber auch, dass für Kaps der Streubereich der UKR zwischen dem 75 %- und 85 %-Quantil am größten ist. Das heißt, es gibt einzelne HSK mit sehr hohen UKR, welche die mittlere UKR stark beeinflussen. Wird anstelle der mittleren $UKR_{U(P, SS)}$ der Median zur Beurteilung des Sicherheitsniveaus herangezogen, so erreichen Haltestellenkaps einen vergleichbaren Sicherheitsgrad wie Haltestellen auf der Fahrbahn, bei denen der Fahrgastwechsel durch Zeitinseln geschützt ist. Die Betrachtung der UKR der Unfälle mit Personenschaden führt zu nahezu identischen Ergebnissen – siehe Abbildung 104 im Anhang 1.

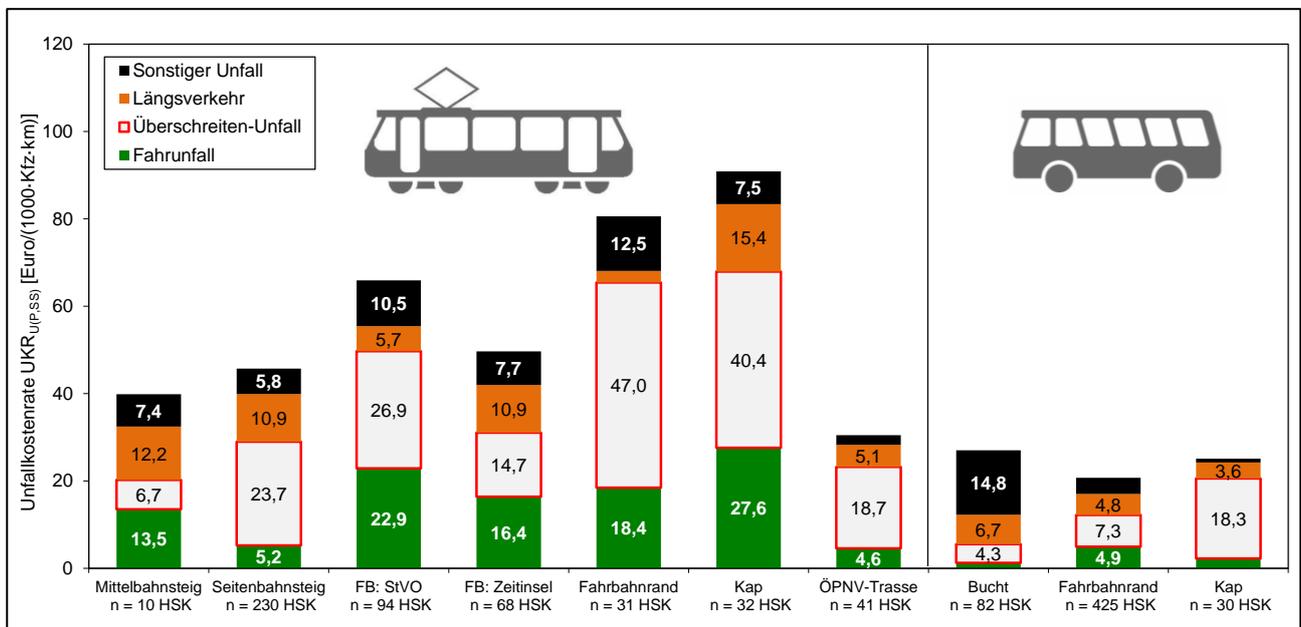


Abbildung 25: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfalltyp und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7) [Aus Gründen der Lesbarkeit wird in dieser und den nachfolgenden Darstellungen bei sehr kleinen UKR auf eine Datenreihenbeschriftung verzichtet.]

Die nachfolgenden Betrachtungen zu den mittleren UKR erfolgen getrennt für Bus- und Straßenbahnhaltestellen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Haltestellen, an denen sowohl Busse als auch Straßenbahnen halten, dem Kollektiv Straßenbahnhaltestelle zugeordnet werden.

Durch die Differenzierung nach Straßenbahn- und Bushaltestellen ergeben sich in Abbildung 25 für die mittleren $UKR_{U(P, SS)}$ von Straßenbahnhaltestellen am Fahrbahnrand und allen Bushaltestellenformen deutliche Unterschiede gegenüber den mittleren $UKR_{U(P, SS)}$ in Abbildung 24. Für Bushaltestellen ist im Mittel das höchste Sicherheitsniveau zu beobachten, wobei die Unterschiede zwischen den Bushaltestellenformen niedrig ausfallen –

$\Delta UKR_{U(P, SS)} = 6 \text{ €}/(1000 \cdot \text{Kfz} \cdot \text{km})$. Auffällig ist, dass sich die mittleren $UKR_{U(P, SS)}$ an Bushaltestellenkaps zu knapp 75 % aus Überschreiten-Unfällen ergeben und die mittlere $UKR_{U(P, SS)}$ an Straßenbahnhaltestellenkaps knapp viermal höher als an Bushaltestellenkaps ist. Die nach Verkehrsmittel differenzierte Betrachtung von Haltestellen am Fahrbahnrand zeigt für Straßenbahnhaltestellen ein viermal höheres Unfallrisiko als für Bushaltestellen am Fahrbahnrand. Dabei resultieren die höheren Unfallrisiken an den Straßenbahnhaltestellen aus höheren $UKR_{U(P, SS)}$ für die Fahr-, Überschreiten- und sonstige Unfälle.

Die nach Unfalltyp differenzierten mittleren $UKR_{U(P, SS)}$ in Abbildung 25 zeigen für die übrigen Straßenbahnhaltestellenformen:

- Die Ergebnisse für Haltestellen in Mittellage mit Mittelbahnsteig sollten aufgrund der geringen Fallzahl nicht für Verallgemeinerungen verwendet werden.
- An Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteig resultieren aus Überschreiten-Unfällen mehr als 50 % der $UKR_{U(P, SS)}$.
- An Haltestellen in Mittellage mit Wartebereich am Fahrbahnrand, ist durch den Signalschutz bei Zeitinseln die $UKR_{U(P, SS)}$ der Überschreiten-Unfälle etwa nur halb so groß, wie bei den Fahrbahnrandhaltestellen ohne Zeitinsel. Auf der anderen Seite ist die $UKR_{U(P, SS)}$ der Unfälle im Längsverkehr an den Fahrbahnrandhaltestellen mit Zeitinseln um $5 \text{ €}/(1000 \cdot \text{Kfz} \cdot \text{km})$ höher, was bei Einbeziehung der Verteilung der Unfallarten in Abbildung 26 zum Teil durch einen höheren Anteil an Auffahrunfällen vor der Lichtsignalanlage (im Vergleich zu Fahrbahnrandhaltestellen ohne Zeitinsel) erklärt werden kann.
- Knapp 60 % der $UKR_{U(P, SS)}$ an Haltestellen an separaten ÖPNV-Trassen resultieren aus Überschreiten-Unfällen.

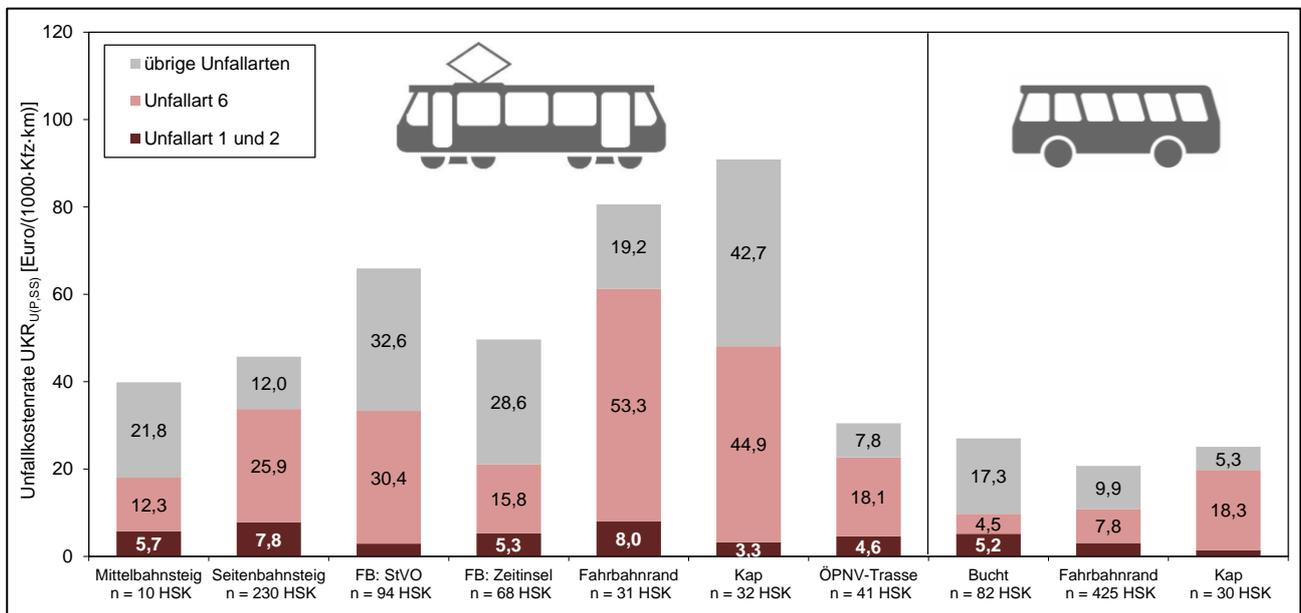


Abbildung 26: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfallart und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Die Auswertung der UKR nach Unfallarten (Abbildung 26) zeigt, dass die $UKR_{U(P, SS)}$ für Unfallart 6 (Kollisionen mit Fußgängern) an allen Straßenbahnhaltestellenformen (Ausnahme: ÖPNV-Trasse) größer ist als die der Überschreiten-Unfälle in Abbildung 25. Zur Beurteilung des Ausmaßes der an Haltestellen verunglückten Fußgänger bzw. Fahrgäste

gibt die Unfallart 6 somit ein vollständigeres Bild. Hinsichtlich dieser Unfälle (Unfallart 6) ist festzuhalten, dass an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen, auf der Fahrbahn ohne Zeitinsel, am Fahrbahnrand, mit Kap und an separaten ÖPNV-Trassen sowie an Bushaltestellenkaps die Kollisionen mit Fußgängern das maßgebende Problem darstellen. Eine Betrachtung der Art der Verkehrsbeteiligung bei den Kollisionen hilft bei der Eingrenzung der Gestaltungsmerkmale, die diese Unfälle begünstigen bzw. entgegenwirken – siehe Abbildung 104 und Abbildung 105.

Die Betrachtung der Unfallart 1 und 2 in Abbildung 26 zeigt über alle Haltestellenformen hinweg, dass Auffahrunfälle an Haltestellen nur einen geringen Einfluss auf die $UKR_{U(P,SS)}$ haben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Auffahrunfälle im Mittel nicht die Schwere wie zum Beispiel Unfälle mit Fußgängern aufweisen. Zur Überprüfung des Einflusses von Auffahrunfällen wird daher auf die Unfallrate zurückgegriffen (Abbildung 27). Dabei zeigt sich, dass Auffahrunfälle vor allem an Straßenbahnhaltestellen mit Mittelbahnsteig (Zufallseinfluss aufgrund geringer Stichprobe möglich), mit Seitenbahnsteigen, am Fahrbahnrand mit Zeitinsel (Erläuterung s.o.) und an separaten ÖPNV-Trassen sowie Busbuchten einen nennenswerten Einfluss haben. An Busbuchten ist der Anteil der Auffahrunfälle mit 46 % an der Gesamtunfallrate mit Abstand am höchsten. Folglich ist bei den weiteren Analysen zu sicherheitsrelevanten Gestaltungsmerkmalen an Busbuchten der Fokus auf die Auffahrunfälle zu legen.

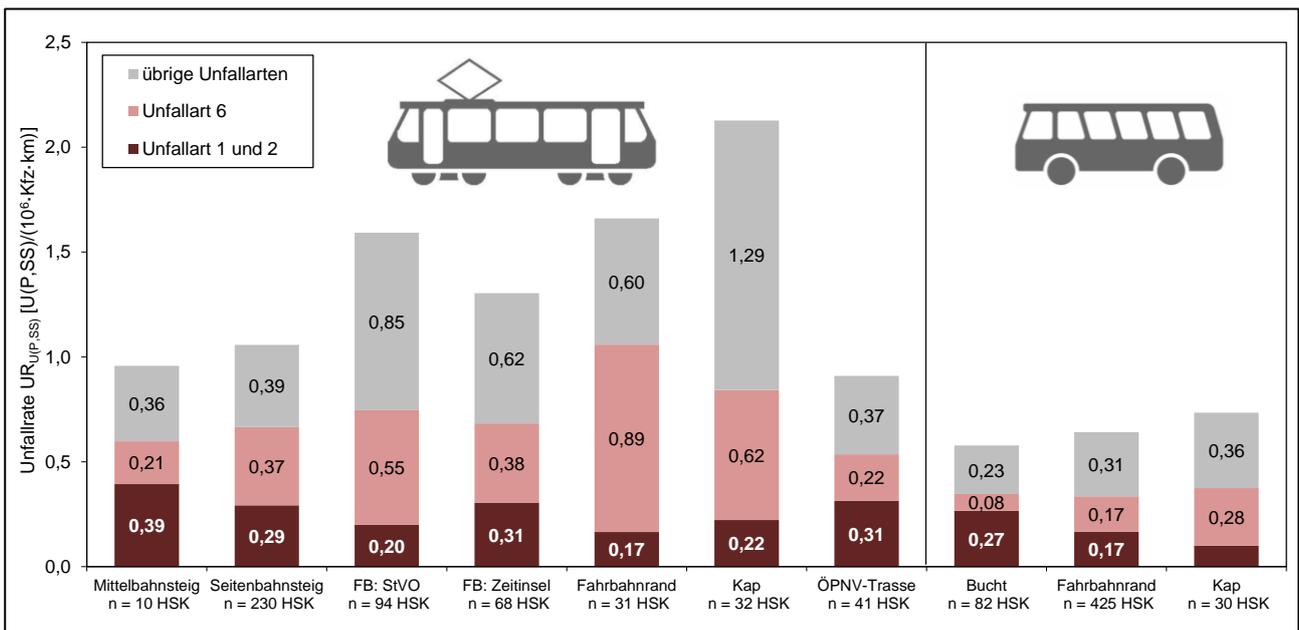


Abbildung 27: Mittlere Unfallrate der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfallart und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Eine weitere Erkenntnisquelle für die Analyse sicherheitsrelevanter Gestaltungsmerkmale bilden die Verkehrsbeteiligungsarten der Unfallbeteiligten. Es wird nach der Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (Abbildung 104) und der des zweiten Beteiligten (Abbildung 105) unterschieden. Dabei ergeben sich in Abbildung 105 niedrigere UKR, da bei dieser Auswertung die Alleinunfälle entfallen.

Aus der Betrachtung der nach Hauptverursacher und 2. Unfallbeteiligten differenzierten $UKR_{U(P,SS)}$ lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- ÖV-Fahrzeuge treten an den betrachteten Haltestellen kaum als Hauptverursacher in Erscheinung. Lediglich an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn mit Zeitinseln sowie an separaten ÖPNV-Trassen treten ÖV-Fahrzeuge als Hauptverursacher auf (Abbildung 104). Unfälle mit ÖV-Fahrzeugen als 2. Beteiligter sind für alle Straßenbahnhaltestellen mit Ausnahme der Haltestellen auf der Fahrbahn ohne Sicherung (FB: StVO) zu beobachten. Eine relevante Größenordnung – allerdings auf einen niedrigen Niveau – haben die $UKR_{U(P, SS)}$ der Unfälle mit ÖV-Beteiligung bei den Haltestellenformen Mittelbahnsteig, Seitenbahnsteig und Kap. Aufgrund des geringen Ausmaßes der Unfälle mit ÖV-Beteiligung stehen diese bei den nachfolgenden Analysen zum Einfluss von verkehrlichen und gestalterischen Merkmalen nicht im Fokus.

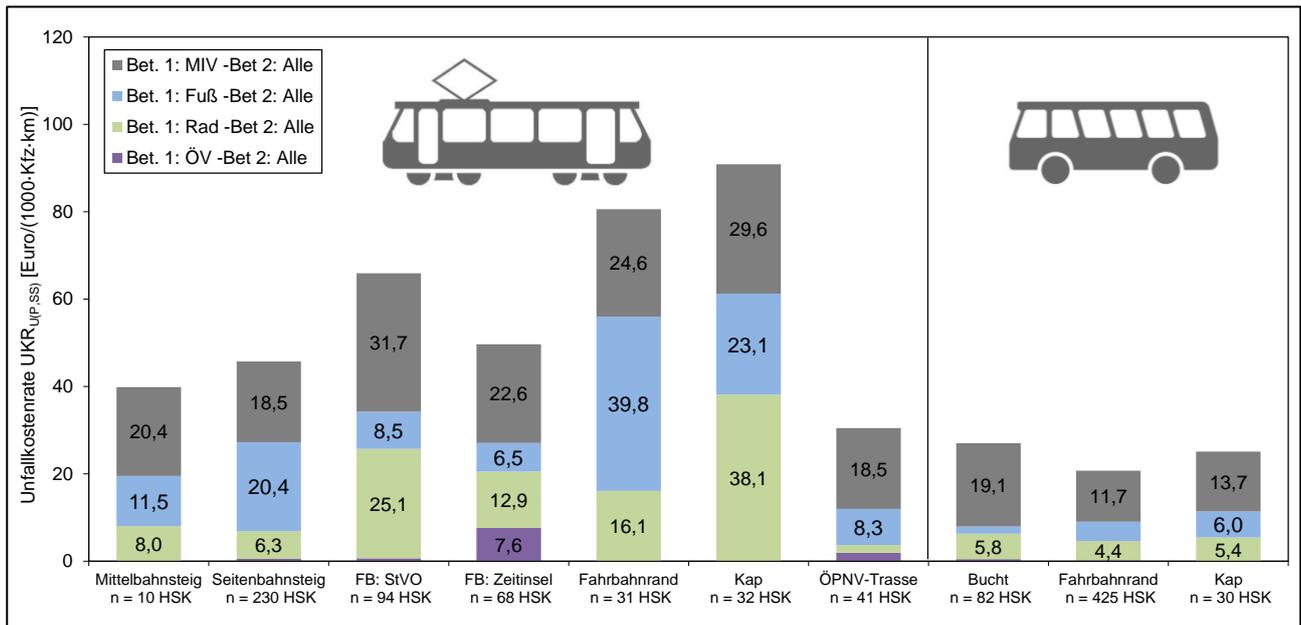


Abbildung 28: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (Beteiligter 1) und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

- Unfälle mit Radfahrern und Fußgängern als Hauptverursacher machen bei allen Straßenbahnhaltestellenformen mit Ausnahme der Fahrbahnhaltestellen mit Zeitinsel und Haltestellen an separaten ÖPNV-Trassen mehr als 50 % der $UKR_{U(P, SS)}$ aus. Besonders auffällig sind dabei die Straßenbahnhaltestellenkaps und Fahrbahnrandhaltestellen, bei denen dieser Anteil über zwei Drittel beträgt.
- Durch Radfahrer verursachte Unfälle führen zu hohen Kostenanteilen der $UKR_{U(P, SS)}$ an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn ohne Sicherung (FB: StVO) und an Straßenbahnhaltestellenkaps. Die Betrachtung der Beteiligtenkonstellationen zeigt, dass an Fahrbahnhaltestellen ohne Sicherung 78 % der durch Radfahrer als Hauptverursacher hervorgerufenen $UKR_{U(P, SS)}$ aus Alleinunfällen von Radfahrern resultiert; an Straßenbahnhaltestellenkaps liegt dieser Anteil bei 64 %. Folglich ist im Rahmen der Betrachtung der sicherheitsrelevanten Gestaltungsmerkmale für diese Haltestellenformen der Fokus auf die Radverkehrsführung zu legen.
- An Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen und an Straßenbahnhaltestellen am Fahrbahnrand machen von Fußgängern verursachte Unfälle den größten Teil der $UKR_{U(P, SS)}$ aus. An Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn ohne Sicherung (FB:

StVO) weisen Unfälle mit Fußgängern als 2. Beteiligte den größten Anteil der $UKR_{U(P, SS)}$ auf. Dabei resultieren 85 % der $UKR_{U(P, SS)}$ für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung aus Kollisionen zwischen MIV und Fußgängern, also Situationen in denen der Vorrang der Fußgänger durch die Fahrzeugführer missachtet wird (z. B. Unfälle beim Fahrgastwechsel). Auch an Straßenbahnhaltestellenkaps ist ein vergleichsweise hoher Unfallkostenanteil für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung zu erkennen; allerdings liegt dort der Anteil der Kollisionen zwischen MIV und Fußgängern an der $UKR_{U(P, SS)}$ bei nur 65 % (bezogen auf die UKR der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung). Für die genannten Straßenbahnhaltestellenformen ist bei der Betrachtung verkehrlicher und gestalterischer Merkmale der Fokus auf die Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme zu legen. Weiterhin ist zu klären, warum im Vergleich von Fahrbahnrand- und Kaphaltestelle der Straßenbahn, bei Fußgängerunfällen an Kaphaltestellen, der Fußgänger häufiger nicht als Verursacher geführt wird.

- Bei den Bushaltestellenformen dominiert in allen Fällen der MIV als Hauptverursacher. Bei den Busbuchten und Bushaltestellen am Fahrbahnrand dominiert ebenfalls der MIV als 2. Unfallbeteiligter. Beim Bushaltestellenkap haben Fußgänger als Unfallbeteiligte den höchsten Anteil. Es ist zu klären, warum – trotz (theoretisch) besserer Sichtverhältnisse für Fußgänger durch vorgezogene Seitenräume – am Kap die Wahrscheinlichkeit für Fußgängerunfälle höher ist im Vergleich zu den anderen Bushaltestellenformen.

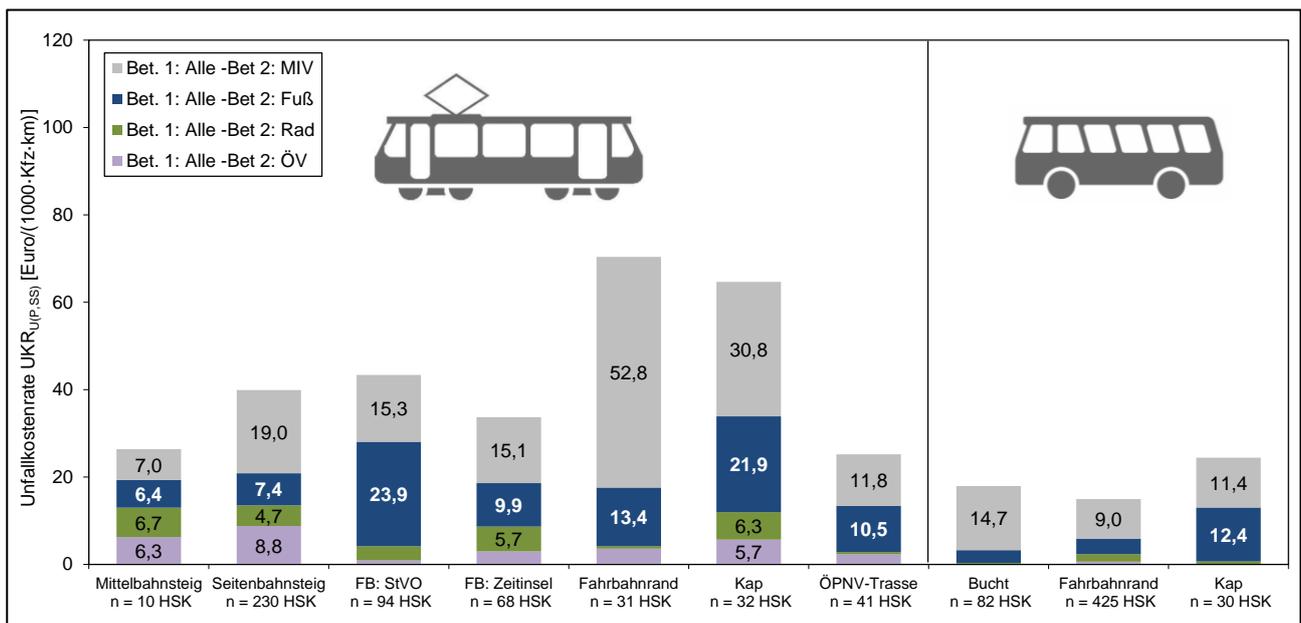


Abbildung 29: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten (Beteiligter 2) und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Für alle in Abbildung 25 bis Abbildung 29 dargestellten Ergebnisse gilt, dass sich bei Betrachtung der mittleren UKR der Unfälle mit Personenschaden kaum Unterschiede ergeben – siehe Abbildung 105 bis Abbildung 108 im Anhang 1. Eine Synthese der erläuterten Zusammenhänge ist in Tabelle 18 beschrieben.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Erkenntnisse der Unfallauswertung nach Haltestellenform

Haltestellenform		Schwerpunkte im Unfallgeschehen	Fokus für die Betrachtung verkehrlicher und gestalterischer Merkmale
Bus	Bucht	<ul style="list-style-type: none"> • Auffahrunfälle (geringe/mittlere Unfallschwere) sowie weitere Unfälle im MIV 	→ Führung des MIV (z. B. Anzahl Fahrstreifen)
	Fahrbahnrand	<ul style="list-style-type: none"> • Heterogenes Unfallgeschehen im MIV 	→ Führung des MIV (z. B. Einfluss überbreiter Fahrstreifen)
	Kap	<ul style="list-style-type: none"> • Fußgänger als Unfallbeteiligte bei durch MIV verursachte Unfälle (i.d.R. Überschreiten-Unfälle) 	→ Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme
Straßenbahn	Mittelbahnsteig	<ul style="list-style-type: none"> • Fahr- und Längsverkehrsunfälle mit MIV 	→ Keine weitere Betrachtung aufgrund geringer Fallzahl (n = 10 HSK)
	Seitenbahnsteig	<ul style="list-style-type: none"> • Fußgänger als Hauptverursacher; vorwiegend Überschreiten-Unfälle 	→ Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme
	Fahrbahn: StVO	<ul style="list-style-type: none"> • Alleinunfälle von Radfahrern als Fahr-unfälle • Fußgänger als Unfallbeteiligte bei durch MIV verursachten Unfällen 	→ Radverkehrsführung → Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme
	Fahrbahn: Zeitin-sel	<ul style="list-style-type: none"> • Fahr- und Auffahrunfälle mit MIV • Alleinunfälle von Radfahrern als Fahr-unfälle 	→ Führung des MIV; Erkennbarkeit LSA → Radverkehrsführung
	Fahrbahnrand	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwiegend Fußgänger als Hauptverursacher, aber auch als Unfallbeteiligte; vorwiegend Überschreiten-Unfälle • Alleinunfälle von Radfahrern und von Radfahrern verursachte Unfälle mit MIV 	→ Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme → Radverkehrsführung
	Kap	<ul style="list-style-type: none"> • Alleinunfälle von Radfahrern als Fahr-unfälle • Fußgänger als Hauptverursacher aber auch Beteiligter bei Unfällen mit MIV 	→ Radverkehrsführung → Art der Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme
	Sep. ÖPNV-Trasse	<ul style="list-style-type: none"> • Fußgänger als Hauptverursacher aber auch Beteiligter bei Unfällen mit MIV 	→ Sicherung und Erkennbarkeit der Fußgänger- bzw. Fahrgastströme

4.3.3 Verkehrliche Einflussgrößen

Durch die Betrachtung der UKR ist die maßgebende verkehrliche Einflussgröße in Form des DTV bereits unmittelbar in den Auswertungen berücksichtigt. In diesem Kapitel wird sich auf die übrigen direkten verkehrlichen Einflussgrößen (Fahrgastaufkommen, Verkehrsstärke des ÖV) und indirekten verkehrliche Einflussgrößen (verkehrserzeugende Einrichtungen,

Umfeldnutzung, Bebauungsdichte und Umsteigebeziehungen) konzentriert. Ob und in welchem Umfang nach Haltestellenform differenzierte Auswertungen durchgeführt werden, wird in Abhängigkeit der Anzahl der Merkmalsausprägungen der untersuchten Einflussgrößen festgelegt.

Fahrgastaufkommen

Die $UKR_{U(P, SS)}$ bezogen auf die Anzahl der Fahrgäste je Tag zeigt für die untersuchten Haltestellen, dass mit zunehmenden Fahrgastaufkommen das Unfallrisiko steigt (Abbildung 30). Dabei ergibt sich die Zunahme der $UKR_{U(P, SS)}$ vor allem aus dem Anstieg der UKR für Überschreiten-Unfälle. Wird die Fahrgastaufkommensklasse „1001 bis 2000 Pers/Tag“ vernachlässigt, könnte ein linearer Zusammenhang zwischen Fahrgastaufkommen und $UKR_{U(P, SS)}$ vermutet werden, was aber durch die Betrachtung der Klasseneinteilung widerlegt wird, da diese aufgrund der Stichprobenverteilung nicht gleichmäßig gewählt werden konnte.

Die Haltestellenformen „Seitenbahnsteig“ und „Fahrbahnrand“ weisen eine ausreichende Anzahl an HSK im Untersuchungskollektiv auf, um den Einfluss des Fahrgastaufkommens auf die $UKR_{U(P, SS)}$ für diese Haltestellenformen separat zu betrachten. Es ergeben sich vergleichbare Ergebnisse wie bei Betrachtung aller Haltestellenformen, wobei der Trendbruch für die Klasse „1001 bis 2000 Pers/Tag“ bei diesen Haltestellenformen nicht auftritt – siehe Abbildung 109 und Abbildung 110 im Anhang 1.

Die Auswertungen in Abhängigkeit des Fahrgastaufkommens zeigen, dass mit zunehmenden Fahrgastaufkommen höhere Investitionen zum Schutz der Fußgänger/Fahrgäste gerechtfertigt sind. So können z. B. durch Lichtsignalanlagen gesicherte Überquerungsanlagen und eine an den Fahrgastwechsel angepasste Signalisierung ggf. helfen, den hohen Kostenanteile der Überschreiten-Unfälle bei hohem Fahrgastaufkommen entgegenzuwirken – siehe auch Kapitel 4.3.4.

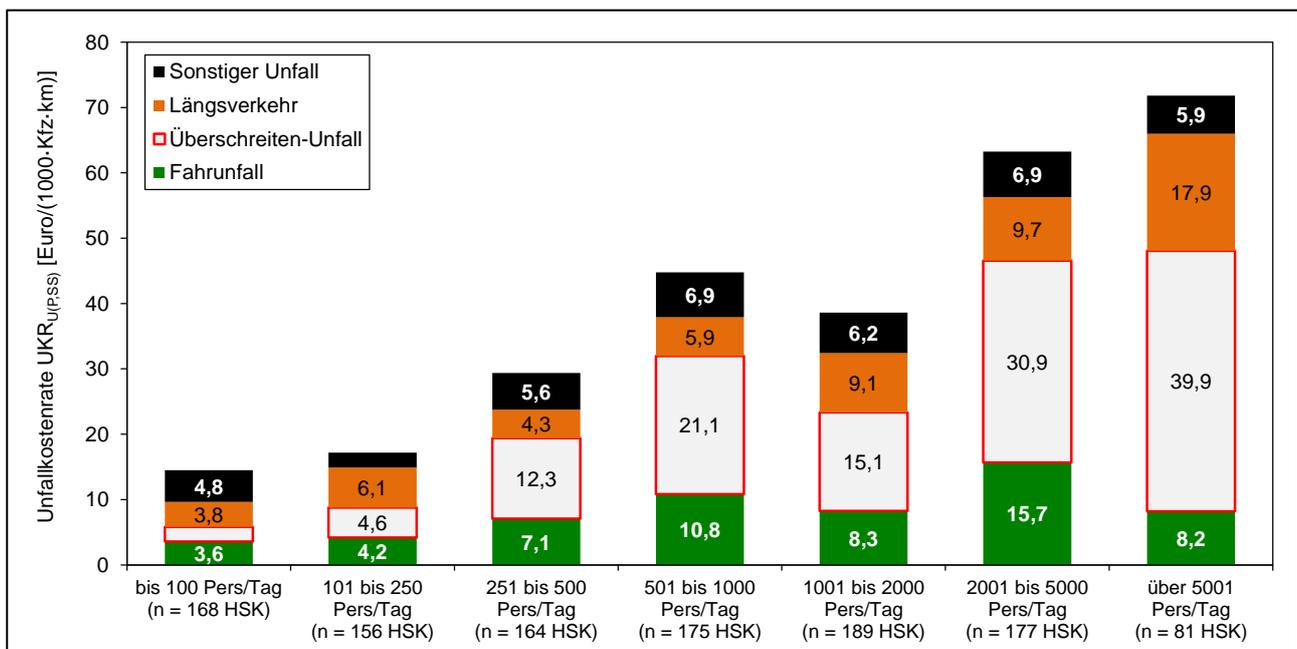


Abbildung 30: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Fahrgastaufkommen und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Verkehrsstärke des ÖV

Für steigende Verkehrsstärken des ÖV (bis 30 ÖV-Fz/h) ist ein kontinuierlicher Anstieg der $UKR_{U(P,SS)}$ zu beobachten (Abbildung 31). Bei sehr hohen Verkehrsstärken stagniert die $UKR_{U(P,SS)}$, allerdings kann aufgrund des geringeren Stichprobenumfangs für diese Verkehrsstärkeklasse eine zufälliger Einfluss nicht ausgeschlossen werden.

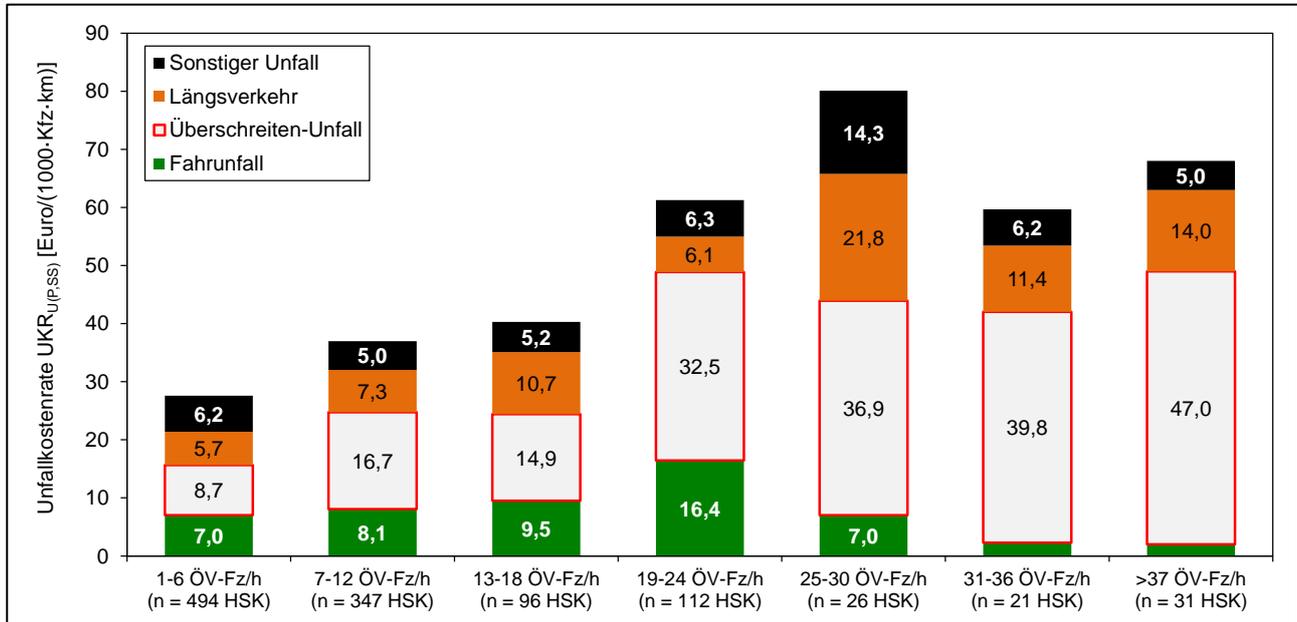


Abbildung 31: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Verkehrsstärke der Busse und Straßenbahnen sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Wie bei den Betrachtungen zum Fahrgastaufkommen, kann der Anstieg des Unfallrisikos mit zunehmender Verkehrsstärke des ÖV vor allem durch die Entwicklung der Unfallkosten für Überschreiten-Unfälle und für Unfälle im Längsverkehr erklärt werden. Die Parallelen in der Entwicklung der $UKR_{U(P,SS)}$ über das Fahrgastaufkommen und die Verkehrsstärke des ÖV sind dadurch zu erklären, dass mit steigender Bedienhäufigkeit einer Haltestelle auch das Fahrgastaufkommen steigt. Folglich gelten hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur Verringerung der Überschreiten-Unfälle die zuvor getroffenen Aussagen. Die nach Verkehrsmitteln (Bus und Straßenbahn) differenzierte Betrachtung bestätigt die für alle ÖV-Fahrzeuge erläuterten Entwicklungen – siehe Abbildung 111 und Abbildung 112 im Anhang 1.

Die für die Haltestellenformen „Seitenbahnsteig“ und „Fahrbahnrand“ differenzierte Auswertung führt zu keinen weiteren Erkenntnisgewinn (vergleichbare Entwicklung der $UKR_{U(P,SS)}$ wie in Abbildung 31), wobei Haltestellen mit Seitenbahnsteige sich ähnlich auf die Verkehrsstärkeklassen verteilen wie bei Betrachtung aller Haltestellenformen. Fahrbahnrandhaltestellen weisen hingegen zum überwiegend Teil nur Verkehrsstärken von bis zu 12 ÖV-Fz/h auf, was auf die Einsatzbedingung dieser Haltestellenform zurückzuführen ist – siehe FGSV (2013).

Verkehrserzeugende Einrichtungen

Verkehrserzeugende Einrichtungen werden als eine Stellvertretergröße für das Fußgänger-aufkommen im Haltestellenkomplex betrachtet. Dabei ist für die Kategorien „Verkehr“ (U-Bahn-, S-Bahn- und Fernbahn-Stationen) und „Gewerbe/Kultur“ (größere Einkaufszentren,

Sehenswürdigkeiten, Theater, Oper) von der höchsten Verkehrserzeugung für Fußgängerströme auszugehen. Die Betrachtung der $UKR_{U(P,SS)}$ für die verschiedenen Kategorien verkehrserzeugende Einrichtungen bestätigt diese These. So weisen die Kategorien „Verkehr“ und „Gewerbe/Kultur“ im Vergleich zu den übrigen Kategorien 2- bis 3-mal so hohe UKR für Überschreiten-Unfälle auf.

Bei der Kategorie „Verkehr“ ist zudem der hohe Kostenanteil der Fahrurfälle auffällig. Über 50 % dieser $UKR_{U(P,SS)}$ resultiert aus Alleinunfällen von Radfahrern, wobei 43 der 84 HSK in der Kategorie „Verkehr“ Fahrbahnrandhaltestellen (41 Bus- und 2 Straßenbahnhaltestellen) sind. Die Auswertung in Abhängigkeit der verkehrserzeugenden Einrichtungen führt zu dem Schluss, dass sich an Bushaltestellen am Fahrbahnrand – vermutlich durch hohe Fußgängerverkehrsstärken und Umsteigbeziehungen begünstigt – verstärkt Alleinunfälle von Radfahrern ereignen. In Kapitel 4.3.4 wird überprüft, inwiefern bestimmte Radverkehrsführungen dies Unfallgeschehen begünstigen.

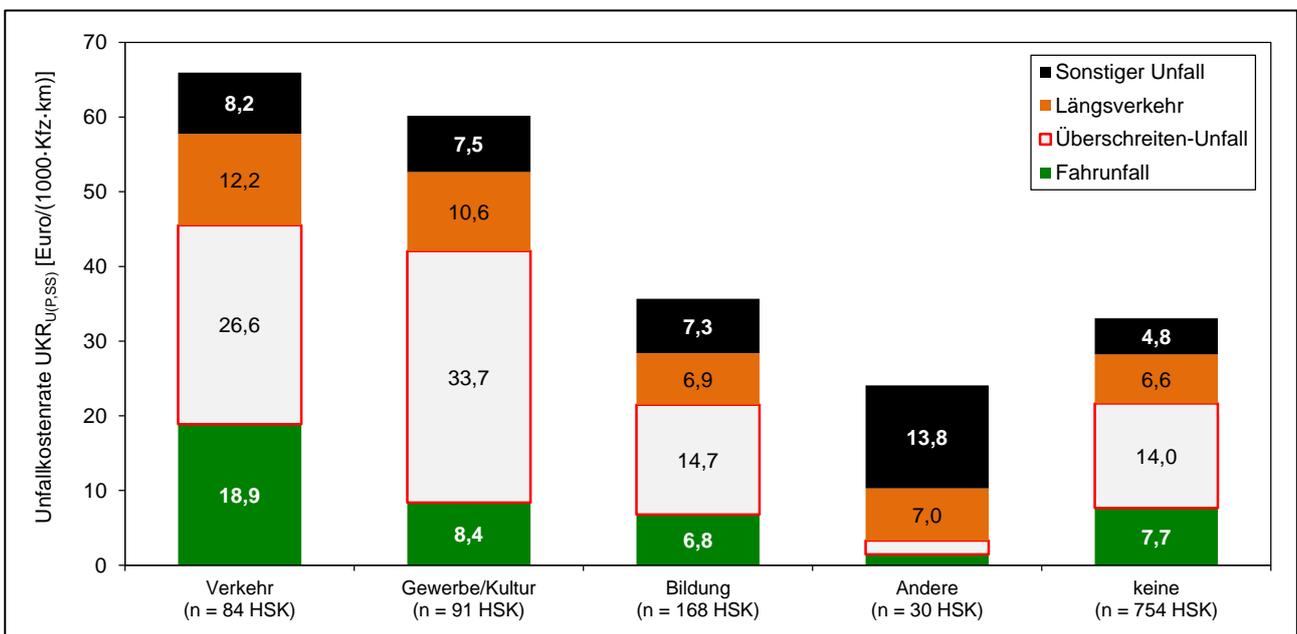


Abbildung 32: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Art der verkehrserzeugende Einrichtungen und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Für die übrigen verkehrserzeugenden Einrichtungen lassen sich keine eindeutigen Tendenzen ableiten. Die vergleichsweise niedrige $UKR_{U(P,SS)}$ für HSK an Bildungseinrichtungen kann ggf. durch bessere Sicherungsmaßnahmen im Bereich von Schulen erklärt werden.

Umfeldnutzung

Eine weitere Stellvertretergröße für das Fußgängeraufkommen bildet die Umfeldnutzung. Gemäß Kapitel 4.2.1 wurden fünf Arten der Umfeldnutzung getrennt für jede Straßenseite aufgenommen. In Abbildung 33 beschreiben die rechten fünf Säulen HSK mit identischer Umfeldnutzung auf beiden Straßenseiten; die übrigen Säulen stehen für HSK mit Mischnutzung, also HSK an denen sich die Umfeldnutzung zwischen linker und rechter Fahrbahnseite unterscheiden (es wurden nur $UKR_{U(P,SS)}$ für HSK mit Mischnutzung dargestellt bei denen eine ausreichende Stichprobe vorlag).

Abbildung 33 zeigt, dass die HSK bei denen eine Geschäftsnutzung im Umfeld vorhanden ist, die höchsten $UKR_{U(P,SS)}$ für Überschreiten-Unfälle und mit Ausnahme der Umfeldnutzung „Geschäfte und Freifläche“ sogar die höchsten $UKR_{U(P,SS)}$ über alle betrachteten Unfalltypen aufweisen. Dabei ist gemäß ANGENENDT/WILKEN (1997) zu berücksichtigen, dass Geschäftsnutzung im Umfeld im Vergleich zu den übrigen Umfeldnutzungen die höchste Verkehrserzeugung hinsichtlich des Fußgängerverkehrs mit sich bringt.

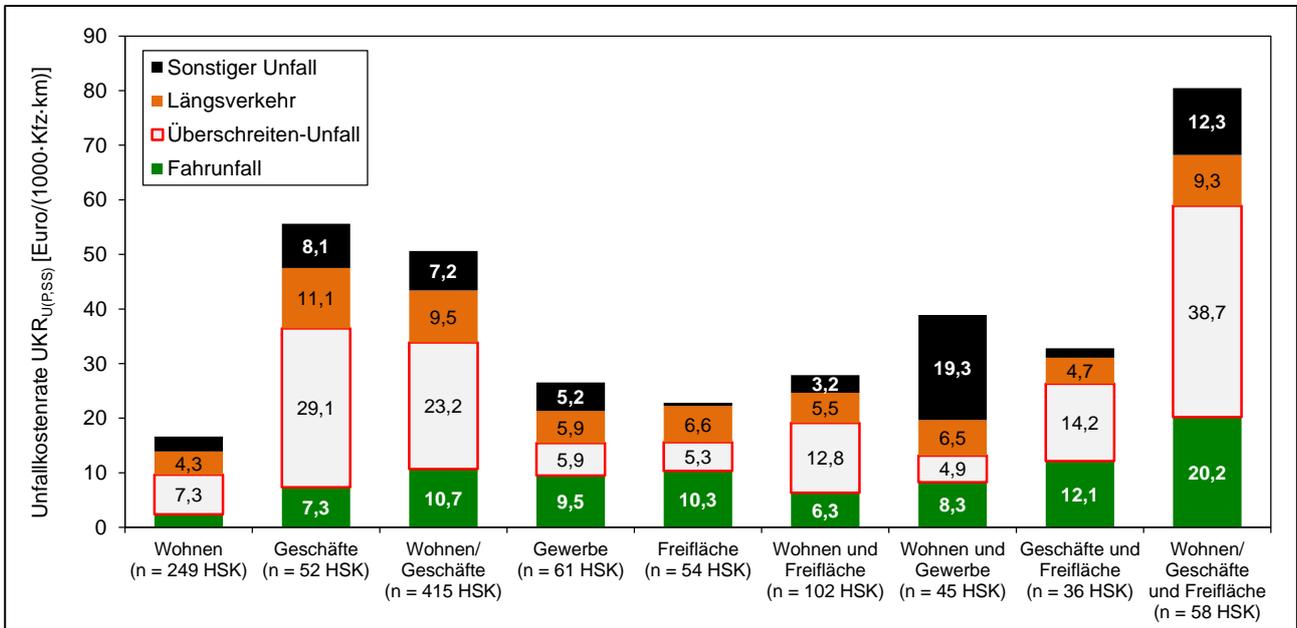


Abbildung 33: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Art der Umfeldnutzung und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Bebauungsdichte

Als dritte Stellvertretergröße für das Fußgängeraufkommen wird die Bebauungsdichte betrachtet. Dabei kann gemäß AURICH (2013) bei Blockbebauung (dichte Bebauung) von einem höheren Fußgänger- und Radverkehrsaufkommen ausgegangen werden als bei offener Bebauung.

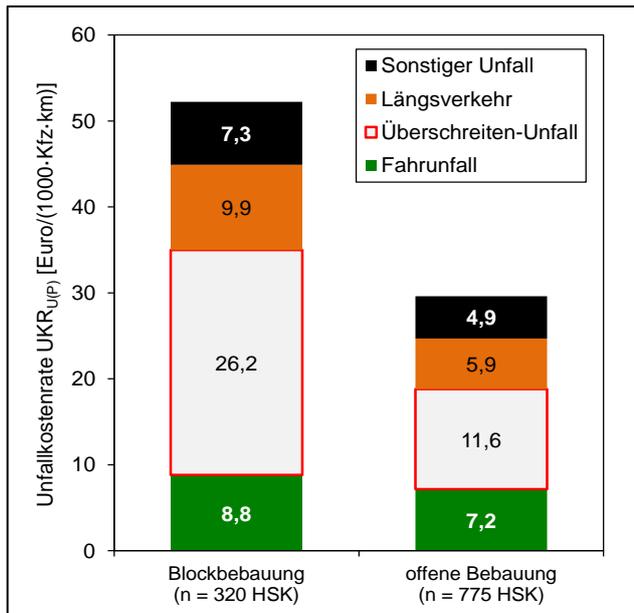


Abbildung 34: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personenschaden nach Bebauungsdichte und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

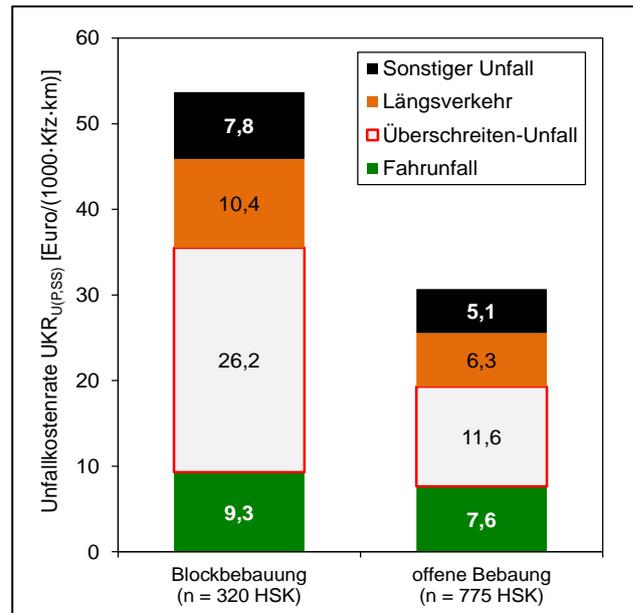


Abbildung 35: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Person- und schwerwiegendem Sachschaden nach Bebauungsdichte und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Die in Abbildung 34 und Abbildung 35 dargestellten UKR_{U(P)} und UKR_{U(P,SS)} bestätigen die Erkenntnisse der Auswertungen zu verkehrserzeugenden Einrichtungen und Umfeldnutzung, dass an HSK mit höherem Fußgängeraufkommen (Blockbebauung) vor allem die UKR der Überschreiten-Unfälle stark ansteigt. Inwieweit dabei auch mit eingeschränkten Platzverhältnissen in Zusammenhang stehende Verkehrsführungen für die Erhöhung der UKR verantwortlich sind, wird in Kapitel 4.3.4 in Zusammenhang mit gestalterischen Einflussgrößen analysiert.

Umsteigebeziehungen

Hinsichtlich der Umsteigebeziehungen erfolgt eine Differenzierung nach der Lage möglicher Umsteigehaltestellen (andere bzw. gleiche Zufahrt) und ob ein Umstieg ausschließlich an dieser Haltestelle möglich ist (exklusive Umsteigebeziehung) oder ob aufgrund der gemeinsamen Führung von Bus- bzw. Straßenbahnlinien ein Umstieg auch an anderen Haltestellen möglich ist (keine exklusive Umsteigebeziehung) – siehe auch Kapitel 4.2.1. Haltestellen an denen ausschließlich ein Umstieg in die gleiche Linie der Gegenrichtung möglich ist, wurden dem Kollektiv „HST ohne Umsteigebeziehung“ zugeordnet.

Die These, dass an Umsteigehaltestellen mit Übereckumsteigebeziehungen (HST in anderer Zufahrt) verstärkt Überschreiten-Unfälle auftreten, kann anhand der untersuchten Haltestellen nicht bestätigt werden (Abbildung 36), da sich die höchste UKR_{U(P,SS)} für Haltestellen in der gleichen Zufahrt ohne exklusive Umsteigebeziehung ergibt und auch die UKR_{U(P,SS)} der Überschreiten-Unfälle in diesem Kollektiv am höchsten ist. Ob dieses Problem generell nicht Erscheinung tritt oder ob die Haltestellenlagen der untersuchten HSK hinsichtlich der Umsteigebeziehungen optimiert sind (Minimierung der Anzahl der Querungsvorgänge für

Hauptumsteigebeziehungen), kann nicht beurteilt werden, da keine Daten zu Umsteigebeziehungen vorliegen bzw. auch nicht flächendeckend existieren (z. B. Anzahl der Fahrgäste, die von einer in eine andere Linie wechseln).

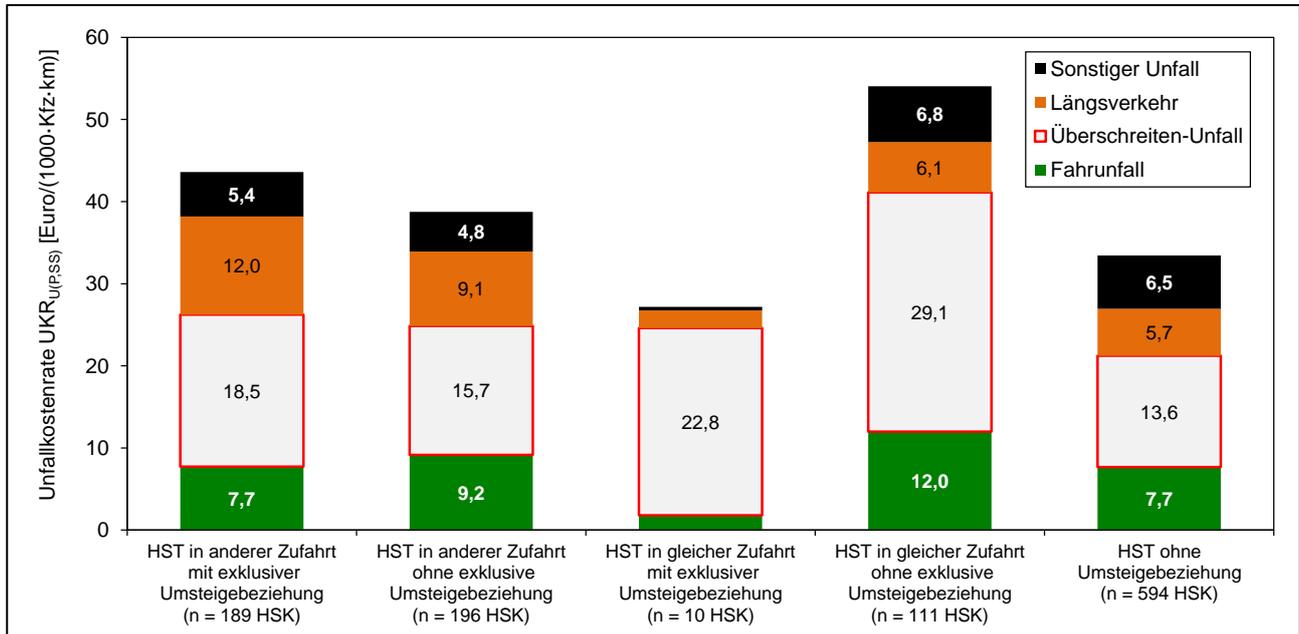


Abbildung 36: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Lage möglicher Umsteigeplatze (HST) und Umsteigebeziehungen sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

4.3.4 Gestalterische Einflussgrößen

Bauliche Gestaltung der Fahrbahn

In Zusammenhang mit der baulichen Gestaltung der Fahrbahn werden als Merkmale die Anordnung überbreiter Fahrstreifen an Bushaltestellen, die Anzahl der Fahrstreifen in Zu- und Ausfahrt, die Anzahl der Fahrbahnen und die Anlage von Parkieranlagen untersucht.

Um Behinderungen des fließenden Verkehrs an Bushaltestellen am Fahrbahnrand zu verringern, werden in der Praxis in diesen Bereichen zum Teil überbreite Fahrstreifen angelegt. Dadurch wird ein Überholen des Busses während des Haltevorgangs ermöglicht. Es galt die These zu prüfen, dass an Bushaltestellen mit überbreitem Fahrstreifen das Unfallrisiko aufgrund von Unfällen zwischen überholenden Fahrzeugen und vor dem Bus querenden Fußgängern steigt. Die $UKR_{U(P,SS)}$ für Kollision mit Fußgängern (Unfallart 6) ist an Bushaltestellen am Fahrbahnrand mit überbreitem Fahrstreifen geringfügig höher als bei normalbreiten Fahrstreifen (Abbildung 37). Allerdings ist der Unterschied sehr gering und wird durch die geringere $UKR_{U(P,SS)}$ für Auffahrunfälle (Unfallart 1 und 2) kompensiert. Die These, dass durch überbreite Fahrstreifen das Unfallrisiko steigt, kann somit nicht bestätigt werden. Gegen die These sprechen zudem der geringe Kostenanteil der $UKR_{U(P,SS)}$ für Kollision mit Fußgängern an Busbuchten, an denen unabhängig von der Anlage überbreiter Fahrstreifen ein Überholen des haltenden Buses möglich ist. Da es im Untersuchungskollektiv nur acht Haltestellenkaps mit überbreitem Fahrstreifen gab, ist für diese Haltestellenform keine Aussage zum Einfluss überbreiter Fahrstreifen möglich.

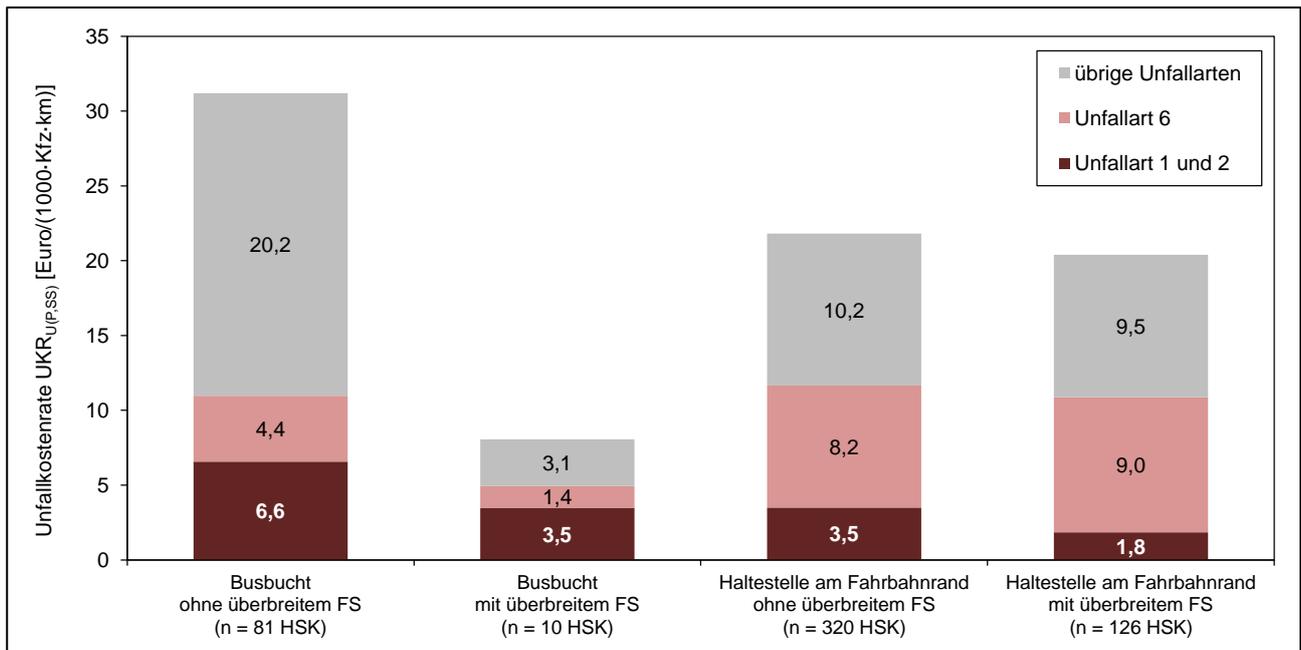


Abbildung 37: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach dem Vorhandensein überbreiter Fahrstreifen sowie Unfallart (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Auffällig in Abbildung 37 ist der für Busbuchten mit normalbreiten Fahrstreifen vergleichsweise hohe Kostenanteil der Auffahrunfälle. Es ist davon auszugehen, dass diese Unfälle mit dem Wiedereinfädeln des Buses in den fließenden Verkehr und den damit verbundenen Behinderungen in Zusammenhang stehen. Als Maßnahmen gegen solche Unfälle können z. B. partielle ÖPNV-Fahrstreifen angeordnet werden. Allerdings ist dies nur möglich, wenn sich die Busbucht vor einem Knotenpunkt mit LSA befindet.

Die Anzahl der Fahrstreifen wurde getrennt für beide Fahrrichtungen erfasst. Bei Haltestellen in Knotenpunktbereichen wurden dabei auch mögliche Abbiegefahrstreifen mit erfasst. Da durch die Betrachtung von HSK bei gegenüberliegenden THS Zu- und Ausfahrt wechseln, erfolgt die Auswertung über die Gesamtzahl der Fahrstreifen in Zu- und Ausfahrt. Des Weiteren wird danach unterschieden, ob eine bauliche Richtungstrennung zwischen den Fahrbahnen (ein- bzw. zweibahnig) vorhanden ist (Abbildung 38). Die $UKR_{U(P,SS)}$ der Überschreiten-Unfälle für Haltestellenbereiche mit insgesamt zwei, vier sowie fünf und mehr Fahrstreifen ist für Straßen mit baulicher Trennung der Fahrbahnen größer als für einbahnige Straßen (Abbildung 38). Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass durch eine bauliche Richtungstrennung der Fahrbahnen, die Sicherheit für querende Fußgänger erhöht werden kann, da dadurch der Querungsvorgang leichter unterbrochen werden kann und sich auf nur eine Fahrtrichtung konzentriert werden muss. Inwieweit verschiedene Haltestellenformen Einfluss auf dieses Ergebnis haben lässt sich nicht sicher beurteilen, da bei einer weiteren Unterteilung der Daten vor allem für die zweibahnigen Straßen, die Stichprobe zu klein wird. Der Anstieg der $UKR_{U(P,SS)}$ für Unfälle im Längsverkehr bei zunehmender Fahrstreifenanzahl (Ausnahme: Straßen mit vier Fahrstreifen) ist auf die höheren Geschwindigkeiten bei diesen Querschnitten (siehe SCHÜLLER 2010) und die Möglichkeit Fahrstreifenwechsel vorzunehmen zurückzuführen.

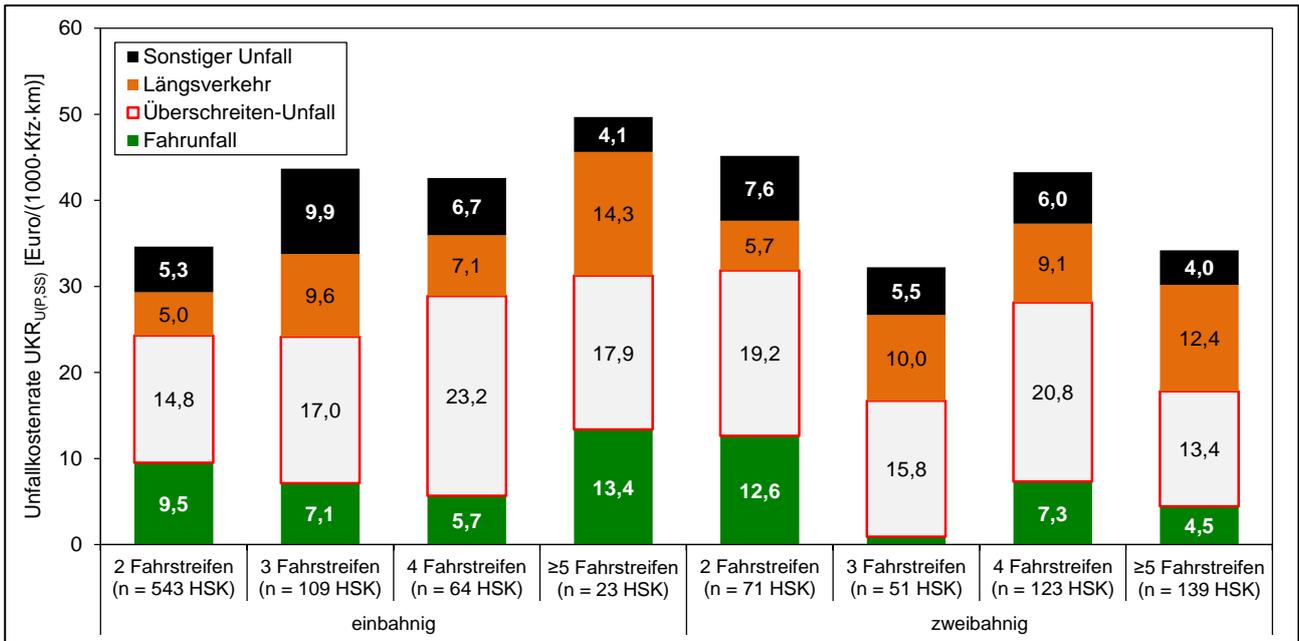


Abbildung 38: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Anzahl der Fahrstreifen (als Summe beider Fahrtrichtungen) und Anzahl der Fahrbahnen sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Hinsichtlich des Parkens am Fahrbahnrand ist die These zu prüfen, dass parkende Fahrzeuge die Sichtbeziehungen zwischen querenden Fußgängern und Kraftfahrzeugverkehr verschlechtern.

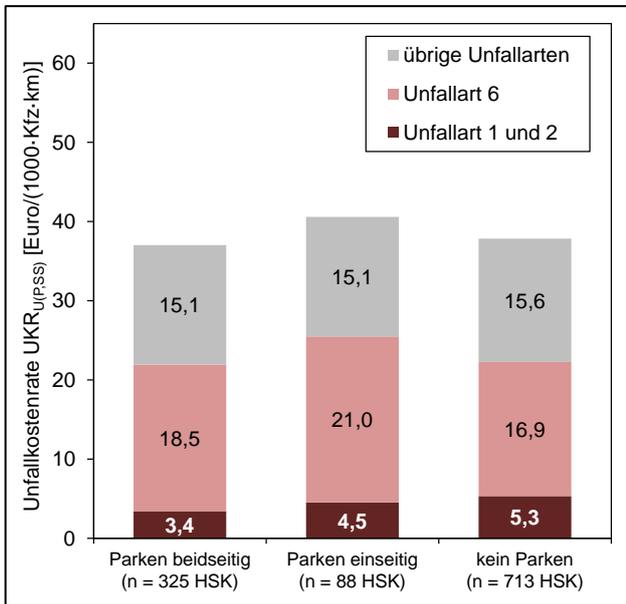


Abbildung 39: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für alle Haltestellenformen nach Parkierungsmöglichkeiten und Unfallart (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

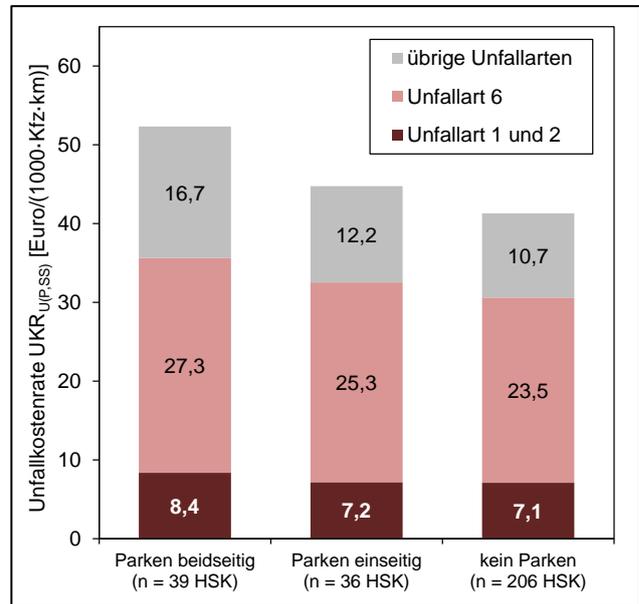


Abbildung 40: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen in Mittellage (Mittel-/ Seitenbahnsteig) und an ÖPNV-Trassen nach Parkierungsmöglichkeiten und

Unfallart (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Die $UKR_{U(P, SS)}$ für Unfallart 6 (Kollisionen mit Fußgängern) scheint die These zu bestätigen (Abbildung 39). So ergibt sich über alle Haltestellenformen bei beidseitigem und einseitigem Parken im Haltestellenbereich eine geringfügig höhere $UKR_{U(P, SS)}$ als an Haltestellen an denen das Parken untersagt ist. Auffällig ist, dass sich bei einseitigem Parken die höchste $UKR_{U(P, SS)}$ für Unfallart 6 ergibt. Da das Parken im unmittelbaren Haltestellenbereich nur bei Haltestellen in Mittellage (mit Mittel- und Seitenbahnsteig) sowie bei Haltestellen an separaten ÖPNV-Trassen möglich ist, sind in Abbildung 40 die $UKR_{U(P, SS)}$ für diese Haltestellenformen dargestellt. Für diese Haltestellenformen kann die These, dass das Parken einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit der Fußgänger/Fahrgäste hat, bestätigt werden. So ergibt sich für Unfallart 6 bei beidseitigem Parken an diesen Haltestellen eine um 3,8 €/ (1000-Kfz·km) und bei einseitigem Parken eine um 1,8 €/ (1000-Kfz·km) höhere $UKR_{U(P, SS)}$ als an Haltestellen, an denen das Parken verboten ist. Da sowohl beim ein- als auch beim beidseitigem Parken die $UKR_{U(P, SS)}$ der übrigen Unfallarten in ähnlichem Maße steigen, kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass neben dem Parken auch andere Einflussfaktoren ursächlich für das höhere Unfallrisiko sind.

Radverkehrsführung

Hinsichtlich der Radverkehrsführung werden die Auswertungen getrennt für Haltestellen mit Wartebereichen im Seitenraum (Haltestellen auf der Fahrbahn mit und ohne Zeitinsel, am Fahrbahnrand, Haltestellenkaps und Busbuchten) und Haltestellen mit separaten Wartebereichen (Haltestellen in Mittellage mit Mittel- oder Seitenbahnsteig sowie an separaten ÖPNV-Trassen) vorgenommen.

Haltestellen mit Wartebereichen im Seitenraum

Aus der Verteilung der $UKR_{U(P, SS)}$ über die verschiedenen Radverkehrsführungen ergeben sich keine klaren Tendenzen (Abbildung 41 bis Abbildung 43). Die beiden Führungsformen die bei geringen bis mittleren Kfz-Verkehrsstärken in Betracht kommen (Mischverkehr mit und ohne Schutzstreifen), weisen eine vergleichbare $UKR_{U(P, SS)}$ auf. Dabei ist der hohe Kostenanteil der Überschreiten-Unfällen an der $UKR_{U(P, SS)}$ bei Schutzstreifen auffällig. Bezieht man die Verkehrsbeteiligungsart der Unfallverursache und –beteiligten (Abbildung 42 und Abbildung 43) mit ein, so ist zu festzustellen, dass die Überschreiten-Unfälle aus Kollisionen zwischen Fußgängern und Kraftfahrzeugen resultieren, bei denen die Fußgänger mehrheitlich Unfallverursacher sind. Ein Zusammenhang zwischen diesen Unfällen und der Anlage eines Schutzstreifens ist kaum herzustellen. Eine Empfehlung für oder gegen Schutzstreifen bei der Führung im Mischverkehr ist daher nicht möglich.

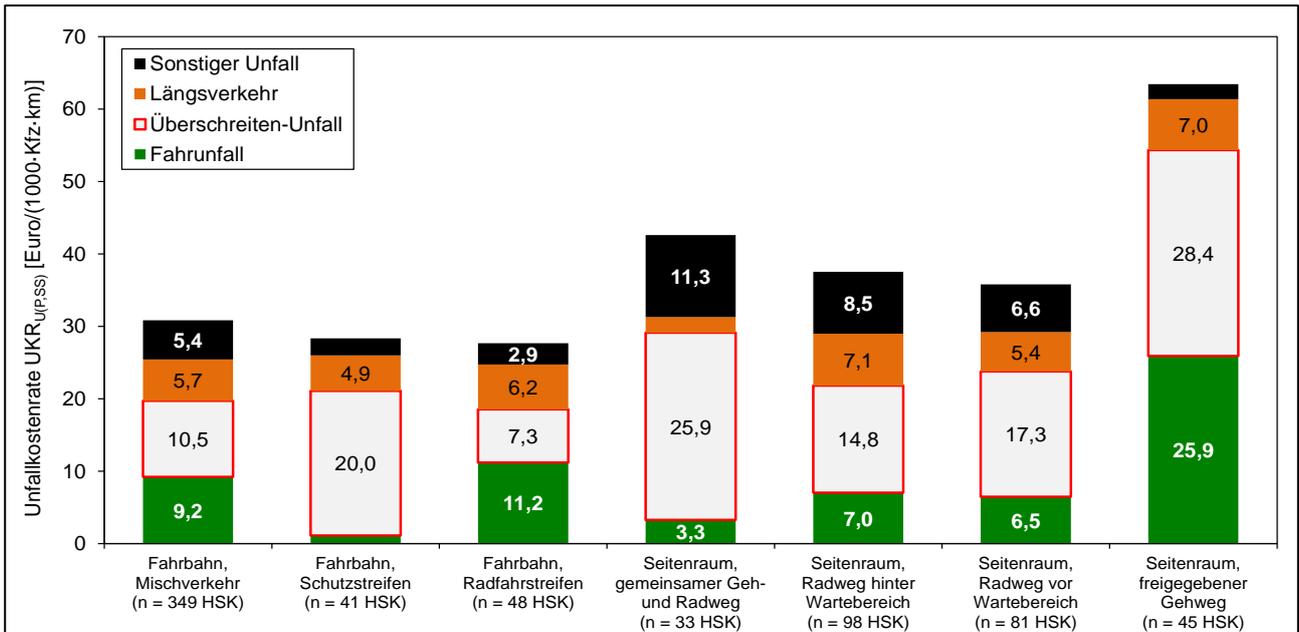


Abbildung 41: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum nach Art der Radverkehrsführung sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Bei höheren Kfz-Verkehrsstärken sind in der Regel eigene Radverkehrsanlagen erforderlich. Vergleicht man die Sicherheitsgrade dieser Führungsformen, so ist für Radfahrstreifen das höchste Sicherheitsniveau festzustellen. Separate Radwege weisen das zweithöchste Sicherheitsniveau für eigene Radverkehrsanlagen auf, dabei ist es unerheblich ob der Radweg vor oder hinter dem Wartebereich geführt wird (nahezu identische Unfallstruktur hinsichtlich Typ und Beteiligung).

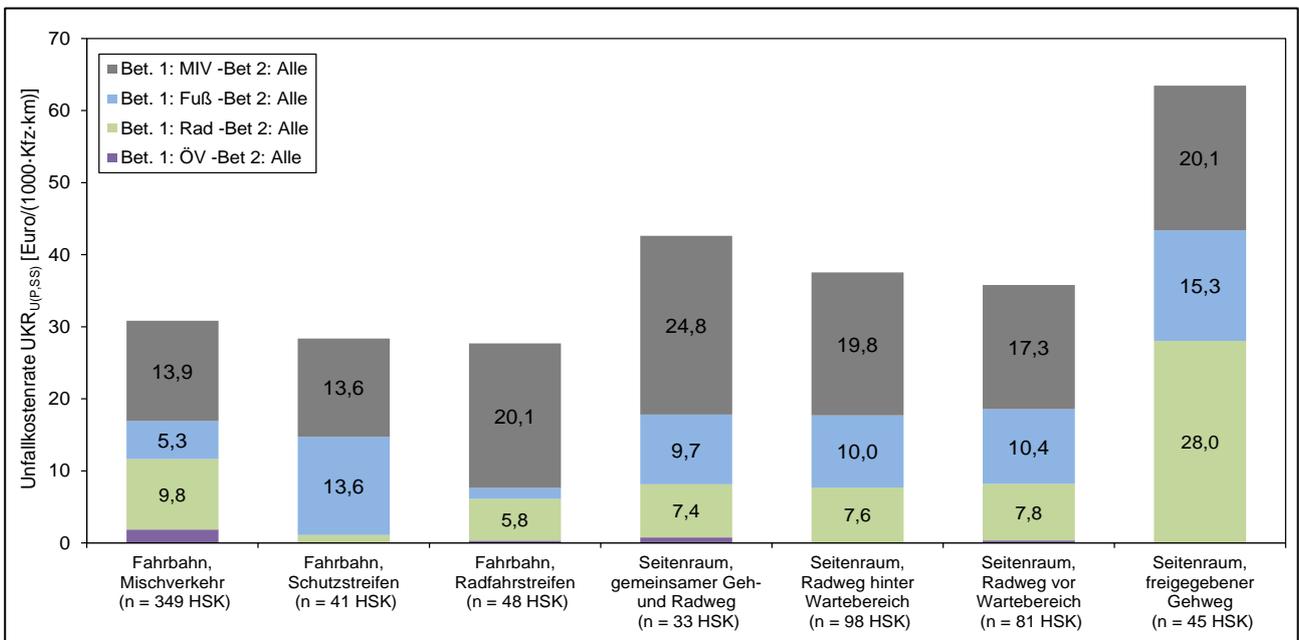


Abbildung 42: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

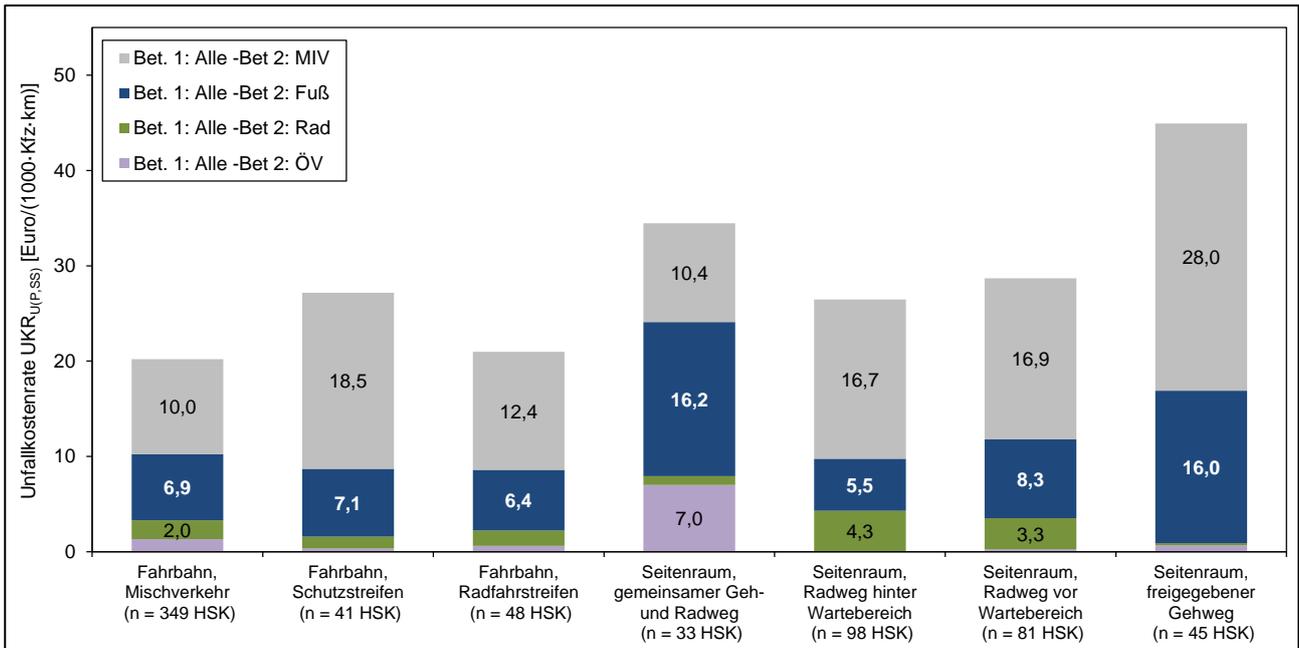


Abbildung 43: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit Wartebereich im Seitenraum nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Die zweithöchste $UKR_{U(P,SS)}$ ergibt sich für die Führungsform gemeinsamer Geh- und Radweg. Wie bei den Schutzstreifen ist auch bei dieser Führungsform der hohe Kostenanteil der Überschreiten-Unfälle auffällig. Werden die $UKR_{U(P,SS)}$ nach Unfallverursacher und –beteiligten hinzugezogen, ist festzustellen, dass im Vergleich zu den übrigen Radverkehrsführungsformen im Seitenraum der Anteil der Radfahrer weder bei den Hauptverursachern noch bei den Beteiligten eine Erklärung ermöglicht. Radfahrer sind sogar seltener Unfallbeteiligte als auf separaten Radwegen. Die Überschreiten-Unfälle ereignen sich bei der Führungsform gemeinsamer Geh- und Radweg zwischen Fußgängern und dem Kfz-Verkehr bzw. ÖV-Fahrzeugen, wobei die Kfz-Führer häufiger Unfallverursacher sind. Wie bei den Schutzstreifen, fällt es schwer, die für gemeinsame Geh- und Radweg ermittelte hohe $UKR_{U(P,SS)}$ mit der Radverkehrsführung in Zusammenhang zu bringen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind andere unfallbegünstigende Faktoren oder Zufallseinflüsse für die hohe $UKR_{U(P,SS)}$ verantwortlich. Eine weitere Differenzierung der Haltestellen mit gemeinsamen Geh- und Radwegen ist aufgrund der geringen Anzahl an HSK nicht möglich.

Die höchste $UKR_{U(P,SS)}$ ergibt sich für Haltestellen bei denen der Gehweg für die Benutzung durch Radfahrer freigegeben ist. Bei dieser Führungsform kann der Radfahrer wählen, ob er im Seitenraum fährt oder auf der Fahrbahn. Auffällig sind für diese Führungsform die hohen Kostenanteil der Fahrnfälle. Eine nähere Betrachtung der $UKR_{U(P,SS)}$ der Fahrnfälle zeigt, dass 68 % dieser Kosten auf Alleinunfällen von Radfahrern zurückzuführen sind. Ob sich diese Unfälle zum Beispiel beim Wechsel der Radfahrer aus dem Seitenraum auf die Fahrbahn ergeben, kann im Rahmen der makroskopischen Betrachtung nicht geklärt werden, aber als Fragestellung für die Detailanalysen definiert werden. Der größte Teil der $UKR_{U(P,SS)}$ für freigegebene Gehwege resultiert aus Überschreiten-Unfällen (Abbildung 106). Die Betrachtung der Verkehrsbeteiligungsarten für diese Unfälle zeigt, dass sie sich aus Kollisionen zwischen Fußgängern und Kraftfahrzeugen ergeben, wobei Fußgänger und Kraftfahrzeugführer zu gleichen Teilen Hauptverursacher dieser Unfälle

sind. Wie bei Haltestellen mit den Radverkehrsführungsformen gemeinsamer Geh- und Radweg sowie Schutzstreifen fällt es schwer, die für freigegebene Gehwege ermittelte hohe $UKR_{U(P, SS)}$ für Überschreiten-Unfälle mit der Radverkehrsführung in Zusammenhang zu bringen. Andere unfallbegünstigende Faktoren oder Zufallseinflüsse sind vermutlich für die hohe $UKR_{U(P, SS)}$ verantwortlich.

Haltestellen mit separaten Wartebereichen

Die Haltestellenformen mit separaten Wartebereichen umfassen die Haltestellen in Mittel-lage mit Mittel- oder Seitenbahnsteig sowie an separaten ÖPNV-Trassen.

Die $UKR_{U(P, SS)}$ in Abbildung 44 zeigen, dass an Haltestellen mit separatem Wartebereich und Radverkehrsführungen auf der Fahrbahn ein höheres Unfallrisiko aufweisen, als HSK mit Radverkehrsführung im Seitenraum. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für Haltestellen an denen Schutzstreifen markiert sind, die Stichprobe mit 12 HSK zu gering ist, um allgemeine Aussagen zum Sicherheitsniveau ableiten zu können.

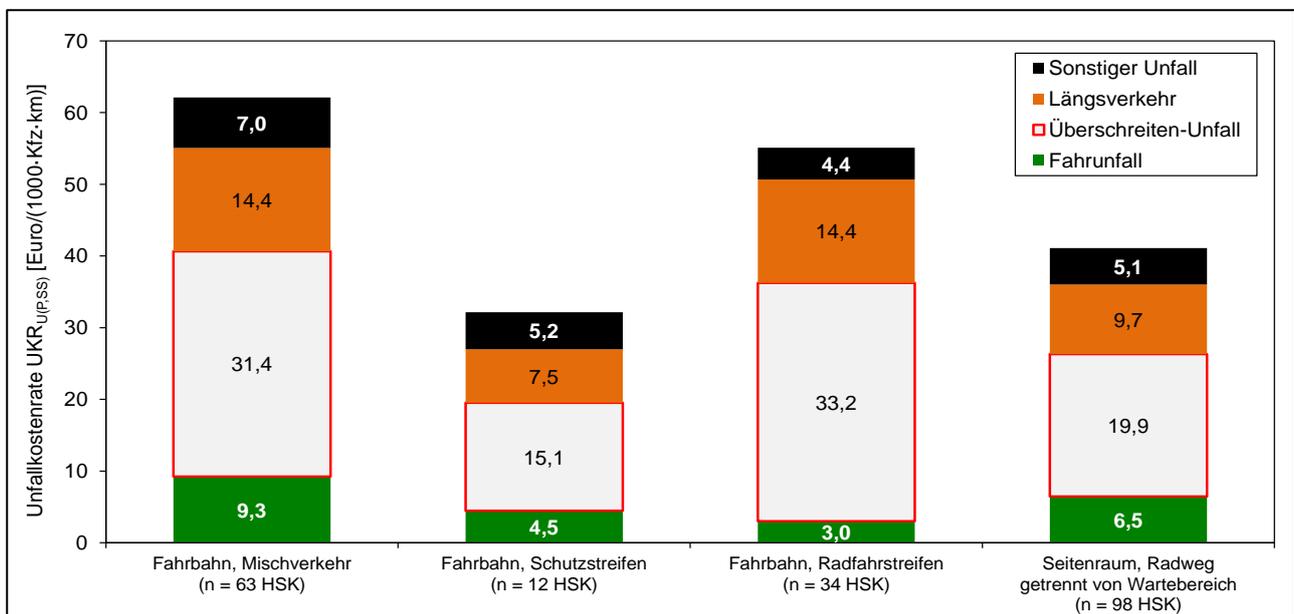


Abbildung 44: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit separatem Wartebereich nach Art der Radverkehrsführung sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

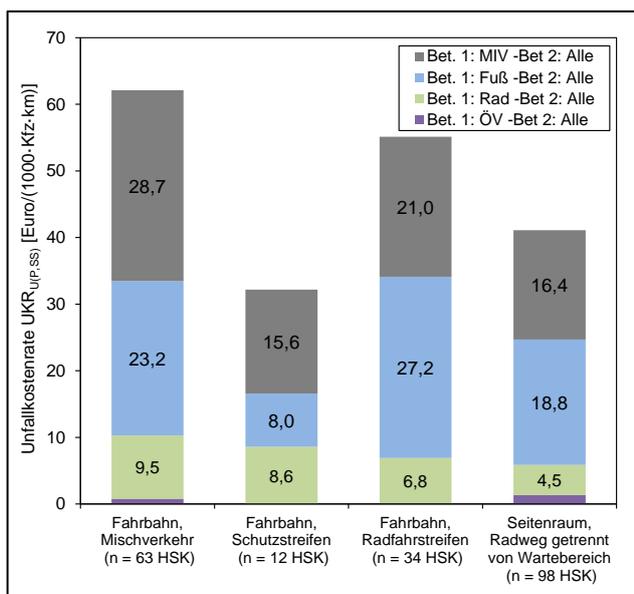


Abbildung 45: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit separatem Wartebereich nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

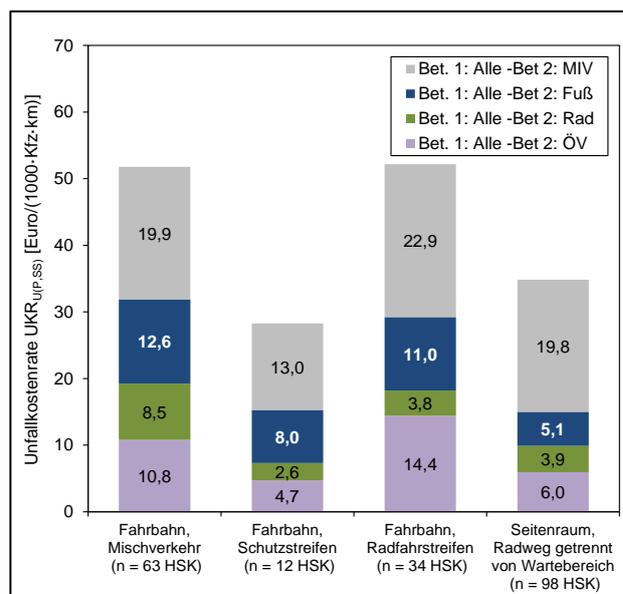


Abbildung 46: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen mit separatem Wartebereich nach Art der Radverkehrsführung sowie Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Maßgebend für das geringere Unfallrisiko an Haltestellen mit Radverkehrsführung im Seitenraum ist die deutlich geringere $UKR_{U(P,SS)}$ für Überschreiten-Unfälle. Die Unfallbeteiligten-Konstellationen in Abbildung 45 und Abbildung 46 verdeutlichen, dass sich für Radfahrende als Hauptverursacher und Beteiligte an Unfällen nur vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Radverkehrsführungsformen ergeben. An Haltestellen an denen die Radfahrer im Mischverkehr geführt werden, ergibt sich die $UKR_{U(P,SS)}$ für Überschreiten-Unfälle zu gleichen Teilen aus Kollisionen zwischen Fußgängern und ÖV-Fahrzeugen, Fußgängern und Kraftfahrzeugen sowie Kraftfahrzeugen und Fußgängern. An Haltestellen mit Radfahrstreifen resultiert die $UKR_{U(P,SS)}$ für Überschreiten-Unfälle zu 42 % aus Kollisionen zwischen Fußgängern und ÖV-Fahrzeugen zu 30 % aus Unfällen zwischen Fußgängern und Kraftfahrzeugen sowie zu 22 % aus Unfällen zwischen Kraftfahrzeugen und Fußgängern. Lediglich 6 % der $UKR_{U(P,SS)}$ ergeben sich aus Unfällen zwischen Radfahrern und Fußgängern. Eine vergleichbare Verteilung ergibt sich auch für die $UKR_{U(P,SS)}$ der Überschreiten-Unfälle bei der Führung des Radverkehrs im Seitenraum.

Es ist festzustellen, dass sich die Sicherheitsunterschiede der betrachteten Radverkehrsführungen an Haltestellen in Mittellage mit Mittel- oder Seitenbahnsteig sowie an separaten ÖPNV-Trassen nur im geringen Maße mit Radverkehrsunfällen in Zusammenhang stehen und folglich andere Faktoren einen maßgebenderen Einfluss besitzen. Eine Empfehlung konkreter Maßnahmen für den Radverkehr ist bei diesen Haltestellenformen anhand der Ergebnisse der makroskopischen Betrachtung nicht möglich.

Sicherung von Haltestellenzu- und abgängen sowie Gleisbereichen

Die $UKR_{U(P,SS)}$ in Abbildung 47 ergibt für Straßenbahnhaltestellen (einschl. Haltestellen an denen Straßenbahnen und Busse halten) ohne technische Sicherung der Fahrbahn das höchste Unfallrisiko.

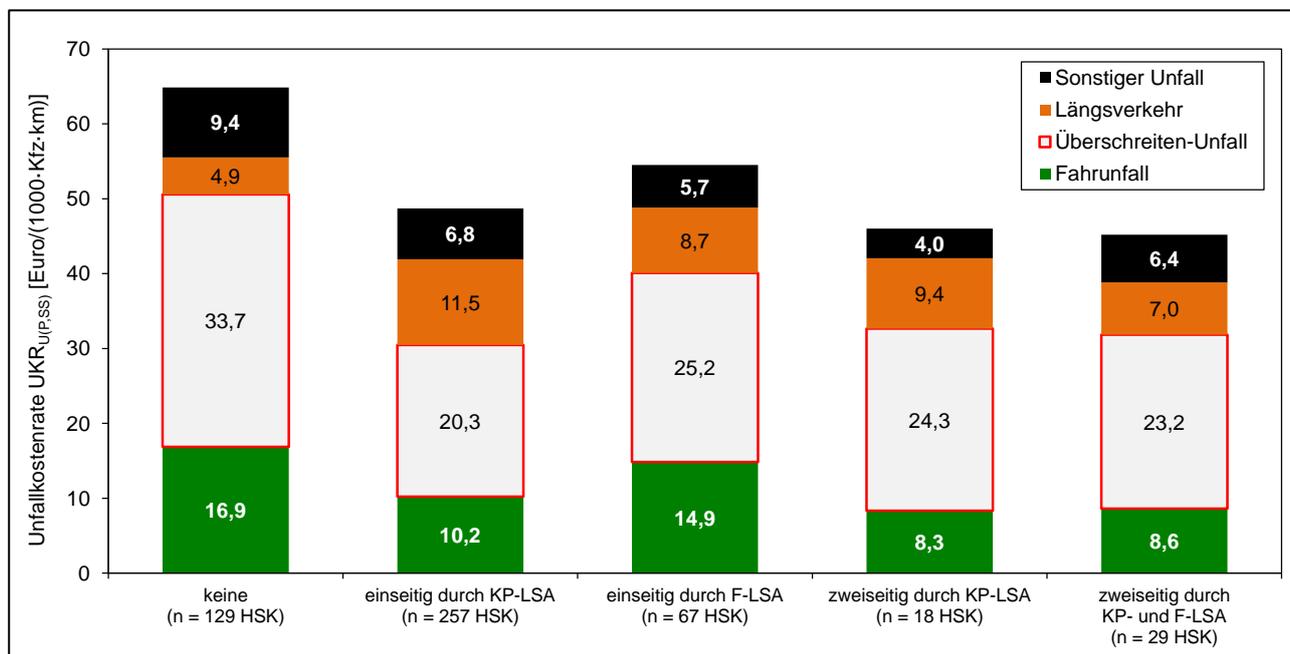


Abbildung 47: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach technischer Sicherung der Fahrbahn sowie Unfalltyp an Straßenbahnhaltestellen (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

An Straßenbahnhaltestellen mit technischer Sicherung der Querungsvorgänge weisen Haltestellen mit einseitiger Fußgänger-LSA (F-LSA) ein geringfügig höheres Unfallrisiko als Haltestellen mit einseitiger Knotenpunkt-LSA (KP-LSA) und zweiseitiger Sicherung auf. Dabei resultieren die höheren $UKR_{U(P,SS)}$ für Haltestellen ohne technische Sicherung und einseitiger F-LSA vor allem aus höheren Kosten durch Überschreiten- und Fahrnfälle. An Haltestellen mit einseitiger F-LSA kann das verstärkte auftreten der Überschreiten-Unfälle vermutlich durch Akzeptanzprobleme der F-LSA in Zusammenhang mit weniger komplizierten Querungssituationen (im Vergleich zu Knotenpunkten) aber auch die anteilmäßig häufiger über den Knotenpunkt erreichbaren Ziele der Fußgänger (Fußgänger verlassen HS über den Knotenpunkt und damit über eine gesicherte Querungsstelle) erklärt werden. An Haltestellen ohne technische Sicherung steht der hohe Kostenanteil der Überschreiten-Unfälle in unmittelbarem Zusammenhang mit der fehlenden technischen Sicherung. Die Unterschiede für die Fahrnfälle lassen keinen direkten Zusammenhang mit der Sicherungsform erkennen, da es sich bei allen Sicherungsformen zu über 50 % um Alleinunfälle von Radfahrern handelt.

Wird die Anzahl der Fahrstreifen im Haltestellenbereich mit einbezogen, so ist festzustellen, dass 82 % der Haltestellen die keine technische Sicherung besitzen an zweistreifigen Straßen liegen. In den Kollektiven mit Sicherungsmaßnahmen liegt der Anteil der Straßen mit zwei Fahrstreifen zwischen 7 % und 50 %. Das bedeutet zum einen das bei größeren Straßenquerschnitten in der Praxis verstärkt technische Sicherungsmaßnahmen angeordnet werden und zum anderen, dass das Unfallrisiko an zweistreifigen Straßen in der Praxis vermutlich niedriger eingeschätzt wird, weshalb eher auf technische Sicherungen verzichtet

wird. Abbildung 47 verdeutlicht, dass die Verkehrssicherheit für Straßenbahnhaltstellen an zweistreifigen Straßen durch die Signalisierung von Überquerungsstellen der Fahrbahn erhöht werden kann.

Für Busbuchten, Bushaltestellen am Fahrbahnrand und Bushaltestellenkaps ergeben sich für die verschiedenen Sicherungsmöglichkeiten der Fahrbahn kaum Unterschiede, weshalb auf eine Darstellung der $UKR_{U(P,SS)}$ verzichtet wird. Dabei weisen Bushaltestellen ohne gesicherte Querungsmöglichkeiten das geringste Unfallrisiko auf. Eine mögliche Erklärung bildet die Tatsache, dass Bushaltestellen im Gegensatz zu Straßenbahnhaltstellen größere Entfernungen zu F-LSA oder KP-LSA aufweisen und die Fahrgäste die gesicherten Querungsanlagen weniger nutzen.

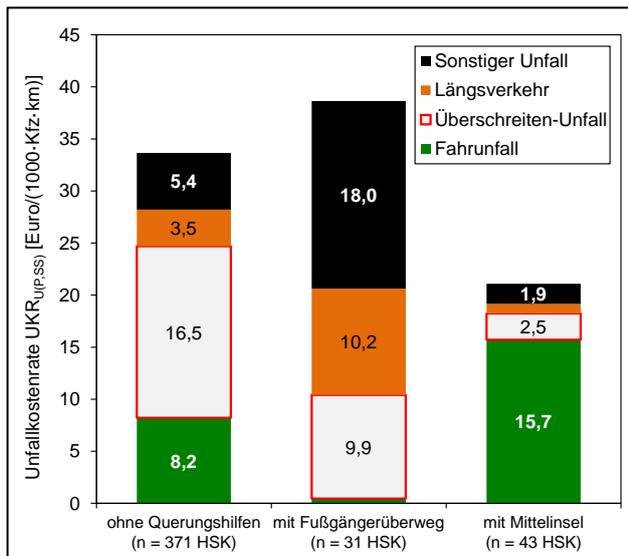


Abbildung 48: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen ohne technische Sicherung nach Art der Querungshilfe und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

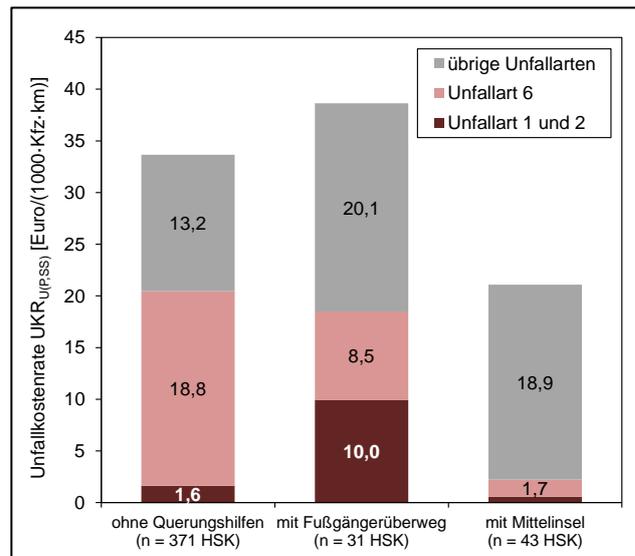


Abbildung 49: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Haltestellen ohne technische Sicherung nach Art der Querungshilfe und Unfallart (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Neben der technischen Sicherung können Querungsvorgänge auch durch Fußgängerüberwege bzw. Mittelinseln gesichert bzw. erleichtert werden. Die $UKR_{U(P,SS)}$ nach Unfalltyp bzw. -art in Abbildung 48 bzw. Abbildung 49 für Haltestellen ohne technische Sicherung der Fahrbahn, zeigen dass sich durch die Anlage von Mittelinseln kaum Überschreiten-Unfälle ereignen, dafür vermehrt Fahrunfälle, welche zu 40 % aus Alleinunfällen von Radfahrern und zu 40 % aus Alleinunfällen von Kraftfahrzeugen resultieren. Neben der technischen Sicherung im Bereich von Haltestellen bilden Mittelinseln vor allem bei zweistreifigen Fahrbahnen (über 80 % der untersuchten Haltestellen mit Mittelinseln liegen an solchen Fahrbahnen) folglich eine sinnvolle Alternative. Für Haltestellen mit Fußgängerüberwegen ergibt sich ein höheres Unfallrisiko als für Haltestellen ohne Querungshilfe. Dabei resultiert das höhere Unfallrisiko vor allem aus sonstigen Unfällen (Abbildung 48). Auffahrunfälle an FGÜ (Unfallart 1 und 2) sowie Unfälle mit Fußgängern (Unfallart 6) sind ebenfalls ursächlich, wobei der absolute Beitrag der Unfälle mit Fußgängern an der $UKR_{U(P,SS)}$ niedriger ist als an

Haltestellen ohne Querungshilfen (Abbildung 49). Eine allgemeine Aussage, dass das Unfallrisiko an Fußgängerüberwege größer ist als an Haltestellen ohne Querungshilfe sollte vor diesem Hintergrund und der vergleichsweise geringen Stichprobe nicht abgeleitet werden.

Eine von der Fahrbahn unabhängige technische Sicherung der Gleisanlage (i. d. R. besonderer Bahnkörper) ist nur an Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit Seiten- und Mittelbahnsteig sowie an Straßenbahnhaltestellen im Zuge separater ÖPNV-Trassen möglich. Bei den anderen Straßenbahnhaltestellenformen erfolgt die technische Sicherung an den untersuchten Haltestellen gemeinsam mit der Signalisierung des übrigen Fahrzeugverkehrs – siehe auch Abbildung 47.

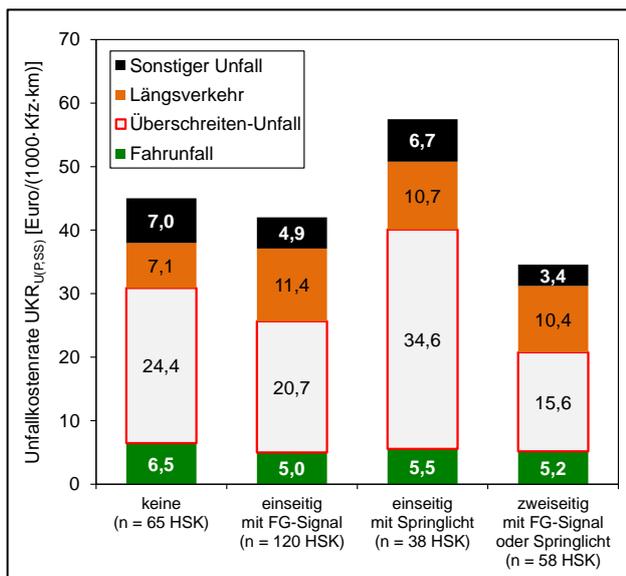


Abbildung 50: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Straßenbahnhaltestellen in Mittellage und an separaten ÖPNV-Trassen nach technischer Sicherung der Gleise und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

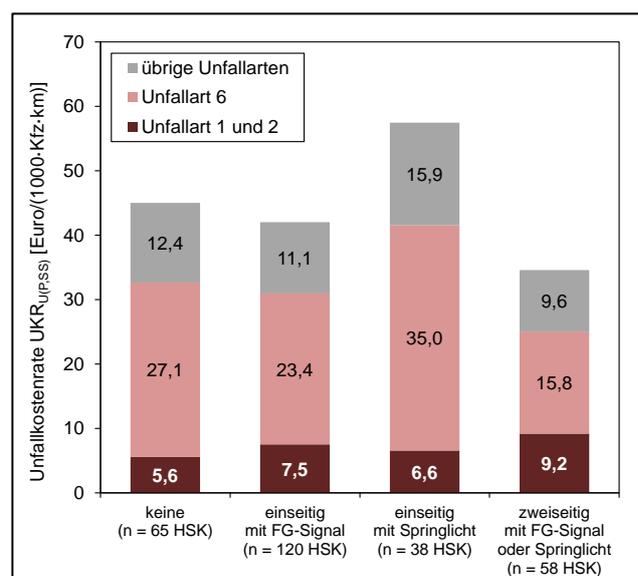


Abbildung 51: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für Straßenbahnhaltestellen in Mittellage und an separaten ÖPNV-Trassen nach technischer Sicherung der Gleise und Unfallart (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Die Unterscheidung der Sicherungsvarianten für Gleisanlagen erfolgte gemäß den Vorgaben in Kapitel 4.2.1. Die $UKR_{U(p,ss)}$ nach Unfalltyp (Abbildung 50) und Unfallart (Abbildung 51) ergibt für Haltestellen mit zweiseitiger Sicherung den geringsten Wert und somit das niedrigste Unfallrisiko. Da die untersuchten Haltestellen in Mittellage und an separaten ÖPNV-Trassen in der Regel an beiden Bahnsteigenden Überquerungsstellen besitzen, bedeutet zweiseitige Sicherung, dass alle Überquerungsstellen an der Haltestelle technisch gesichert sind. Eine Unterscheidung nach Art der technischen Sicherung (Springlicht bzw. FG-Signal) ist für Haltestellen mit zweiseitiger Sicherung aufgrund der Stichprobengröße nicht möglich. Das niedrigere Unfallrisiko bei zweiseitiger Sicherung resultiert vor allem aus dem geringeren Anteil an Überschreiten- bzw. Fußgänger-Unfällen (Unfallart 6). Das höchste Unfallrisiko weisen Haltestellen auf, an denen nur eine Überquerungsstelle mit Springlicht signalisiert ist – allerdings auch bei der geringsten Stichprobengröße. Das hohe

Unfallrisiko wird dabei maßgeblich durch den hohen Kostenanteil für Überschreiten- bzw. Fußgänger-Unfälle bestimmt, wobei 40 % dieser Kosten aus Unfällen zwischen Fußgänger und ÖV-Fahrzeugen resultieren. Dass Haltestellen mit einseitigem Springlicht unsicherer als Haltestellen ohne technische Sicherung sind, sollte nicht als allgemeine These angenommen werden. So haben verschiedene Untersuchungen gezeigt (z. B. der Zentralhaltestelle in Chemnitz), dass die Sicherheitswirkungen von Springlichtern und Rot/Grün- bzw. Rot/Dunkel-Signalen an Überquerungsstelle stark von der Plausibilität der Signalisierung abhängt. Möglichst kurze Vor- und Nachblinkzeiten bzw. Sperrzeiten vor und nach Durchfahrt der Straßenbahn führen zu einer hohen Akzeptanz – siehe auch FGSV (2015). Dies kann durch genaue Abmeldepunkte und entsprechend technische Systeme realisiert werden. Da die Plausibilität der Signalisierung an den untersuchten Haltestellen nicht überprüft werden konnte, muss dies bei der Interpretation der $UKR_{U(P, SS)}$ für einseitige Sicherung (Springlicht und FG-Signal) berücksichtigt werden. Vor allem die Ergebnisse für Haltestellen mit zweiseitiger technischer Sicherung zeigen, dass entsprechende Lichtsignale die Verkehrssicherheit verbessern.

Im Ergebnis ist daher festzuhalten, dass an Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit Seiten- und Mittelbahnsteig sowie an Straßenbahnhaltestellen im Zuge separater ÖPNV-Trassen eine möglichst plausible technische Sicherung aller Überquerungsstellen von Gleisanlagen anzustreben ist.

Lage der Haltestellen

Hinsichtlich der Lage der Haltestellen wurden zwei Merkmale erfasst. Das erste Merkmal bildet die räumliche Lage der THS eines HSK zueinander. Dabei wurden nur HSK berücksichtigt, die sich im Bereich eines Verkehrsstraßen- oder Anschlussknotenpunktes befinden. Liegen die THS gegenüber wird nicht danach differenziert, ob die Haltestellen sich vor oder hinter dem Knotenpunkt befinden, da dann die THS der einen Fahrtrichtung vor und die der anderen Fahrtrichtung hinter dem Knotenpunkt liegt. Liegen die Haltestellen versetzt zueinander wird danach unterschieden, ob die THS „links versetzt“ (d.h. in Fahrtrichtung vor dem Knotenpunkt) oder „rechts versetzt“ (d.h. in Fahrtrichtung hinter dem Knotenpunkt) angeordnet sind.

Für gegenüberliegende und links versetzte Haltestellen ergeben sich vergleichbare $UKR_{U(P, SS)}$. Allerdings ist der Kostenanteil der Überschreiten-Unfälle bei gegenüberliegenden Haltestellen $3,5 \text{ €}/(1000 \cdot \text{Kfz} \cdot \text{km})$ höher als bei links versetzten Haltestellen, an denen dafür die $UKR_{U(P, SS)}$ der übrigen Unfalltypen entsprechend höher liegen (Abbildung 52). Rechts versetzte Haltestellen weisen die geringste $UKR_{U(P, SS)}$, wobei sich die Unterschiede vor allem aus geringeren Unfallkosten für Überschreiten-Unfälle und sonstige Unfälle ergeben. Die geringeren Kostenanteile der Überschreiten-Unfälle für räumlich versetzt angeordnete Haltestellen können z. B. dadurch erklärt werden, dass die Signalisierung am Knotenpunkt besser auf die Lage der Haltestellen angepasst werden kann und somit Fahrgäste die zum Erreichen oder nach Verlassen des ÖV-Mittels die Straße queren, durch entsprechende Fußgängerfreigabezeiten geschützt werden. An gegenüberliegende Haltestellen ist eine solche Anpassung der LSA-Steuerung nur für eine Fahrtrichtung möglich, da beide Fahrtrichtungen i. d. R. gemeinsam freigegeben werden.

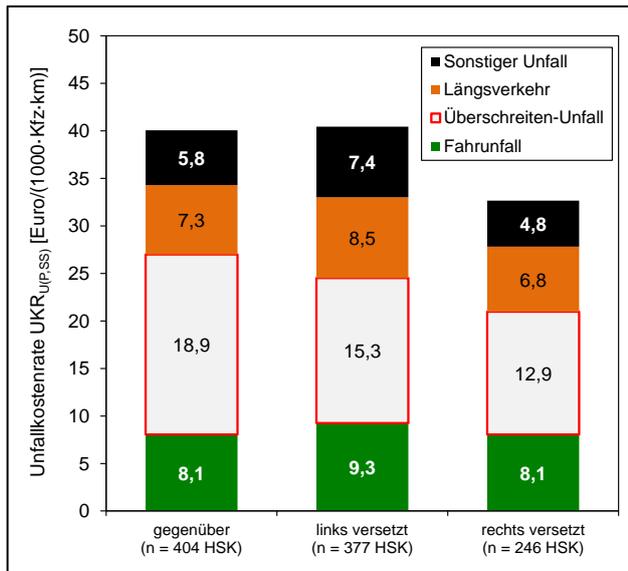


Abbildung 52: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach räumlicher Lage der Haltestellen und Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

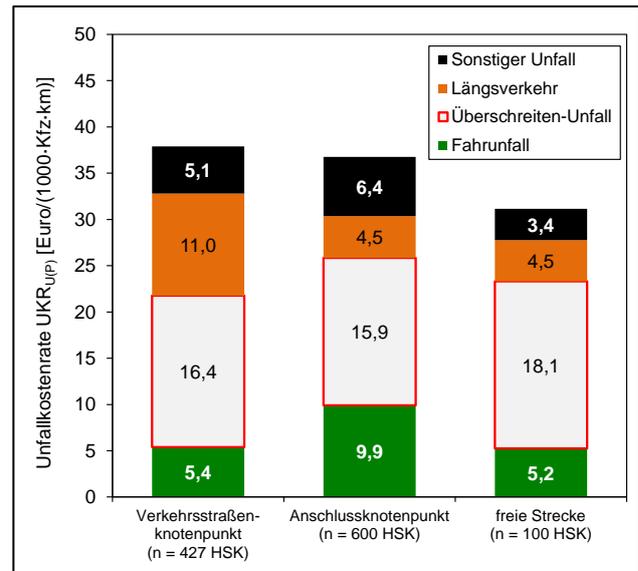


Abbildung 53: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Lage der Haltestellen in Bezug zu Netzelementen und Unfallart (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Das zweite Merkmal bildet die Lage des HSK in Bezug zu Netzelementen. Dabei wird danach unterschieden, ob der Knotenpunkt im Bereich eines Verkehrsstraßenknotenpunktes (Knotenpunkt zweier Hauptverkehrsstraßen), im Bereich eines Anschlussknotenpunktes (Knotenpunkt einer Hauptverkehrsstraße mit einer Erschließungsstraße) oder im Bereich der freien Strecke (Abstand zum nächsten Verkehrsstraßen- oder Anschlussknotenpunkt größer 200 m) liegt. Die $UKR_{U(P, SS)}$ in Abbildung 53 lassen folgende Schlüsse für die verschiedenen Haltestellenlagen zu:

- Haltestellen an Verkehrsstraßenknotenpunkten weisen die höchsten $UKR_{U(P, SS)}$ für Unfälle im Längsverkehr im Vergleich der drei Gruppen auf: Auffahrunfälle und Unfälle beim Fahrstreifenwechsel treten aufgrund der höheren Verkehrsstärken sowie der größeren Fahrstreifenanzahl an Verkehrsstraßenknotenpunkten verstärkt auf.
- Haltestellen an Anschlussknotenpunkten weisen die höchsten $UKR_{U(P, SS)}$ für Fahr Unfälle im Vergleich der drei Gruppen auf: Knapp zweidrittel dieser Unfallkosten ergeben sich aus Alleinunfällen von Radfahrern. Vermutlich stehen diese Unfälle aber nicht mit der Lage der Haltestelle, sondern dem allgemeinen Unfallgeschehen an Anschlussknotenpunkten (Unfälle im Radverkehr treten häufiger an Anschlussknotenpunkten ohne LSA auf) in Zusammenhang.
- Haltestellen auf der freien Strecke weisen die höchsten $UKR_{U(P, SS)}$ für Überschreiten-Unfälle im Vergleich der drei Gruppen auf: An Verkehrsstraßen- und Anschlussknotenpunkten können Fahrgäste/Fußgänger die Knotenpunkt-LSA zum gesicherten Queren nutzen. Auf der freien Strecke kann nur gesichert gequert werden, wenn eine Fußgänger-LSA vorhanden ist.

Typische Entwurfssituationen

Da ein Großteil der untersuchten Haltestellen an Straßen liegen, die vor der Veröffentlichung der RAS_t geplant wurden und die typischen Entwurfssituationen sich nicht immer Trennscharf voneinander abgrenzen lassen (gilt vor allem für Sammelstraße vs. Quartierstraße, örtliche Geschäftsstraße vs. Hauptgeschäftsstraße und Verbindungsstraße vs. anbaufreie Straße) ist die Zuordnung zu einer Entwurfssituation nicht immer eindeutig möglich. Das zeigt sich auch in den Ergebnissen der $UKR_{U(P, SS)}$ in Abbildung 54. Zum einem mussten Verbindungsstraßen und anbaufreie Straßen in einer Gruppe zusammengefasst werden und zum anderen ergeben sich für die Entwurfssituationen mit mangelnder Trennschärfe ähnliche $UKR_{U(P, SS)}$.

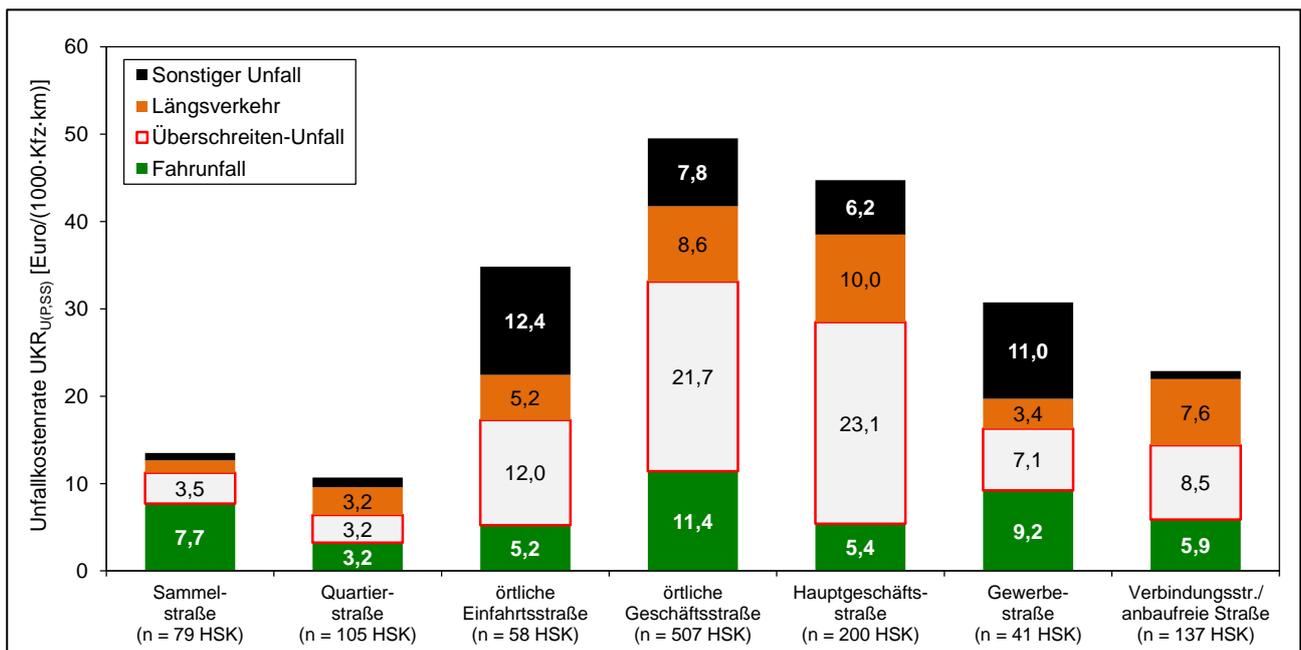


Abbildung 54: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach typischer Entwurfssituation der Straße sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Dabei entspricht die Verteilung der Kostenanteil für Überschreiten-Unfälle, welche den maßgebenden Anteil der Unfallkosten für Entwurfssituationen mit hohen $UKR_{U(P, SS)}$ ausmachen, weitgehend anderen Untersuchungsergebnissen:

- Straßen mit Geschäftsnutzung weisen die höchsten $UKR_{U(P, SS)}$ für Überschreiten-Unfälle auf, da beidseitige Geschäftsnutzung entsprechenden Querungsbedarf erzeugt (örtliche Geschäftsstraßen und Hauptgeschäftsstraßen) und diese Straßen in der Regel eine zulässige Geschwindigkeit von 50 km/h aufweisen.
- Sammel- und Quartierstraßen weisen aufgrund des geringen Geschwindigkeitsniveau die niedrigsten $UKR_{U(P, SS)}$ auf.
- Örtliche Einfahrtsstraßen weisen aufgrund mäßiger Randnutzung und des höheren Geschwindigkeitsniveaus die dritthöchste $UKR_{U(P, SS)}$ auf.
- Gewerbe-, Verbindungsstraßen und anbaufreie Straßen weisen zum Teil noch höhere Geschwindigkeitsniveaus auf, dafür weniger nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer, weshalb deren $UKR_{U(P, SS)}$ niedriger ist als die der örtlichen Einfahrtsstraßen.

Ein Bezug der Ergebnisse zu den Haltestellenformen bringt keinen Erkenntnisgewinn, da die Entwurfsituationen keine Erklärung für das Unfallgeschehen an Haltestellen liefern können.

Zur Einordnung und zum Vergleich der vorliegenden Erkenntnisse mit Ergebnissen anderer Untersuchungen sind in Tabelle 19 die UKR für alle Unfälle mit Personenschaden bzw. Personen- und schwerwiegendem Sachschaden für die verschiedenen typischen Entwurfsituationen dargestellt.

Tabelle 19: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personenschaden $UKR_{U(P)}$ sowie Personen- und schwerwiegendem Sachschaden $UKR_{U(P,SS)}$ nach typischer Entwurfsituation (alle Unfalltypen)

Typische Entwurfsituation nach RASSt 06 (FGSV, 2006)	Unfallkostenrate $UKR_{U(P)}$ [€/ (1000·Kfz·km)]	Unfallkostenrate $UKR_{U(P,SS)}$ [€/ (1000·Kfz·km)]	Anzahl HSK
Sammelstraße	32,1	44,8	79
Quartierstraße	27,4	29,8	105
örtliche Einfahrtsstraße	64,3	68,2	58
örtliche Geschäftsstraße	69,5	72,3	507
Hauptgeschäftsstraße	66,7	69,1	200
Gewerbestraße	42,1	45,5	41
Verbindungsstraße/anbaufreie Straße	32,5	34,2	137
Gesamtergebnis	56,7	60,0	1127

4.4 Multivariate Betrachtung

4.4.1 Methodik

Die bisher im Projekt durchgeführten Analysen beruhen im Wesentlichen auf Unfallkostenraten, berücksichtigen also nur den DTV des Kfz-Verkehrs als Expositionsgröße und setzen zusätzlich einen linearen Zusammenhang zwischen DTV_{MIV} voraus. Wie in der deskriptiven Analyse gezeigt, hat auch das Fahrgastaufkommen als Expositionsgröße Bedeutung, da dieses maßgeblich das Unfallgeschehen mit Fußgängerbeteiligung beeinflusst.

Daneben existieren weitere Größen, die die Situation an und um Haltestellen beschreiben. Diese Merkmale haben Einfluss auf das Unfallgeschehen, was die Effekte der hier v. a. relevanten haltestellenspezifischen Gestaltungsmerkmale auf das Unfallgeschehen überdecken kann. Im Folgenden werden deshalb multikriterielle Analysen durchgeführt werden. Diese dienen vor allem den Zielen

- eine quantifizierbare Bewertung der Zusammenhänge auf Basis des Signifikanzniveaus zu ermöglichen,
- mehr Expositionsgrößen zu berücksichtigen als in der deskriptiven Analyse möglich (u. a. Aufnahme des Fahrgastaufkommens),
- die Effekte nicht-haltestellenspezifischer Infrastrukturmerkmale als Grundniveau im Unfallgeschehen zu quantifizieren um damit

- zu bestimmen, welchen Netto-Einfluss auf das Unfallgeschehen (v. a. haltestellenspezifische) Merkmale haben.

Multivariate statistische Verfahren ermöglichen eine mathematische Beschreibung der Zusammenhänge zwischen dem Unfallgeschehen und mehrerer erklärender Merkmale. Unter der Annahme einer poisson-verteilter Unfallhäufigkeit scheiden jedoch klassische Regressionsmodelle aufgrund ihrer restriktiven Randbedingungen – normalverteilte Zufallsgrößen – aus. Dieser Einschränkung unterliegen Verallgemeinerte Lineare Modelle (GLM) nicht. Mit der Anwendung von GLM können signifikante Einflussgrößen auf die Unfallhäufigkeit identifiziert und deren Wirkung unabhängig von anderen Größen quantifiziert werden.

GLM finden im Bereich von Untersuchungen zur Verkehrssicherheit seit den 1980er Jahren Anwendung (MAYCOCK/HALL 1984, ZEGER et al. 1987) und werden seit den letzten Jahren auch im deutschen Raum vermehrt eingesetzt (HAUTZINGER et al. 2010, SCHÜLLER 2010, MAIER et al. 2013, BARK et al. 2017).

Form

Im Regelfall stellt die Unfallanzahl die abhängige Variable dar, die Struktur des Modells wird durch die weiteren berücksichtigten Variablen geprägt (Gleichung 4). Dabei stellt die Verteilungsfunktion der abhängigen Variable einen von drei Modellteilen dar – bei der Modellierung von Unfällen i. d. R. Poisson- oder negative Binomialverteilung. Diese entspricht der stochastischen Komponente des Modells. Der lineare Prädiktor, als zweiter Teil, umfasst die Summe aller Produkte der erklärenden Variablen und ihrer Parameter. Er entspricht der systematischen Komponente. Als dritter Bestandteil verbindet die gewählte Verknüpfungsfunktion (Link) in Abhängigkeit der Verteilungsfunktion – bei der Modellierung von Unfällen i. d. R. die Logarithmusfunktion – des Modells den linearen Prädiktor mit der abhängigen Variablen. Die Berücksichtigung der Offset-Variablen setzt die ermittelte Unfallanzahl in ein Verhältnis, welches in aller Regel einem Zeitraum – Unfälle pro Jahr – entspricht.

$$U = k \cdot q_{Kfz}^{\beta_1} \cdot q_{Fahrgäste}^{\beta_2} \cdot e^{\sum_{i=3}^n \beta_i \cdot x_i} \quad \text{Gleichung 4}$$

mit:

U	Unfallanzahl im betrachteten Zeitraum (abhängige Variable)
k	Konstante
q_{Kfz}	Kenngroße der Verkehrsstärke im Kraftfahrzeugverkehr (DTV)
$q_{Fahrgäste}$	Kenngroße der Verkehrsstärke der Ein- und Aussteiger im HSK
x	Einflussvariable (unabhängige Variable)
β	Regressionskoeffizient
i	Index für Einflussvariable und deren Regressionskoeffizient

Der lineare Prädiktor lässt sich bei der Implementierung erklärender Variablen sinnbildlich in die Teile Exposition und weiterer beschreibender Variablen (Risikofaktoren) differenzieren. Variablen der Exposition stellen Größen – in Gleichung 4 Variablen q_{Kfz} und $q_{Fahrgäste}$ – dar, die zur Quantifizierung eines Risikos herangezogen werden können. Dazu zählen in aller Regel die Verkehrsstärken des betrachteten Elements. Die Größenordnung Null für eine der Expositionsvariablen hat das Auftreten von null Unfällen zur Folge. Die Höhe der Regressionskoeffizienten gibt unmittelbar Auskunft über die Wirkung der Expositionsvariablen auf die abhängige Variable. Werte größer eins führen bei steigender Größenordnung der Exposition zu einem progressiven, Werte kleiner eins zu einem degressiven Anstieg der Zielvariablen. Ein linearer Zusammenhang liegt bei einem Wert von eins vor. Die Gruppe der beschreibenden Variablen (Risikofaktoren) hat die Exponentialfunktion zur Basis. Eine

fehlende Variablenbesetzung führt somit nicht zwangsläufig zu keinem Unfallgeschehen, da der Einzelterm in diesem Fall mit dem Faktor von 1 in der Gleichung berücksichtigt wird. Negative Regressionskoeffizienten führen zu einer Abnahme des Unfallgeschehens bei der Besetzung einer beschreibenden Variablen. Die Ermittlung der Regressionskoeffizienten des linearen Prädiktors erfolgt mittels Maximum-Likelihood-Schätzung.

Modellerstellung

Im Modell soll der Teil systematischer Streuung der abhängigen Variablen durch beschreibende Variablen möglichst umfassend erklärt werden. Die verbleibende zufällige Streuung entspricht dann der stochastischen Komponente der Verteilungsfunktion. Im Falle der Modellierung von Unfällen stellt diese die Poissonverteilung dar. Ausgangspunkt der Modellerstellung ist das Nullmodell, welches keine erklärenden Variablen enthält.

In der Vorwärtsselektion werden im Verlauf alle zur Verfügung stehenden Variablen einzeln dem Modell zugeführt und auf ihren Erklärungsanteil geprüft. Voraussetzung für eine eventuelle Aufnahme ist, dass die Variable einen signifikanten Nutzen zur Erklärung der Varianz – Modellgüte beschrieben über die Verringerung der Varianz mit Hilfe des Wald-Tests – als auch einen signifikanten Einfluss auf das Unfallgeschehen – Prüfung der Modelleffekte mit Likelihood-Ratio-Test – besitzt. Die Variable mit dem höchsten Erklärungsanteil wird in aller Regel in das Modell aufgenommen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass dies nicht zwangsläufig einen kausalen Zusammenhang zwischen Variable und Unfallgeschehen bedeutet. Hierfür ist immer auch eine inhaltliche Begründung notwendig (z. B. eine geringere Unfallschwere mit höheren gefahrenen Geschwindigkeiten zu erklären ist aufgrund der physikalischen Zusammenhänge kaum möglich, auch wenn ein Modell ein solches Ergebnis beschreiben sollte). In der daran anschließenden Wiederholung der Prozedur erfolgt eine erneute Prüfung der verbliebenen Variablen. Dabei ist Multikollinearität zwischen den Variablen zu berücksichtigen, da sonst nicht bekannt ist, welche von beiden Variablen den maßgebenden Erklärungsanteil liefert.

Als Grenzkriterium für eine mögliche Aufnahme ist das Signifikanzniveau heranzuziehen. Die Verwendung eines $\alpha < 0,05$ stellt keine absolute Grenze dar, wird aber allgemein als akzeptable Größenordnung angesehen. Das Signifikanzniveau wird für jede aufgenommene Einflussgröße in den Modellübersichten (siehe Tabelle 36 bis Tabelle 47) angegeben.

Die Aufnahme einer Variablen in das Modell wird unabhängig von möglichen Korrelationen nicht allein vom Erklärungsanteil und Signifikanzniveau bestimmt. Die endgültige Berücksichtigung erfolgt auf Basis fachlicher und pragmatischer Gesichtspunkte (siehe auch Erläuterung zuvor im Text). Die Variablendarstellung beschreibender Merkmale im Modell beinhaltet in der Regel verschiedene Typen:

- Kontinuierlich/stetig ($e^{\beta x}$): Merkmale mit einer hohen (metrischen) Anzahl an Ausprägungen (z. B. Taktfrequenz), die direkt Berücksichtigung finden, werden als kontinuierliche Variable bezeichnet.
- Kategorial (e^{β}): Merkmale mit einer begrenzten – häufig dichotomen – Anzahl an Ausprägungen. Der Regressionskoeffizient gibt direkt Auskunft über die Wirkung der Variable. Für den Nachweis einer unterschiedlichen Wirkung der Kategorien untereinander, können Variablen mit mehr als zwei Kategorien nur dann Berücksichtigung finden, wenn sich alle Koeffizienten signifikant zueinander unterscheiden (paarweise Kontraste).

Die Gesetzmäßigkeit der Verteilung des Unfallgeschehens, legt die Anwendung von Regressionsmodellen auf Basis der Poisson-Verteilung nahe. Die Verteilung unterliegt aber Einschränkungen. Häufig reichen die identifizierten Variablen nicht aus, um den vollständigen Anteil an systematischer Varianz zu erklären. Dies hat eine ungenügende Koeffizientenschätzung zur Folge. In diesem Fall spricht man von Überzufälligkeit (overdispersion) des Modells, für die Gründe, wie fehlende, fehlerhafte Variable oder eine ungeeignete Modellbildung in Frage kommen (MIAOU & LUM 1993, MAHER/SUMMERSGILL 1996).

Die Anwendung der negativen Binomial-Verteilung bietet gegenüber der Poisson-Verteilung den Vorteil, dass die Verteilung über zwei Parameter – Mittelwert und Streuparameter – verfügt, die zur genaueren Parameterschätzung herangezogen werden können. Durch die Abbildung der verbleibenden Varianz mit einem eigenen Parameter werden die verbliebenen Regressionskoeffizienten um diesen Anteil bereinigt.

Modellprüfung

Die Realität wird durch die Modelle nur annähernd beschrieben. Für die Modelle ist zu klären, ob die Anpassung an die Stichprobe korrekt ist und ob die erhaltenen Ergebnisse über die Stichprobe hinaus verallgemeinert werden können.

Für ein gesättigtes Modell gilt, dass die systematische Varianz vollständig erklärt und lediglich die stochastische Varianz übrig bleibt. Im Idealzustand wird das gleiche Unfallgeschehen wie in der Empirie ermittelt. Verbleibende Abweichungen sind auf rein zufällige Streuung zurückzuführen. Modelle mit geringem Kollektivumfang ($n < 100$) neigen auch bei geringer Variablenanzahl zu einem hohen Grad der systematischen Varianzerklärung (GREIPE 2003).

Für die Güteprüfung des Einzelmodells und dem Vergleich von Modellen wird das Pearson- χ^2 für Poisson-Modelle herangezogen werden. Das Pearson- χ^2 umschreibt die Anpassungsgüte des Modells an die zugrunde gelegte Verteilungsfunktion. Die Anpassungsgüte entspricht dabei der Approximation des Modells an die Empirie. Etwaige Abweichungen (deviance) werden als χ^2 verteilt angenommen. Für ein vollständiges Modell entspricht die Anzahl der Freiheitsgrade – Anzahl der betrachteten Fälle abzüglich der Anzahl verwendeter Parameter – dem Mittelwert der χ^2 Verteilung. So gilt, dass das Unfallgeschehen nur noch auf die stochastische Komponente der Poisson-Verteilung zurückzuführen ist, wenn der Quotient aus χ^2 und Anzahl der Freiheitsgrade eine Größenordnung von eins aufweist. Werte größer eins entsprechen einer Übererklärung, Werte kleiner eins einer Untererklärung (underdispersion).

Rahmenbedingungen der Modelle

Ziel ist es, die Einflussgrößen unfallauffälliger Haltestellen zu identifizieren. Die Unfallschwere, klassifiziert über die Unfallkategorien, beschreibt die Unfallfolgen, welche in Abhängigkeit der vorherrschenden Randbedingungen, der Unfallbeteiligten oder der Geschwindigkeit variiert. Die Unfallschwere stellt aber keinen Indikator für die konfliktauslösende Situation dar. Daher wird die Unfallanzahl je HSK als abhängige Modellvariable gewählt, aggregiert für die Unfallkategorien 1 bis 3 [U(P)] bzw. 1 bis 4 [U(P, SS)]. Eine Modellerstellung für weitere Unfallkategorien ist vor dem Hintergrund geringer Unfallanzahlen – Unfälle der Kategorie 1 und 2 stellen trotz einer höheren Unfallschwere an HS seltene Ereignisse dar – wenig zielführend.

Der Bewertung aller U(P, SS) in einem Modell ermöglicht, allgemeine Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen zu identifizieren und den Gesamtkomplex der Verkehrssicherheit an HS zu beschreiben. Mit dieser Herangehensweise werden vor allem Unterschiede zwischen den verschiedenen HS-Formen beschrieben.

Der Untersuchungszeitraum von fünf Jahre und die Länge des HSK wird als Offsetgröße im Model berücksichtigt. Das Resultat stellt die mittlere Unfalldichte pro Jahr und HSK dar (UD in U/m).

Die Modelle umfassen das Unfallgeschehen des jeweiligen HSK. Die räumliche Abgrenzung folgt den Erläuterungen in Kapitel 4.2.2. Eine richtungsfeine Bewertung des Unfallgeschehens ist aufgrund der Datenlage nicht möglich, da zum einen Angaben zur Fahrtrichtung in den Unfalldatensätzen nicht eindeutig sind und zum anderen eine inhaltliche Abgrenzung der Fahrtrichtungen nicht oder nur begrenzt möglich ist. Ein Überschreiten-Unfall auf einer einbahnig zweistreifigen Straße ist beispielsweise zwangsläufig nur auf den Querschnitt zu beziehen, da durch den Fußgänger Fahrzeuge aus beiden Fahrtrichtungen zu berücksichtigen sind. Es kann also davon ausgegangen werden, dass ein gewisser Anteil an Unfällen bezüglich der Fahrtrichtung nicht eindeutig zugeordnet werden kann. Des Weiteren gibt es Unfallhergänge, bei denen sich per se eine THS oder Richtung nicht eindeutig zuordnen lässt, wie z. B. ein Überschreiten-Unfall, weil ein Fahrgast in einer Zufahrt von einer THS zur nächsten wechselt.

4.4.2 Ergebnisse

Ausgehend von allen Unfällen werden mit zunehmender Abstufung der Modelle als Zielvariable Teilkollektive der Unfälle ausgewählt. Daraus resultieren drei Ebenen für die Modellbildung:

- Modell 1.0 verwendet alle Unfälle mit Personenschaden (Unfallkategorie 1 bis 3) als Zielgrößen
- Modelle 2.X haben Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden (Unfallkategorie 1 bis 4), die den Unfalltyp 1, 4, 6 oder 7 aufweisen, als Zielgrößen
- Modelle 3.X haben Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden (Unfallkategorie 1 bis 4), die den Unfalltyp 1, 4, 6 oder 7 aufweisen und bei den der erste oder zweite Unfallbeteiligte ein Fußgänger war, als Zielgrößen

Der Fokus auf Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern erfolgt aufgrund des großen Anteils dieser Unfälle am Unfallgeschehen im Haltestellenbereich sowie deren überdurchschnittlichen Schwere. Die in der deskriptiven Analyse auffälligen Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern können nicht modelltechnisch untersucht werden, da die Gesamtzahl der Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern zu niedrig ist, keine Daten zum Verkehrsaufkommen im Radverkehr vorhanden oder über Stellvertretergrößen abbildbar sind und die Mehrheit aller Haltestellen innerhalb des Untersuchungszeitraums frei von derartigen Unfällen ist.

Weiterhin werden die einzelnen Ebenen nach Merkmalen der Infrastruktur differenziert, die sich im Verlauf der Modellbildung als zielführend erwiesen haben. Dies sind bei Straßenbahnhaltestellen die Haltestellenform und bei Bushaltestellen die Anzahl der Fahrstreifen.

Eine Übersicht der berechneten Modelle ist in Abbildung 55 dargestellt.

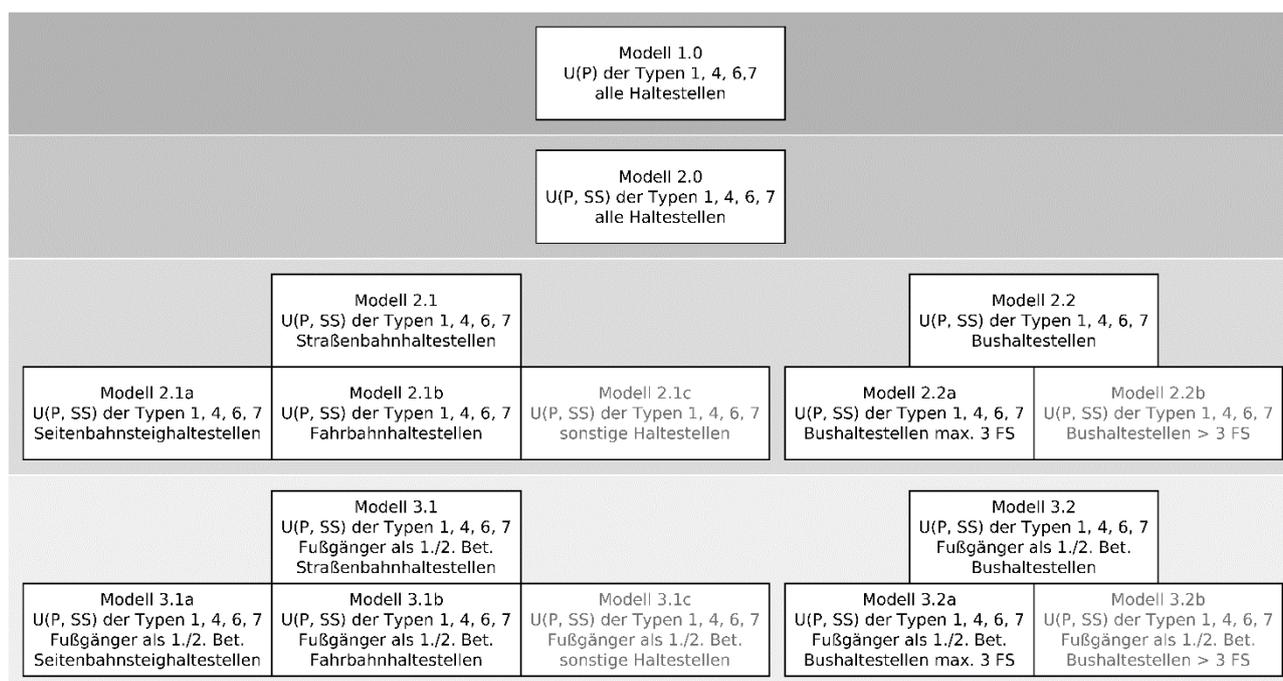


Abbildung 55: Übersicht der erstellten Unfallmodelle

Die in Abbildung 55 grau dargestellten Modelle wurden zwar berechnet, werden nachfolgend aber nicht erläutert, da sie zu keinen relevanten Erkenntnissen führten (keine signifikanten Einflussgrößen außer Exposition).

Expositionsmodelle

Zunächst soll ein möglichst großer Anteil der Varianz durch den Einbezug von Expositionsgrößen bzw. i. d. R. unveränderlicher, nicht-haltestellenspezifischer Merkmale der Infrastruktur erklärt werden. Fünf Variable treten jeweils bei den verschiedenen Zielvariablen als signifikant auf:

- Logarithmus des DTV des Kfz-Verkehr: *DTV_In* (Expositionsgröße)
- Logarithmus des täglichen Fahrgastaufkommens des HSK: *Fahrgäste_HSK_In* (Expositionsgröße)
- Anzahl der Teilhaltestellen im HSK: *Zahl_THS*
- Vorhandensein eines Anschlussknotenpunkts im HSK (dichotome Variable: ja/nein): *AKP¹*
- Schätzung des Fußgängeraufkommens aus der vorherrschenden Art der Gebäudenutzung in der Umgebung und der Bebauungsdichte des HSK: *Umfeldnutzung²*

¹ Da im Projekt zwar Verkehrsknotenpunkte, nicht jedoch Anschlussknotenpunkte aus den Haltestellenpolygonen ausgeschlossen werden, ist das knotenspezifische Unfallgeschehen bei Anschlussknotenpunkten im Unfallgeschehen der Haltestellen mit enthalten.

² In Anlehnung an SCHÜLLER (2010) wird aus den erhobenen Merkmalen Bebauungsdichte und Umfeldnutzung ein vereinfachter Umfeldfaktor berechnet, der die Belebtheit der Umgebung (Randnutzung) abbilden soll. Berechnet wird dieser als Faktor für die Bebauungsdichte multipliziert mit der Summe der Arten der Nutzung auf beiden Straßenseiten. Die Arten der Nutzung sind dabei die erhobenen Nutzungen der Straßenseiten, bewertet mit einem Punktesystem analog den Gewichtungsfaktoren bei der Berechnung des Umfeldfaktors nach Schüller (UF_WEH = 3; UF_EH = 2; UF_W = 2; UF_GB = 1), der Faktor für die Bebauungsdichte ist 1,0 für offene Bebauung und 1,5 für Blockbebauung.

Tabelle 20: Übersicht der in den betrachteten Modelle und berücksichtigten Einflussgrößen und Regressionskoeffizienten (rot unterlegte Regressionskoeffizienten stehen für einen unfallbegünstigenden Einfluss bei Zunahme der Variablen und grün unterlegte Regressionskoeffizienten stehen für einen unfallreduzierenden Einfluss bei Zunahme der Variablen)

Modell	1.0	2.0	2.1	2.1a	2.1b	2.2	2.2a	3.1	3.1a	3.1b	3.2	3.2a
Unfallkategorie	U(P)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)	U(P, SS)
Unfalltypen	alle	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7	1, 4, 6, 7
Verkehrsbeteiligungsart	alle	alle	alle	alle	alle	alle	alle	Fuß	Fuß	Fuß	Fuß	Fuß
Verkehrsmittel	alle	alle	Strab	Strab	Strab	Bus	Bus	Strab	Strab	Strab	Bus	Bus
Selektionskriterium	alle	alle	alle	Seitenbahnsteig	Fahrbahn	alle	2 bzw. 3 FS	alle	Seitenbahnsteig	Fahrbahn	alle	max. 2 FS
Anzahl Unfälle	3069	2065	1457	741	432	529	246	543	274	160	135	74
Anzahl HSK	1084	1084	526	218	162	554	429	526	218	162	554	430
DTV_In	0,692	0,851	0,645	0,778	0,586	1,039	1,166	0,430	0,484	0,655	0,705	1,136
Fahrgäste_HSK_In	0,240	0,255	0,272	0,340	0,242	0,100	-	0,451	0,606	0,318	0,370	0,373
Umfeldnutzung	0,061	0,057	0,048	0,044	0,066	-	0,082	0,093	0,089	-	0,142	0,168
AKP	0,485	0,235	0,229	0,282	-	-	-	-	-	-	-	-
Zahl_THS	-0,191	-0,200	-0,284	-0,241	-	-	-	-	-	-	-	-
VKP	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sicherung Fahrbahn vorhanden	-	-	-	-	-	-	-	-0,468	-0,544	-	-	-
Mitteltrennung	-	-0,170	-0,206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Querungshilfe vorhanden	-	-	-	-	-	0,471	0,493	-	-	-	-	-
Bebauungsdichte	-	-	-	-	-	0,277	-	-	-	-	-	-
Parken	-	-	0,217	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nur in einzelnen Modellen haben alle fünf genannten Variablen einen signifikanten Einfluss, alle erklären jedoch bei verschiedenen Zielvariablen größere Anteile der Varianz. Die Koeffizienten der Variablen sind – sofern sie im Modell enthalten sind – in Tabelle 20 dargestellt. Grün hinterlegt sind dabei diejenigen Variablen, bei denen höhere Werte zu weniger Unfällen führen, rot hinterlegt diejenigen, bei denen höhere Werte einen Anstieg der Unfallhäufigkeit zur Folge haben.

Die Regressionskoeffizienten von *DTV_In* schwanken zwischen 0,43 und 1,14. Die Zahl der Unfälle nimmt bei steigendem DTV an Bushaltestellen stärker zu als an Straßenbahnhaltestellen. Koeffizienten über 0,9 treten nur bei Modellen für Bushaltestellen auf. Mit Ausnahme einiger Modelle für Bushaltestellen steigt die Unfalldichte in Abhängigkeit des DTV degressiv an, d.h. mit zunehmendem DTV sinkt die Unfallrate. Auffällig sind die hohen Koeffizienten bei Bushaltestellen.

Bei den Modellen für Bushaltestellen 2.2a und 3.2a nimmt die Unfallrate mit steigendem DTV zu (d.h. die Unfalldichte steigt in Abhängigkeit des DTV progressiv), bei dem Modell 2.2 bleibt sie über den gesamten Bereich des DTV gleich (d.h. die Unfalldichte steigt in Abhängigkeit des DTV linear). Dies widerspricht den gängigen Ergebnissen und Annahmen für (die hier überwiegend vorliegenden) Unfälle mit Personenschäden, wonach Unfälle mit dem DTV degressiv ansteigen.

Der Einfluss der zweiten Expositionsgröße *Fahrgäste_HSK_In*, also die werktägliche Anzahl der Ein- und Aussteiger an den Teilhaltestellen im HSK – auf die Unfalldichte ist geringer, die Regressionskoeffizienten liegen hier zwischen 0,10 und 0,61. Bezüglich der Fahrgäste zeigt sich in allen Modellen ein degressiver Anstieg. Anders als beim DTV des Kfz-Verkehrs ist der Einfluss des Fahrgastaufkommens auf die Zahl der Unfälle bei Bushaltestellen geringer als bei Straßenbahnhaltestellen.

Als weitere Grundgrößen treten die Umfeldnutzung, die Zahl der THS im HSK sowie das Vorhandensein eines Anschlussknotenpunktes in Erscheinung. Die Zahl der THS im HSK sowie das Vorhandensein eines Anschlussknotenpunktes ist nur bei den Modellen 1.0, 2.0, 2.1 und 2.1a signifikant, da deren Zielgrößen verhältnismäßig viele Unfälle umfassen.

Eine stärkere Umfeldnutzung bringt eine Erhöhung der Unfalldichte mit sich, wobei dieser Effekt bei den Modellen für Fußgängerunfälle (3.X) stärker ausfällt als bei den Modellen 1.0 und 2.X. Dies verdeutlicht, dass insbesondere auch das Fußgängerunfallgeschehen nicht nur aus Unfällen mit Fahrgästen des ÖV resultiert, sondern in erheblichem Maße auch durch nichtaltestellenbezogene Querungen zu erklären ist. Hinsichtlich der Gestaltung von Haltestellen lässt sich damit aus dem Fehlen eines hohen Querungsbedarfs der Fahrgäste bzw. einem geringen Fahrgastaufkommen nicht grundsätzlich schließen, dass Maßnahmen zur Sicherung von Querungen (z. B. LSA, Mittelinsel) entbehrlich sind.

Das Vorhandensein einer zweiten THS im HSK (*Zahl_THS* = 2) ergibt einen negativen Regressionskoeffizienten (Koeffizienten zwischen -0,28 und -0,19), eine höhere Zahl an Teilhaltestellen (*Zahl_THS* = 2 gegenüber *Zahl_THS* = 1) wirkt also im Modell unfallreduzierend. Dies ist auf die Art der Berechnung der Variable *Fahrgäste_HSK_In* zurückzuführen. Da dabei die Fahrgäste über die gesamte Haltestelle gleichmäßig auf die einzelnen Teilhaltestellen verteilt wurden, verzeichnen HSK mit 2 THS im Mittel ein deutlich höheres Fahrgastaufkommen (im Durchschnitt Faktor 1,7; im Median Faktor 2,3). Dadurch „verteilt“ sich die Grundunfallbelastung, die unabhängig von der Haltestelle oder deren Fahrgästen konstant ist, im Modell auf mehr Fahrgäste. Dies wird durch die Variable *Zahl_THS* „korrigiert“. Dennoch ist die Korrelation zwischen *Zahl_THS* und *Fahrgäste_HSK_In* gering ($r = 0,23$), auch ändern sich die Koeffizienten der Variable *Fahrgäste_HSK_In* bei der jeweiligen Aufnahme der Variable *Zahl_THS* kaum. Die gleichzeitige Berücksichtigung der beiden Größen ist demnach trotz des sachlogischen Zusammenhangs vertretbar.

Der Einfluss von Anschlussknotenpunkten (*AKP* = 1) auf das Unfallgeschehen ist bei den Modellen 1.0, 2.0, 2.1 und 2.1a signifikant, der höchste Regressionskoeffizient ergibt sich beim Modell 1.0 (alle Unfälle mit Personenschäden an allen Haltestellen) mit $b = 0,485$ und damit ceteris paribus ein Anstieg der U(P) um 60 % bei Vorhandensein eines Anschlussknotenpunktes im HSK. Bei den Modellen 2.0, 2.1 und 2.1a, bei denen typische Knotenpunktunfälle (Unfalltypen 2 und 3) in der Zielgröße ausgeschlossen werden, ist der Einfluss der AKP zwar etwas geringer aber trotzdem signifikant. Offensichtlich tritt auch in den verbleibenden Unfalltypen an AKP eine erhöhte Unfallhäufigkeit auf. Daraus kann allerdings nicht zwangsläufig geschlossen werden, dass Haltestellen abseits von AKP Sicherheitsvorteile bieten. Vielmehr ist davon auszugehen, dass das an den AKP auftretende Unfallgeschehen überwiegend auch ohne die Existenz der Haltestellen vorhanden wäre oder dass die bereits vorhandene komplexere Verkehrssituation durch eine Haltestelle in ihrer Wirkung auf das Unfallgeschehen weiter verstärkt wird.

4.4.2.1 Weitere Modelle

Aufbauend auf den Expositionsmodellen wurden insgesamt 12 Modelle entwickelt, wobei jeweils die Aufnahme derjenigen Variablen erfolgte, die signifikante Effekte aufweisen und zur Verbesserung der Anpassungsgüte beitragen.

Die Parameter der untersuchten Modelle sind in Tabelle 20 dargestellt. Eine vollständige Erläuterung der Modelle und ihrer Parameter ist in Anhang 2 enthalten.

Wesentliche weitere, über die Expositionsmodelle hinausgehende Ergebnisse sind:

- An Busbuchten ereignen sich weniger Unfälle mit Personenschaden als an den anderen Haltestellenformen (Modelle 1.0, 2.0 und 2.2). Dieses Ergebnis wird durch das Modell 2.2a (Bushaltestellen an Straßen mit max. 3 Fahrstreifen) relativiert, bei diesem Modell zeigen sich keine Sicherheitsvorteile von Busbuchten. Es ist anzunehmen, dass die auftretenden Sicherheitsvorteile zum Teil auf weniger ungesicherte Querungen infolge des Einsatzes an breiten Querschnitten zurückzuführen ist, da an Querschnitten mit max. 3 Fahrstreifen die Querung ohne Signalschutz für Fußgänger unabhängig vom DTV subjektiv sicherer erscheint als an breiten Querschnitten.
- In den Modellen 1.0 (alle U(P)) sowie 2.0 (U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7) sind Haltestellen mit Halt einer Straßenbahn unfallauffälliger als reine Bushaltestellen.
- An Straßenbahnhaltestellen mit ein- oder zweiseitig erlaubtem Parken ereignen sich mehr Unfälle (Modell 2.1), ein Unterschied zwischen HSK mit ein- und HSK mit zweiseitigem Parken ist nicht feststellbar.
- In mehreren Modellen (u. a. 2.0, 2.2, 2.2a) sind FGÜ, zum Teil auch die Querungshilfe LSA, signifikant unfallauffällig. Dies betrifft v.a. Modelle mit KFZ-Unfällen, nicht jedoch Modell mit Fußgängerunfällen als abhängige Größe (Modelle 3.1 bis 3.2a). An Straßenbahnhaltestellen mit einer technischen Scherung der Fahrbahn (Fußgänger-LSA oder Knotenpunkt-LSA, ein- oder zweiseitig) ereignen sich weniger Fußgängerunfälle als an Straßenbahnhaltestellen ohne technische Sicherung (Modell 3.1 Fußgängerunfälle (U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7) an Straßenbahnhaltestellen).
- Haltestellen mit Mitteltrennung (Mittelstreifen oder Mittelinsel) sind sicherer (Modelle 2.0, 2.1). Naheliegender ist die Annahme, dass dies vor allem auf eine höhere Sicherheit beim Queren durch Fußgänger zurückzuführen ist (z. B. weisen 34 % der im Modell 2.0 betrachteten Unfälle eine Beteiligung von Fußgängern auf).
- Beim Modell 2.1a (für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen) erfolgt nur die Aufnahme der Grundgrößen. Bei anderen Variablen – insbesondere hinsichtlich der Sicherung von Fahrbahn und Gleisen – sind keine signifikanten Effekte feststellbar.
- Haltestellen auf der Fahrbahn mit und ohne Zeitinsel weisen im Modell 2.1b ein vergleichbares Sicherheitsniveau auf. Die diesbezüglichen Ergebnisse von Baier et al. (2007) können daher bzgl. der Unfallhäufigkeit – vermutlich auch aufgrund der Berücksichtigung der Grundgrößen (und damit u. a. der Exposition) – nicht mehr bestätigt werden.
- Zu berücksichtigen ist, dass keine Parameter der Signalisierung (bspw. die korrekte Umsetzung der Vorgabe der RiLSA, bei Fußgänger-LSA beim Anhalten einer Richtung des

Kfz-Verkehrs stets auch die andere Richtung mit anzuhalten) erhoben wurden. Auch liegt bei nur einseitiger Existenz einer Fußgänger-LSA i.d.R. eine unsymmetrische Signalisierung vor: dient die Fußgänger-LSA der Herstellung der Zeitinsel, wird damit auch die Gegenrichtung mit angehalten. Bei einer Haltlichtanlage kann der Gegenverkehr dagegen weiter fließen, wodurch für ungesichert querende Fahrgäste trotz der Zeitinsel weiterhin ein erhöhtes Unfallrisiko besteht.

- In den Modellen 2.1b (Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn) sowie 3.1b (Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn) sind versetzte Teilhaltestellen unsicherer als Haltestellen mit gegenüberliegenden THS. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die mit Lage_THS stark korrelierende Variable Zahl_THS (gegenüberliegende THS befinden sich ausnahmslos in HSK mit zwei Teilhaltestellen) in diesen Modellen aufgrund fehlender signifikanter Wirkung nicht berücksichtigt wird. Im Modell 2.1b sind Haltestellen an Querschnitten mit mehr Fahrstreifen tendenziell unfallauffälliger ($b = 0,130$; $p < 0,10$).
- Im Modell 3.1 (Fußgängerunfälle an Straßenbahnhaltestellen) sowie 3.1b (Fußgängerunfälle an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn) sind Haltestellen auf freier Strecke signifikant unfallauffälliger als Haltestellen an AKP oder VKP ($b = 0,460$; $p < 0,01$; $n = 32$ HSK). Auch beim Modell 3.2 (Fußgängerunfälle an Bushaltestellen) sind Haltestellen an VKP sicherer ($b = -0,49$; $p < 0,05$). Womöglich ist die höhere Sicherheit von HSK an Knotenpunkten auf die dort häufiger vorhandene technische Sicherung der Fahrbahnquerung zurückzuführen.
- Bei den Haltestellenformen wird im Modell 3.1 (Fußgängerunfälle an Straßenbahnhaltestellen) nur die Form separate Trasse signifikant, diese ist deutlich sicherer als die anderen Haltestellenformen ($b = -0,624$; $p < 0,05$).

Die Berechnung von Modellen mit anderen Abgrenzungen der Unfälle erweist sich als nicht zielführend. Entweder ist davon auszugehen, dass das Unfallgeschehen an den Haltestellen zu stark von nicht-haltestellenspezifischen Eigenschaften überlagert wird (z. B. Unfälle mit ausschließlicher Beteiligung des MIV), oder die Zahl der Unfälle zu gering ist (z. B. einzelne Unfalltypen oder -arten sowie Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern).

4.5 Zusammenfassung

Die Überlagerung der Erkenntnisse aus der Betrachtung der Unfallraten bzw. Unfallkostenraten in Kapitel 4.3 und der multivariaten Betrachtung in Kapitel 4.4 führen für die untersuchten Haltestellenformen zu folgenden Erkenntnissen:

- Die Auswertungen in Abhängigkeit des Fahrgastaufkommens zeigen, dass mit zunehmenden Fahrgastaufkommen die mittlere Unfallkostenrate (Kapitel 4.3) bzw. Unfalldichte (Kapitel 4.4) steigt. Bei der modellhaften Betrachtung zeigt sich zudem, dass das Fußgängeraufkommen – unabhängig vom bzw. zusätzlich zum Fahrgastaufkommen – das Unfallniveau signifikant beeinflusst (in Kapitel 4.4 stellvertretend durch die Variable Umfeldnutzung beschrieben). Dies verdeutlicht, dass das Fußgängerunfallgeschehen in erheblichem Maße auch durch nichthaltestellenbezogene Überquerungen zu erklären ist. Eine eindeutige Quantifizierung der Potentiale haltestellenspezifischer Sicherheitsmaßnahmen (z. B. an den Fahrgastwechsel angepasste Signalprogramme, Mittelinseln) ist somit auf dieser Analysestufe nicht möglich, da keine Zahlen zum Fußgängeraufkom-

men im Straßenraum vorliegen. Die Unfallmodelle zeigen aber, dass vor allem an Straßenbahnhaltestellen Mitteltrennungen (Mittelstreifen oder Mittelinsel) bzw. eine signaltechnische Sicherung der Fahrbahn einen positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit hat. An Bushaltestellen ergibt sich im Gegensatz dazu eine unfallbegünstige Wirkung von Querungshilfen (LSA, Mittelinsel, Mittelstreifen und FGÜ). Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die unfallbegünstige Wirkung von Querungshilfen an Bushaltestellen bei separater Betrachtung der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung nicht bestätigt werden kann, d.h. die unfallbegünstige Wirkung von Querungshilfen (vor allem an LSA und bei FGÜ) ergibt sich in erster Linie aus Unfällen im Fahrzeugverkehr.

- Die These, dass an Umsteigehaltestellen mit Übereckumsteigebeziehungen verstärkt Überschreiten-Unfälle auftreten, kann für die untersuchten Haltestellen nicht bestätigt werden. Die höchste $UKR_{U(P, SS)}$ insgesamt und für die Überschreiten-Unfälle ergibt sich an Haltestellen mit Umsteigehaltestellen in der gleichen Zufahrt. Auch in der multivariaten Betrachtung zeigte sich kein signifikanter Einfluss der Übereckumsteigebeziehungen an Haltestellen.
- Die These der Erhöhung des Unfallrisikos durch überbreite Fahrstreifen kann weder durch bivariate noch durch die multikriterielle Betrachtung bestätigt werden. Gegen die These sprechen zudem die geringen Kostenanteile der $UKR_{U(P, SS)}$ für Kollision mit Fußgängern an Busbuchten, an denen unabhängig von der Anlage überbreiter Fahrstreifen ein Überholen des haltenden Buses möglich ist. Die multivariate Betrachtung zeigt zudem, dass Busbuchten im Mittel ein höheres Sicherheitsniveau als Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen für Busse aufweisen.
- Für Haltestellen in Mittellage (Mittel-/ Seitenbahnsteig) und an ÖPNV-Trassen zeigt die bivariate Betrachtung, dass zulässiges Parken im unmittelbaren Haltestellenbereich einen negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit der Fußgänger/Fahrgäste hat (bei den übrigen Haltestellenformen ist Parken im unmittelbaren Haltestellenbereich anlagenbedingt nicht möglich). Diese These wird nur bedingt durch die multivariate Betrachtung gestützt, da dem Parken zwar bei der Betrachtung des Unfallgeschehens aller Straßenbahnhaltestellen eine signifikant unfallbegünstigende Wirkung nachgewiesen werden konnte, bei der Betrachtung der Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig das Parken aber keine signifikante Wirkung hat (Dies kann allerdings auch eine Folge der kleineren Stichprobe sein, da bei kleineren Stichproben ein stärkerer Zusammenhang nötig ist, um signifikante Unterschiede zu ermöglichen).
- An Straßenbahnhaltestellenkaps ergibt sich in der bivariaten Betrachtung die höchste $UKR_{U(P, SS)}$ für Fahrunfälle. Die nähere Betrachtung zeigt, dass ein Großteil dieser $UKR_{U(P, SS)}$ aus Alleinunfällen von Radfahrern resultiert. Aufgrund der zu geringen Anzahl an Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung sowie fehlender Daten zu Radverkehrsstärken ist eine Überprüfung dieser Auffälligkeit in der multikriteriellen Analyse nur bedingt zielführend.
- Hinsichtlich der Radverkehrsführung wurden die Auswertungen getrennt für Haltestellen mit Wartebereichen im Seitenraum und Haltestellen mit separaten Wartebereichen vorgenommen.
Sind an Haltestellen mit Wartebereichen im Seitenraum eigene Radverkehrsanlagen vorhanden, weisen Radfahrstreifen die geringste $UKR_{U(P, SS)}$ und somit das höchste Si-

cherheitsniveau auf. Die zweithöchste $UKR_{U(P, SS)}$ ergibt sich für die Führungsform gemeinsamer Geh- und Radweg. Maßgebend dafür sind Überschreiten-Unfälle zwischen Fußgängern und dem Kfz-Verkehr bzw. ÖV-Fahrzeugen. Diese Unfallsituationen lassen sich kaum mit der Radverkehrsführung in Zusammenhang bringen. Die höchste $UKR_{U(P, SS)}$ ergibt sich für Haltestellen an denen der Gehweg für die Benutzung durch Radfahrer freigegeben ist. Alleinunfällen von Radfahrern haben bei dieser Führungsform einen maßgebenden Einfluss auf das Unfallgeschehen. Ob sich diese Unfälle zum Beispiel beim Wechsel der Radfahrer aus dem Seitenraum auf die Fahrbahn ergeben, kann im Rahmen der makroskopischen Betrachtung nicht geklärt werden, bildet aber eine Fragestellung für die Detailanalysen. Der größte Teil der $UKR_{U(P, SS)}$ resultiert aber auch bei dieser Führungsform aus Überschreiten-Unfällen mit motorisierten Verkehrsteilnehmern, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mit der Radverkehrsführung in Zusammenhang stehen.

Das an Haltestellen mit separaten Wartebereichen für die verschiedenen Radverkehrsführungsformen beobachtete Unfallgeschehen weist kaum Zusammenhänge mit der Radverkehrsführung auf. Eine Ableitung konkreter Maßnahmen für den Radverkehr ist bei diesen Haltestellenformen anhand der makroskopischen Betrachtung nicht möglich.

Im Rahmen der multikriteriellen Analysen war eine modelltechnische Betrachtung der Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern aus den zuvor genannten Gründen nicht möglich, aber auch weil die Mehrheit aller Haltestellen innerhalb des Untersuchungszeitraums frei von derartigen Unfällen ist.

- Hinsichtlich der Lage der Haltestellen ist bei der bivariaten Betrachtung festzustellen, dass in Fahrtrichtung hinter dem Knotenpunkt angeordnete Haltestellen ein geringeres Unfallrisiko aufweisen als vor dem Knotenpunkt liegende Haltestellen. Es ist zu vermuten, dass die höhere Sicherheit nicht aus der Lage, sondern vielmehr aus der besseren Anpassung der Signalisierung zum Schutz querender Fahrgäste resultiert. In der multivariaten Betrachtung ist die Lage der Haltestellen jedoch nicht signifikant. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Auffälligkeiten hinsichtlich Lage der Haltestelle in der bivariaten Betrachtung aus den Untersuchungskollektiveigenschaften resultiert (Beeinflussung durch andere verkehrliche oder gestalterische Eigenschaften).
- Die Lage von Haltestellen in Bezug zu Netzelementen zeigt, dass Haltestellen auf der freien Strecke zwar insgesamt die niedrigste $UKR_{U(P, SS)}$ aufweisen, die $UKR_{U(P, SS)}$ der Überschreiten-Unfälle an diesen Haltestellen aber am höchsten ist. Bei der multikriteriellen Analyse zeigt sich in den Modellen mit allen Beteiligungsarten, dass Anschlussknotenpunkte im Haltestellenkomplex zu einem signifikant höheren Unfallgeschehen führen. Für Hauptverkehrsstraßenknotenpunkte ergibt sich nur bei Betrachtung aller Unfälle mit Personenschaden (Modell 1.0) ein signifikant unfallbegünstigender Einfluss.

5 Detailanalysen, Verhaltensbeobachtungen und Konfliktanalyse

Im folgenden Kapitel wird das Unfall- und Verkehrsgeschehen zu ausgewählten Themen bzw. ausgewählten Haltestellen genauer untersucht. Grundlage dafür bilden die Erkenntnisse der makroskopischen Analyse.

In der makroskopischen Analyse zeigte sich zum einen ein auffällig erhöhtes Unfallgeschehen an Haltestellen mit FGÜ. Zum anderen verzeichneten Kaphaltestellen der Straßenbahn überproportionale viele Alleinunfälle von Radfahrern. Daher sollen zunächst diese beiden Erkenntnisse vertieft untersucht werden – vgl. Kapitel 5.1.

Darauf aufbauend sowie auf Grundlage der makroskopischen Analyse werden dann Haltestellentypen zur Durchführung von Videobeobachtungen bestimmt und entsprechende Haltestellen ausgewählt (zu den Untersuchungskollektiven vgl. Kapitel 5.2.2.3). Ziel ist es, Systematiken im Verkehrsverhalten an Haltestellen zu identifizieren und diese mit dem Unfallgeschehen sowie infrastrukturellen Merkmalen in Bezug zu setzen – vgl. Kapitel 5.2.

Abschließend werden an ausgewählten Haltestellen der Videoerhebung Konfliktanalysen von Interaktionen anhand objektiv bestimmbarer Kennwerte durchgeführt – vgl. Kapitel 5.4.

5.1 Detailunfallanalysen

5.1.1 Detailanalyse des Unfallgeschehens an FGÜ

In der multivariaten Betrachtung tritt die Variable FGÜ in mehreren Modellen mit einem stark unfallerhöhenden Effekt in Erscheinung. Zwar wird der Effekt mit der Aufnahme von weiteren Variablen in den meisten Modellen kleiner, ist also in Teilen auch auf andere an diesen Haltestellen auftretende unfallbegünstigende Merkmale zurückzuführen, die nicht im Zusammenhang mit dem FGÜ stehen. Nichtsdestotrotz ist die unfallbegünstigende Wirkung von FGÜ auffällig. Im Folgenden soll deshalb durch Auswertungen der detaillierten Unfallinformationen untersucht werden, ob an diesen Haltestellen bisher nicht erhobene oder berücksichtigte Merkmale existieren, die an diesen FGÜ zu einer erhöhten Unfallgefahr führen, oder ob FGÜ an Haltestellen eine grundsätzlich problematische Überquerungshilfe darstellen.

FGÜ dienen an 34 HSK als Überquerungshilfe, davon sind 26 reine Bushaltestellen, 8 Straßenbahnhaltestellen bzw. Bus- und Straßenbahnhaltestellen. Von den 26 Bushaltestellen waren im Untersuchungszeitraum 21 unfallfrei hinsichtlich der Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern (nachfolgend als Fußgängerunfälle bezeichnet); von den 6 Straßenbahnhaltestellen mit FGÜ waren zwei Haltestellen frei von Fußgängerunfällen.

Insgesamt ereigneten sich an den HSK mit FGÜ 15 Fußgängerunfälle, davon 7 an Bus- und 8 an Straßenbahnhaltestellen (vgl. Tabelle 21).

Sowohl beim DTV als auch bei der Zahl der Fahrgäste liegen die HSK mit FGÜ (wie auch die Untergruppe der unfallbelasteten HSK mit FGÜ) deutlich unterhalb des Durchschnitts

aller Haltestellen.³ Dies erklärt zum Teil die trotz nur weniger Unfälle starke Auffälligkeit in der multivariaten Analyse.

Tabelle 21: Unfälle an Haltestellenkomplexen (HSK) mit Fußgängerüberweg (FGÜ)

	HSK (Name)	Fußgängerunfälle		DTV [Kfz/24 h]	Fahrgäste HSK [Fahrgäste/24 h]
		Anzahl	Abstand zum FGÜ		
Bus- haltestelle	DO-144 (Südbad)	2	25 m 110 m	13.100	178
	FR-025 (Bürostadt Niederrad)	2	FGÜ-Unfall FGÜ-Unfall	8.258	421
	DO-027 (Scharnhorst Zentrum)	2	FGÜ-Unfall 25 m	3.800	2563
	KA-088 (Schneidemühler Straße)	1	25 m	12.800	67
	FR-048 (Bettinaplatz)	1	FGÜ-Unfall	2.938	97
Straßenbahn- haltestelle	KA-077 (Duale Hochschule)	4	FGÜ-Unfall 70 m 130 m 130 m	9.400	1712
	FR-081 (Nied Kirche)	1	Unfall auf paralleler Fahrbahn	5.012	1093
	BE-147 (Wassersportzentrum)	1	FGÜ-Unfall	10.100	97
	BE-221 (Westendsiedlung)	1	FGÜ-Unfall	15.800	339
Summe		15	-	-	-

Bei der Analyse der einzelnen Unfälle bzw. betroffenen HSK ergeben sich folgende Auffälligkeiten:

- An den HSK FR-048 (Bettinaplatz), BE-147 (Wassersportzentrum) und BE-221 (Westendsiedlung), ist der jeweilige Unfall den FGÜ zuzuordnen; an der Westendsiedlung ereigneten sich zudem drei Typ-4-Unfälle ohne direkte Beteiligung eines Fußgängers (Unfälle im Längsverkehr zwischen Kfz).
- Am HSK DO-027 (Scharnhorst Zentrum) ist einer der beiden Fußgängerunfälle auf den FGÜ zurückzuführen; der andere derartige Unfall ereignete sich ca. 25 m entfernt in der Haltestelle. Wie sich in der späteren Videobeobachtung zeigt, wird dort in größerem Umfang im Bereich der Haltestelle gequert.
- Bei dem bzgl. Fußgängerunfällen auffälligsten HSK mit FGÜ (KA-077 – Duale Hochschule) ist nur einer der vier Unfälle den FGÜ zuzuordnen. Die anderen drei Unfälle ereigneten sich am entgegengesetzten, nicht mit FGÜ ausgestatteten Ende der Haltestelle. An einem der beiden FGÜ ereignete sich zudem ein dem FGÜ zuzurechnender Unfall im Längsverkehr zwischen Kfz.
- Die beiden Fußgängerunfälle am HSK DO-144 (Südbad) ereigneten sich 25 und 110 m vom FGÜ entfernt, auch der Ort des Unfalls am HSK KA-088 (Schneidemühler Straße) ist deutlich vom FGÜ abgerückt.

³ Mittelwerte DTV: alle HSK 14.454 Kfz/24 h, HSK mit FGÜ 8291 Kfz/24 h, unfallbelastete HSK mit FGÜ 9023 Kfz/24 h; Mittelwerte des Fahrgastaufkommens: alle HSK 1621 Fahrgäste/24 h, HSK mit FGÜ 324 Fahrgäste/24 h, bzgl. der HSK mit Fußgängerunfällen und FGÜ 730 Fahrgäste/24 h

- Der Fußgängerunfall am HSK FR-081 (Nied Kirche) ist auf eine Laufeinsteigerin zurückzuführen, die die mit LSA gesicherte Hauptfahrbahn bei rotem Signal querte. Der FGÜ führt in Verlängerung dieser LSA auf der anderen Seite des separaten Bahnkörpers über eine Anliegerfahrbahn.
- Am HSK FR-025 (Bürostadt Niederrad) ereigneten sich an den insgesamt 6 FGÜ zwei Fußgängerunfälle. Hinzu kommen drei Unfälle im Längsverkehr zwischen Kfz, die vermutlich auf die FGÜ zurückzuführen sind.
- Am HSK FR-025 (Bürostadt Niederrad) sind insgesamt 6 FGÜ angeordnet, drei über die nördliche Richtungsfahrbahn, zwei über die südliche Richtungsfahrbahn sowie einer über eine einmündende Nebenstraße. Die Richtungsfahrbahnen waren ursprünglich zweistreifig ausgebildet und wurden an den FGÜ durch temporäre Elemente sowie im weiteren Verlauf der Straße durch parkende Kfz auf überbreite Richtungsfahrestreifen eingeengt. Zusätzlich unübersichtlich wird die Situation durch eine Wendefahrbahn, zudem fehlen innenbeleuchtete Verkehrszeichen ebenso wie Verkehrszeichen über Kopf.
- Bei den Straßen der HSK BE-147 (Wassersportzentrum) und BE-221 (Westendsiedlung) handelt es sich jeweils um nur einseitig angebaute Straßen, die Kraftfahrern eine Außerortssituation suggerieren können. Beim HSK BE-147 ist die zweite Straßenseite mit Gewerbe bebaut, ca. 150 m entfernt geht die Straße in einen beidseitig unbebauten bzw. bewaldeten Bereich über. Andererseits gilt ähnliches auch für den HSK KA-088 sowie deren Umgebung, wo vier Haltestellen mit FGÜ an einer einseitig (und abschnittsweise auch beidseitig) nicht angebauten Straße liegen, ohne dass dort Unfälle mit Bezug zu den FGÜ zu registrieren waren.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die in Kapitel 4.4 angewandte multikriterielle Analyse der HSK nur bedingt geeignet ist für Aussagen über eine erhöhte Unfallgefahr an oder durch FGÜ an Haltestellen: Die Anzahl der HSK mit FGÜ ist gering und die Gesamtzahl der dort registrierten Fußgängerunfälle niedrig, wobei ein Teil dieser Unfälle nicht im Zusammenhang mit den FGÜ steht. Nur an einem HSK sind die FGÜ bzgl. Fußgängerunfällen tatsächlich unfallauffällig, wobei dort die Verkehrssituation durch Unübersichtlichkeit, Sichtverdeckungen und nicht richtlinienkonforme Gestaltung der Verkehrsanlagen Defizite aufweist. Entsprechend werden FGÜ nicht durch Verhaltens- und Konfliktbeobachtungen vertiefend untersucht.

5.1.2 Detailanalysen zu Alleinunfällen von Radfahrern

Im Zusammenhang mit der deskriptiven Analyse zeigte sich bei einzelnen Haltestellen eine auffällige Häufung von Alleinunfällen von Radfahrern. In diesem Kapitel werden deshalb diese Alleinunfälle analysiert.⁴ Dazu werden die Führungsformen des Radverkehrs folgendermaßen aggregiert:

- Fahrbahn, Mischverkehr
- Seitenraum, gemeinsame Führung: Gemeinsame Geh- und Radwege, freigegebene Gehwege

⁴ Grundlage bilden 174 derartige Unfälle an 1084 HSK mit DTV < 50.000 Kfz/24 h und mindestens 10 Fahrgästen/24 h.

- Seitenraum, getrennte Führung: baulicher Radweg
- markierte Führung: Radverkehrsführung auf Niveau der Fahrbahn (Radfahrstreifen, Schutzstreifen)

Die Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung sind in Abbildung 56 dargestellt (zu den jeweiligen Fallzahlen der Haltestellenformen und Führungsformen des Radverkehrs sowie zu den Unfallzahlen siehe auch Tabelle 48 sowie Tabelle 49 im Anhang 3).

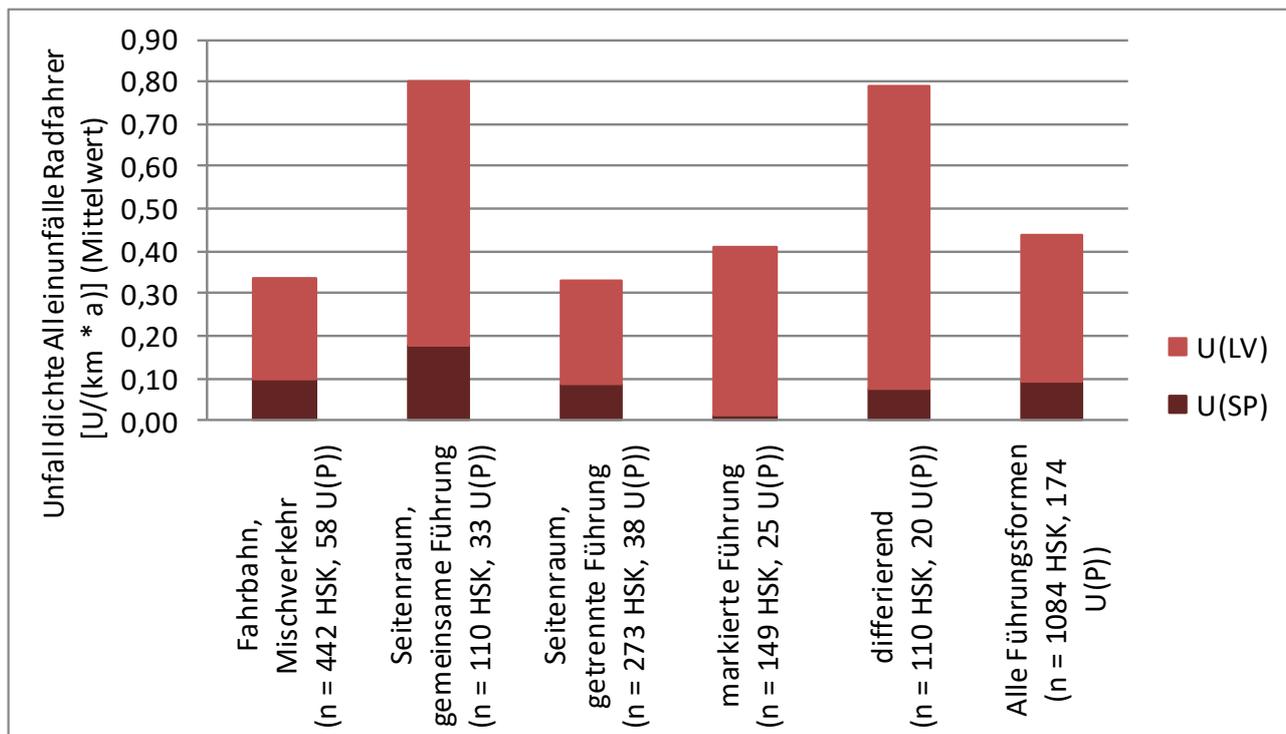


Abbildung 56: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung

Auffällig in Abbildung 56 ist die deutlich erhöhte Unfalldichte bei der gemeinsamen Führung von Rad- und Fußverkehr, die mittlere Dichte der Unfälle sowohl mit leichtem, wie auch mit schwerem Personenschaden liegt rund doppelt so hoch wie bei den anderen Führungsformen. Die Unterschiede zwischen den anderen Führungsformen sind dagegen verhältnismäßig gering, abgesehen von einer geringeren Unfallschwere (repräsentiert durch den Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden) bei markierten Radverkehrsführungen sowie der hohen Unfalldichte bei HSK mit unterschiedlichen Radverkehrsführungen je Straßenseite.

Die Unfalldichte an Bushaltestellen ist bei allen Führungsformen deutlich geringer als an Straßenbahnhaltestellen (im Mittel um den Faktor 3,9, vgl. Abbildung 113 im Anhang 3). Der Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden ist bei den Bushaltestellen etwas höher, absolut ereignen sich an Straßenbahnhaltestellen allerdings deutlich mehr Unfälle mit schwerem Personenschaden.

Die Auswertung hinsichtlich der Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit von der Haltestellenform zeigen, dass Fahrbahnhaltestellen ohne dynamische Zeitinsel (Fahrbahn/StVO) und Kaphaltestellen besonders unfallauffällig sind (vgl. Abbildung 57 bzw. differenziert für Bus- und Straßenbahnhaltestellen Abbildung 114 im Anhang 3; zu den Unfall-

zahlen siehe auch Tabelle 50 im Anhang 3). Auch hier gilt, dass bei allen Haltestellenformen, die sowohl an Straßenbahn- als auch Bushaltestellen vorkommen, Straßenbahnhaltestellen eine deutlich höhere Unfalldichte bezgl. der Unfälle mit leichtem und schwerem Personenschaden aufweisen als Bushaltestellen. Die beiden Haltestellenformen mit überdurchschnittlichen hohen Unfalldichten sind zugleich die beiden Formen mit dem geringsten Anteil an HSK ohne Alleinunfällen von Radfahrern, es ereignen sich also nicht nur im Mittel häufiger, sondern auch an mehr Haltestellen diese Unfälle.

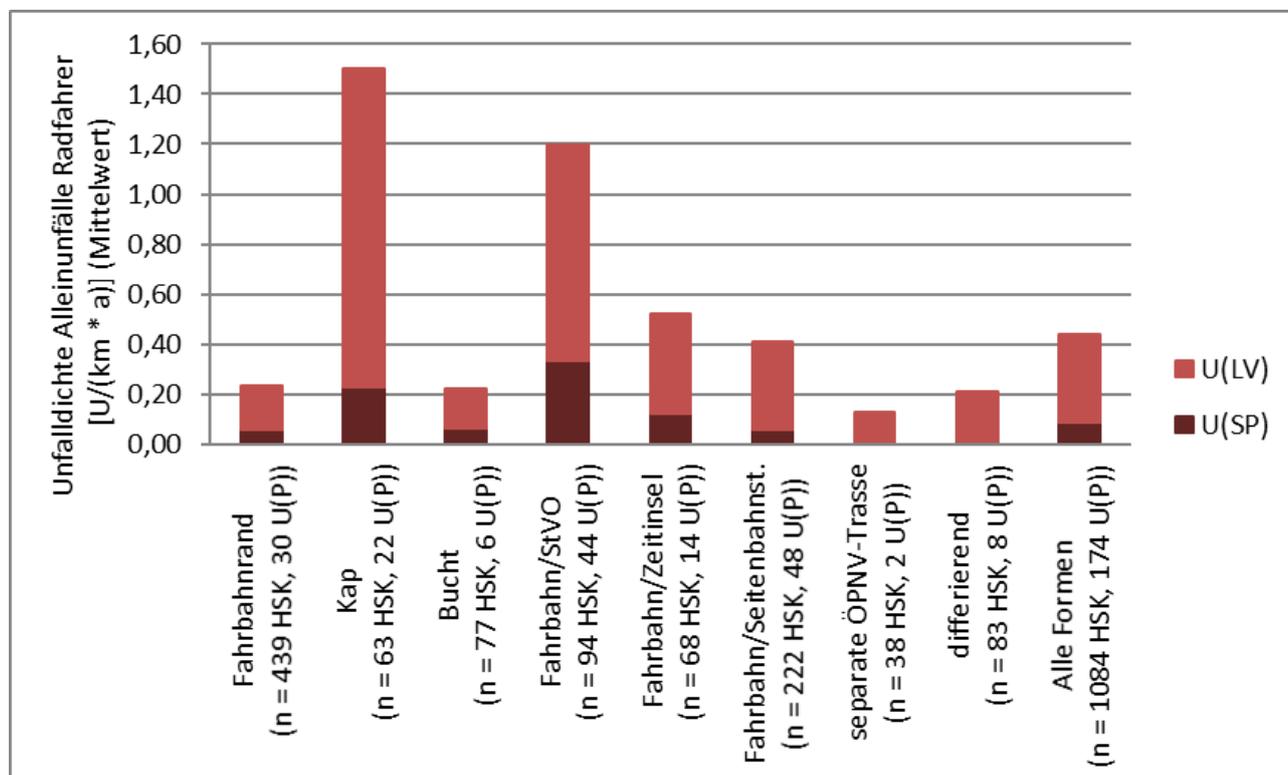


Abbildung 57: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Haltestellenform

Es ist zu vermuten, dass das auffällige Unfallgeschehen für die benannten Straßenbahnhaltestellenformen zum Teil durch Stürze beim Überfahren der Straßenbahngleise erklärt werden kann. Besonders gilt dies für Kap- und Fahrbahnrandhaltestellen, bei denen im Mischverkehr fahrende Radfahrer häufig im Haltestellenbereich die Gleise überfahren müssen.

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Straßenbahnlinien zu einem deutlich größeren Anteil auf Hauptverkehrsstraßen mit hohem DTV (und üblicherweise auch höherem Radverkehrsaufkommen) verlaufen als Buslinien, die häufiger auch durch weniger stark frequentierte Straßenzüge geführt werden. Bemerkenswert ist auch, dass die Alleinunfälle sich zwar häufig an Kaphaltestellen ereignen, der entsprechende Wert für Fahrbahnrandhaltestellen dagegen unterhalb des Durchschnitts aller Straßenbahnhaltestellen liegt. Zudem sind Haltestellen der Form Fahrbahn/StVO auffällig, bei denen Radfahrer üblicherweise durchgehend rechts der Gleise fahren.

Auffällig ist zudem, dass bei den stärker von derartigen Unfällen betroffenen HSK überwiegend eine gemeinsame Führung des Radverkehrs mit dem Fußverkehr vorliegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass „gemeinsame Führung“ bei den Kaphaltestellen häufiger freigebende Gehwege (ohne Benutzungspflicht) als gemeinsame Geh- und Radwege (mit Benutzungspflicht) bedeutet.

Bei allen HSK mit 3 oder mehr Alleinunfällen von Radfahrern wurde – sofern aufgrund der verfügbaren Daten (z. B. Unfalltexte) möglich – der Unfallhergang ermittelt. An den Kaphaltestellen und Fahrbahnrandhaltestellen kam die Mehrheit der Alleinunfälle mit ermittelbarem Hergang dadurch zustande, dass die Fahrradfahrenden in die Straßenbahnschienen gerieten und stürzten. Daneben traten an mehreren Haltestellen Stürze auf, wenn Radfahrer vom Gehweg auf die Fahrbahn (oder umgekehrt) wechselten und dabei an der Bordsteinkante hängen blieben – zum Teil unter dem Einfluss von Alkohol oder sonstigen berauschenden Mitteln.

Das notwendige Überfahren der Gleise kann daher als eine wesentliche Ursache für Alleinunfälle von Radfahrern an den entsprechenden Haltestellen angesehen werden. Zu berücksichtigen sind dabei allerdings einige Punkte, die eine pauschale diesbezügliche Aussage einschränken:

- Neben den Kaphaltestellen müssten auch die Fahrbahnrandhaltestellen auffällig werden, denn auch bei derartigen Haltestellen fahren Radfahrende regelmäßig im Gleisbereich der Straßenbahnen. Abgesehen von einer Haltestelle (HSK DD-193 mit 4 Alleinunfällen) ereignete sich an Fahrbahnrandhaltestellen allerdings nie mehr als 1 solcher Unfall.
- An einigen auffälligen Haltestellen ist nur eine THS unfallbelastet, die baugleiche Gegenrichtung dagegen unfallfrei (z. B. DD-010 mit 6 Alleinunfällen von Radfahrern, davon mindestens 4 im Zusammenhang mit Straßenbahngleisen, an der baugleichen Teilhaltestelle in Gegenrichtung ereignete sich dagegen nur ein Alleinunfall eines alkoholisierten Radfahrers).
- Besonders auffällig sind bei Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen nur HSK mit (zumindest durch Gehwegfreigaben ermöglichter) Führung des Radverkehrs im Seitenraum, nicht jedoch HSK mit ausschließlichem Mischverkehr. An den 6 Kaphaltestellen von Straßenbahnen mit Mischverkehrsführung des Radverkehrs ereignete sich insgesamt nur ein Alleinunfall. Bei der gemeinsamen Führung mit dem Fußverkehr ist dagegen rund die Hälfte aller Haltestellenkaps für Straßenbahnen unfallbelastet. Bei Fahrbahnrandhaltestellen von Straßenbahnen sind ausschließlich HSK mit freigegebenem Gehweg oder gemeinsamen Geh- und Radweg von Unfällen betroffen, die 8 HSK mit Mischverkehrsführung sind frei von Alleinunfällen von Radfahrern. Unter den unfallfreien HSK der Formen Kap oder Fahrbahnrand und Mischverkehrsführung sind dabei auch stärker vom Radverkehr frequentierte Stecken (z. B. Elsterpassage in Leipzig oder die südliche THS der Haltestelle Bautzner Straße/Rothenburger Straße in Dresden).

Die Frage, warum die Unfallbelastung an vergleichbaren Haltestellen derart unterschiedlich ausfällt, kann mit den vorliegenden Informationen nicht beantwortet werden. Womöglich spielen hier weitere, mikroskopische Merkmale in der Gestaltung der Haltestellen und dem Verhalten der Radfahrer eine Rolle. Dies soll im Rahmen der folgenden Verhaltensbeobachtungen vertieft untersucht werden.

5.2 Verhaltensbeobachtungen

5.2.1 Zielstellung

Aus der makroskopischen Analyse ergibt sich für drei Haltestellenformen weiterer Forschungsbedarf:

- Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteigen weisen keine erhöhte Unfallgefahr auf. Dies widerspricht den Ergebnissen der Untersuchung von Baier et al. (2007), bei der dieser Haltestellenform die größten Unfallgefahren aufwies. In der makroskopischen Analyse konnte nicht geklärt werden, woraus diese deutliche Verbesserung der Sicherheit resultiert.
- Für Kaphaltestellen der Straßenbahn sind Alleinunfällen von Radfahrern auffällig (vgl. auch Kapitel 5.1.2), wobei besonders Haltestellen mit Freigabe der Gehwege für den Radverkehr unfallbelastet sind. Es besteht der Verdacht, dass dies auch mit Stürzen infolge des Wechsels zwischen Seitenraum und Fahrbahn (oder umgekehrt) sowie mit Stürzen infolge des Einfädels von Fahrradreifen in Straßenbahngleise zu tun hat.
- Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke weisen die höchste $UKR_{U(P, SS)}$ für Überschreiten-Unfälle auf. Eine Ursache können im Vergleich zu Haltestellen an Knotenpunkten fehlende Anlagen für ein gesichertes Queren bilden.

Im Rahmen der Detailanalyse sollen diese offenen Punkte, die in der makroskopischen Analyse nicht geklärt werden konnten, vertieft untersucht werden. Dazu werden an einer Auswahl der in der makroskopischen Analyse berücksichtigten Haltestellen Videobeobachtungen durchgeführt.

Grundgedanke ist, dass Unterschiede in der Unfallhäufigkeit bei ähnlichen Haltestellen (z. B. gleicher Haltestellenform, ähnlicher DTV etc.) u. a. auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer zurückzuführen sind, wobei dieses Verhalten wiederum von mikroskopischen Merkmalen der Haltestellen bzw. Straßenräume bestimmt werden kann. Entsprechend sind in der Detailanalyse insbesondere Unterschiede im Verhalten der Verkehrsteilnehmer zwischen Haltestellen mit und ohne Unfallauffälligkeit von Interesse.

Anhand der Auswertungen sollen neben einer Einordnung des Verkehrsaufkommens motorisierter und nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer an den untersuchten Haltestellenformen u. a. folgende Thesen und Fragestellungen überprüft werden:

- Es ist zu vermuten, dass viele querende Verkehrsteilnehmer infolge der Pulkbildung des Kfz-Verkehrs beim Eintreffen an der signalisierten Querungsstelle Zeitlücken vorfinden, die eine sichere Querung unabhängig von einer Freigabe ermöglichen und entsprechend bei Rot queren. Gibt es Zusammenhänge zwischen Kfz- und Fußverkehrsaufkommen und der Rotlichtakzeptanz? Treten besonders hohe Rotläuferanteile bei schmalen Fahrbahnen mit geringem Kfz-Aufkommen auf?
- Die untersuchten Haltestellen mit Seitenbahnsteigen weisen gegenüber der Untersuchung von BAIER et al. (2007) ein deutlich höheres Sicherheitsniveau auf. Es soll geprüft werden, inwieweit das auf einen verstärkten Einsatz von Lichtsignalanlagen und ggf. verbesserte Signalsteuerung (höhere Akzeptanz der Signalisierung) oder veränderte Verhaltensweisen zurückzuführen ist.
- Es besteht die Vermutung, dass Laufeinsteiger häufiger Rotlichtverstöße begehen und häufiger in Konflikte verwickelt als Fahrgäste die an der Haltestelle warten. Daher soll überprüft werden, ob generell Sicherheitsunterschiede für Laufeinsteiger und im Speziellen an signalisierten und nicht signalisierten Haltestellenzugängen existieren?

- Ergeben sich Sicherheitsvorteile, wenn die Möglichkeit besteht, infolge des Verzichts auf Absperrungen auf der gesamten Länge des Bahnsteigs queren zu können und wie werden solche Angebote angenommen?
- In welchem Umfang werden Haltestellen mit Seitenbahnsteige als Querungshilfe genutzt?

5.2.2 Methodik und Untersuchungskollektiv

5.2.2.1 Auswahl der Beobachtungsstellen

Für die Videoanalyse werden innerhalb der Untersuchungsstädte Paare von je einer unfallbelasteten und einer unfallfreien Haltestelle gebildet. Dabei wird auf eine Vergleichbarkeit der Rahmenbedingungen innerhalb der gebildeten Paare hinsichtlich relevanter Merkmale geachtet (mit absteigender Priorität: DTV, Fahrgastaufkommen, Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein einer Radverkehrsanlage).

Insgesamt werden 102 THS (und damit mindestens 50 Haltestellen) beobachtet, wobei sich diese auf Teilhaltestellen mit Seitenbahnsteigen und Haltestellenkaps von Straßenbahnen sowie Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke verteilen. Bei den Bushaltestellen wird aufgrund der Ergebnisse der multivariaten Analysen auf die Beobachtung von Busbuchten verzichtet.

Die Auswahl der konkret zu beobachtenden Haltestellen ergibt sich aus den gesetzten Randbedingungen (unfallbelastete Haltestellen und vergleichbare unfallfreie Haltestellen, Verteilung auf die in der Untersuchung berücksichtigten Städte, Verzicht auf Sondersituationen wie bspw. planfreie Querungsanlagen, Verzicht auf Haltestellen mit extrem hohem oder sehr geringem Fahrgastaufkommen). Bei Haltestellen mit Seitenbahnsteigen wird der Schwerpunkt auf Straßen mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtung gelegt.

Die beobachteten Haltestellen werden, soweit möglich, gleichmäßig auf die Untersuchungsstädte (mit Ausnahme von Karlsruhe) verteilt. Hinsichtlich der Kaphaltestellen wird ein Schwerpunkt auf die Stadt Dresden gelegt, da dort im Vergleich zu den anderen Städten eine große Anzahl von Kaphaltestellen mit Alleinunfällen von Radfahrern vorlag. Dies führt – bei Auswahl je einer unfallfreien Vergleichshaltestelle in derselben Stadt – zu einem Anteil der Stadt Dresden im Kollektiv der zu beobachteten Kaphaltestellen von etwa 75 %.

5.2.2.2 Durchführung und Auswertung der Beobachtungen

Jeder Zugang jeder THS wird von mindestens einer Kamera aufgezeichnet, wobei diese (oder ggf. weitere Kameras) auch den Seitenraum an mindestens einem Querschnitt vollständig abdecken. Die Auswertung erfolgt halbautomatisiert mit Excel-Spreadsheets, welche die Beobachtung z. B. einer Querungsstelle mit zwei Videoaufnahmen gleichzeitig und die Erfassung vordefinierter Merkmale sekundenfein für jeden Verkehrsteilnehmer ermöglicht (vgl. Abbildung 58).

The screenshot displays two video feeds from a street intersection. The left feed shows a white car and a pedestrian. The right feed shows a different angle of the same intersection. Below the feeds is a control panel with 'PLAY' and 'PAUSE' buttons, a 'Springe zu Videozeit:' field, and a 'GO' button. To the right of the control panel is a grid of colored boxes representing different event categories: 'Fußgänger bei Grün von Links', 'Fußgänger bei Grün von Rechts', 'Fußgänger bei nicht erkennbar von Links', 'Fußgänger bei nicht erkennbar von Rechts', 'Fußgänger bei Rot von Links', 'Fußgänger bei Rot von Rechts', 'Radfahrer bei Grün von Links', 'Radfahrer bei Grün von Rechts', 'Radfahrer bei nicht erkennbar von Links', and 'Radfahrer bei nicht erkennbar von Rechts'. There are also 'Konflikt/Interaktion' and 'Sonstige Bemerkungen' boxes. Below the control panel is a spreadsheet with columns for 'Video-URL', 'Uhrzeit', 'Videozeit', and 'Beginn Video'. The spreadsheet contains two rows of data for different video segments.

Video-URL	Uhrzeit	Videozeit	Beginn Video
M:\1256_Frankfurt_ZAEHLUNG\K62\2018.05.08_17.00...	06.00.05.000	00.00.00.000	06.00.05.000
M:\1256_Frankfurt_ZAEHLUNG\K21\Korr_21_2018.05.08_...	06.00.05.000	00.00.04.048	06.00.00.952

Abbildung 58: Beispiel für Excel-Spreadsheet zur Videoauswertung

Für den Fahrzeugverkehr wird das Passieren eines definierten Querschnitts richtungsgetreunt erfasst. Fahrzeuge im Längsverkehr werden dabei differenziert nach

- Leichtverkehr (Pkw, Krad, Lieferwagen),
- Schwerverkehr (Lkw, Sattelzug),
- Bus,
- Straßenbahn und
- Radverkehr.

Bei ÖV-Fahrzeugen erfolgt die Erhebung der Zeitpunkte des Beginns und Endes des Haltestellenaufenthalts. Bei Radfahrern werden zusätzlich Flächenwahl und Fahrtrichtung (auch bei Nutzung von Rad- oder Gehwegen) erfasst. Radfahrer werden auch im Querverkehr mit erfasst, bei Kaphaltestellen und Bushaltestellen allerdings nur, sofern die Querung an einer signalisierten Querungsstelle erfolgt. Querungen von Radfahrern außerhalb der Signalanlagen kommen dort zwar vor, sind aber – aufgrund der in der Regel zu überwindenden Bordhöhen – selten.

An Haltestellen mit Seitenbahnsteigen werden für alle Verkehrsteilnehmer mögliche Konflikte erfasst, ebenso für die Seitenräume der Kaphaltestellen von Straßenbahnen und Fahrbahnrandhaltestellen von Bussen. Als Konflikt werden dabei Situationen definiert, bei denen Verkehrsteilnehmer infolge unerwarteter und üblicherweise aus regelwidrigem Verhalten resultierenden Situationen erschrecken und kurzfristig reagieren. Üblicherweise handelt es sich um Situationen, in denen es ohne kurzfristige Verhaltensänderung mindestens einer der beteiligten Verkehrsteilnehmer zu einem Unfall gekommen wäre. Dazu zählen bspw. Rotläufer, die bei Grün fahrende Fahrzeuge zum Bremsen oder Ausweichen zwingen sowie abbiegende Kfz, die bei bevorrechtigten Fußgängern Verhaltensänderungen (Ausweichen, Zurücktreten) erzwingen. Die Entscheidung, ob eine Situation einen Konflikt darstellt, erfolgt hierbei letztendlich subjektiv anhand der entsprechenden Videosequenz. Eine Analyse und

Einordnung möglicher Konflikte anhand objektiv messbarer Kenngrößen erfolgt im Kapitel 5.3.

Für Fußgänger im Längsverkehr wird die Nutzung von Hilfsmitteln (Rollstuhl, Rollator, Gehstock) oder das Mitführen eines Kinderwagens erfasst. Für querende Fußgänger wird außerdem erfasst:

- Ort der Querung (Querungsstelle oder freie Querung, Querung innerhalb oder außerhalb der Furt)⁵
- Bei Querungen an signalisierten Querungsstellen: Zustand der Signalisierung (Querung bei grün oder rot)
- Laufeinsteiger (Person rennt und/oder quert außerhalb der vorgesehenen Querungsstellen, um einfahrendes oder wartendes ÖV-Fahrzeug zu erreichen)
- Bei Kap- und Bushaltestellen: Differenzierung nach ÖV-Fahrgast oder Passant

Ursprünglich war bzgl. der Fußgänger die Erhebung zahlreicher Merkmale wie bspw. Alter, Geschlecht, Ablenkung durch Handynutzen etc. sowie eine präzisere Erfassung der Bewegungslinien (z. B. Bewegungsrichtung der Fußgänger vor und nach der Querung) geplant. Bei der entsprechenden Erhebung an zwei HSK zeigte sich allerdings, dass einerseits der Aufwand für eine derart detaillierte Erhebung sehr hoch, andererseits die zu erwartende Datenqualität gering ist. Je nach Position der zur Beobachtung genutzten Kameras und damit dem Abstand zur Beobachtungsstelle können einzelne Merkmale der Personen nicht oder nur bei einem Teil der Fußgänger erkannt und aufgenommen werden. Es besteht ein erheblicher Zielkonflikt bzgl. der Erhebung detaillierter Merkmale einerseits und dem Datenschutz andererseits, weshalb keine höher aufgelösten Videobilder verwendet werden können.

Die Querungen von Fußgängern lassen sich vereinfacht auf einige Grundtypen zurückführen, die in Abbildung 59 für Haltestellen mit Seitenbahnsteigen schematisch dargestellt sind:

- Querung über eine Fahrbahn zur anliegenden Teilhaltestelle (blau)
- Querung über eine Fahrbahn sowie den besonderen Bahnkörper (orange)
- Querung über alle Fahrbahnen (Nutzung der Haltestelle als Querungshilfe ohne Bezug zum ÖV; grün)
- Querung nur über den besonderen Bahnkörper (Wechsel zwischen den Bahnsteigen; gelb)

⁵ Es werden nur Personen erfasst, die an den vorgesehenen Zugangsstellen oder im Bereich der Haltestelle queren. Nicht erfasst werden Personen, die außerhalb des Haltestellenbereichs (z. B. im Knoteninnenbereich einer anliegenden Kreuzung) queren.

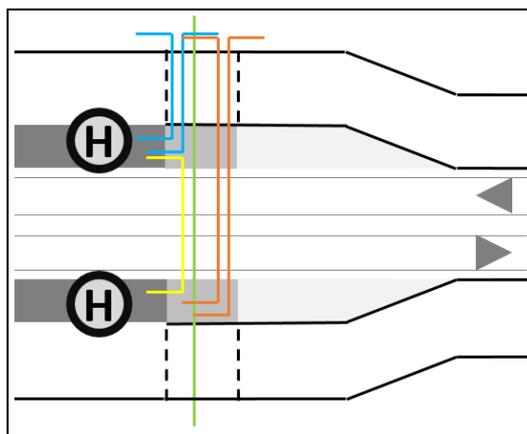


Abbildung 59: Schematische Darstellung von Bewegungslinien querender Fußgänger an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen

Bei Kap- und Bushaltestellen ergibt sich bzgl. des Verlaufs der Querung (senkrecht/schräg etc.) eine ähnliche Systematik. Aufgrund der freien Wahlmöglichkeit des Querungsortes ist es allerdings notwendig, diesen differenzierter zu erfassen. Nur so ist die Analyse des Einflusses bestimmter Verhaltensweisen auf die Sicherheit möglich (bspw. Einfluss von häufig auftretenden Querungen direkt vor oder hinter einem haltenden ÖV-Fahrzeug und damit eingeschränkter Sichtbeziehungen zu überholenden Fahrzeugen).

Für jede Haltestelle wird deshalb eine Einteilung in verschiedene Bereiche vorgenommen (vgl. Abbildung 60). Differenziert wird dabei nach Querungen direkt am haltenden ÖV-Fahrzeug, Querung innerhalb der Haltestelle (auch außerhalb der Haltezeit der ÖV-Fahrzeuge) sowie Querungen an der nächstgelegenen explizit ausgebildeten Querungsstelle (LSA, FGÜ etc.), sofern sich einer derartige Querungsstelle innerhalb des Beobachtungsbereichs befindet. Der Abschnitt zwischen Haltestelle und Querungsstelle wird bei entsprechender Länge in einen haltestellennahen und einen haltestellenfernen Bereich aufgeteilt. In Einzelfällen werden auch Querungen auf der haltestellenabgewandten Seite der Querungsstelle erfasst, sofern von einem Zusammenhang mit der Haltestelle oder dem ihr zugeordneten Unfallgeschehen ausgegangen werden kann.

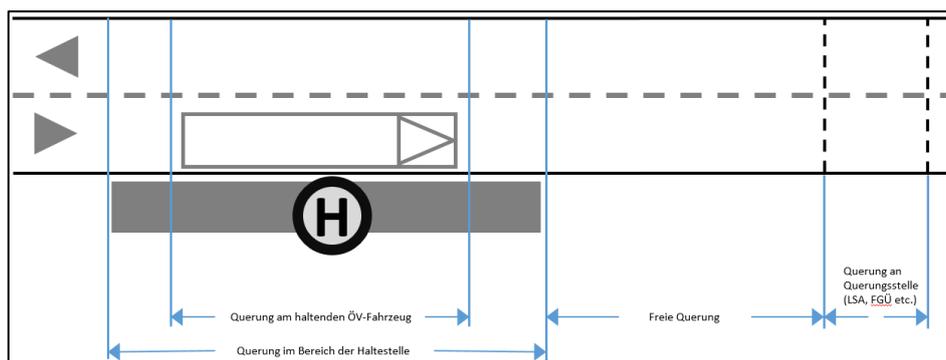


Abbildung 60: Schematische Darstellung der Differenzierung einer Querung nach Ort innerhalb des Beobachtungsbereichs

5.2.2.3 Überblick über das Untersuchungskollektiv

Insgesamt wurden 102 THS beobachtet, die sich auf 65 HSK verteilen (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). 28 HSK enthalten dementsprechend nur eine THS. Je nach Auswertung werden Haltestellen, deren THS jeweils einen eigenen HSK bilden, zusammengefasst.

Tabelle 22: Beobachtete Haltestellen nach Stadt und Haltestellentyp

Haltestellentyp	Teilhaltestellen (Haltestellenkomplexe)					
	Gesamt	Berlin	Dortmund	Dresden	Frankfurt	Leipzig
Seitenbahnsteige	41 (22)	11 (6)	10 (5)	–	10 (5)	10 (6)
Kaphaltestellen	37 (28)	–	4 (3)	26 (20)	–	7 (5)
Bushaltestellen	24 (15)	10 (6)	8 (5)	–	6 (4)	–
Gesamt	102 (65)	21 (12)	22 (13)	26 (20)	16 (9)	17 (11)

Aggregiert über alle Haltestellen wurden innerhalb der zweistündigen Beobachtungszeitraums rund 123.000 Kfz, 54.000 Fußgänger im Längs- und Querverkehr sowie 21.000 Radfahrer erfasst. Ein Überblick über die erfassten Verkehrsaufkommen ist in Tabelle 23 dargestellt, differenziertere Aussagen sind in den Kapiteln zu der jeweiligen Haltestellenform enthalten (vgl. Kapitel 5.2.3 bis 5.2.5).

Tabelle 23: Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde

	Haltestellentyp	Anzahl HSK	Mittelwert	Minimum	Median	Maximum
Kfz	Seitenbahnsteige	22	1608	640	1697	2976
	Haltestellenkaps	24	668	187	648	1286
	Bushaltestellen	12	840	218	861	1689
Fußgänger (Querverkehr)	Seitenbahnsteige	22	488	88	376	2165
	Haltestellenkaps	28	75	6	58	292
	Bushaltestellen	15	82	2	38	467
Fußgänger (Längsverkehr)	Seitenbahnsteige	22	370	49	148	3271
	Haltestellenkaps	24	126	17	71	785
	Bushaltestellen	12	141	28	83	509
Radfahrer (Querverkehr)	Seitenbahnsteige	22	75	3	49	519
	Haltestellenkaps	16	9	2	6	31
	Bushaltestellen	7	13	1	12	33
Radfahrer (Längsverkehr)	Seitenbahnsteige	22	247	23	212	780
	Haltestellenkaps	24	69	15	55	301
	Bushaltestellen	12	118	5	109	346

Die Aufkommen der beiden für die hier vorgenommene Betrachtung der Verkehrssicherheit besonders wichtigen Verkehrsarten Kfz sowie Fußgänger im Querverkehr sind zudem in Abbildung 61 dargestellt. Es wird deutlich, dass das Niveau bei den Seitenbahnsteigen sowohl beim Kfz-, wie auch beim Fußverkehr gegenüber den beiden anderen Haltestellentypen deutlich erhöht ist. Damit sind Vergleiche zwischen Haltestellen mit Seitenbahnsteig und den beiden anderen Haltestellentypen wenig zielführend. Die Aufkommen an Kaphaltestellen der Straßenbahn und Fahrbahnrandhaltestellen von Bussen bewegen sich dagegen auf ähnlichem Niveau.

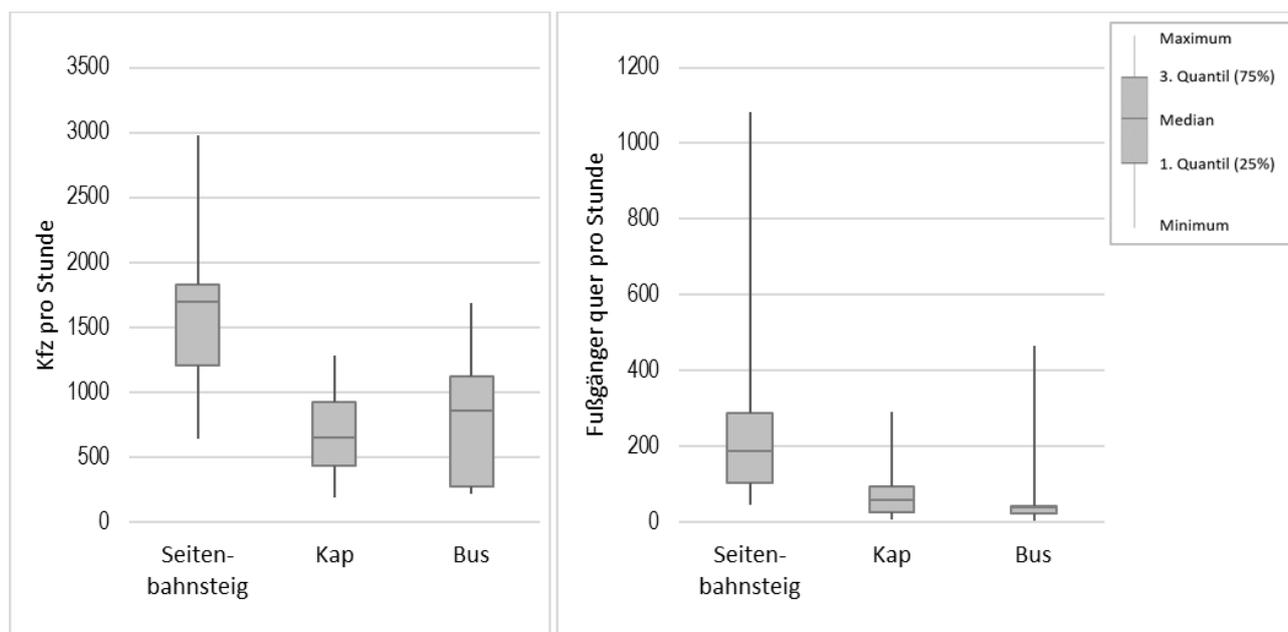


Abbildung 61: Übersicht über die Kfz-Aufkommen und die Aufkommen im Fußgängerquerverkehr je Haltestellentyp

5.2.3 Ergebnisse für Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig

Für die Detailanalysen wurden 41 THS an 22 HSK mit Seitenbahnsteig erhoben. Diese verteilen sich gleichmäßig auf die vier Untersuchungsstädte Berlin (6 HSK, 11 THS), Dortmund und Frankfurt/Main (je 5 HSK, 10 THS) sowie Leipzig (6 HSK, 10 THS). 12 HSK sind unfallbelastet und 10 HSK unfallfrei (bzgl. U(P) des Typs 4).

An Haltestellen mit Seitenbahnsteig ergibt sich beim Fußverkehr die Besonderheit, dass bei Querungen über die gesamte Straße, bei denen die Haltestelle nur als Querungshilfe genutzt wird, je Fußgänger zwei Querungen von Kfz-Fahrbahnen erfolgen. Sofern im Folgenden nicht anders erwähnt werden diese zwei Querungen einer Person als eigenständige Quervorgänge behandelt. Damit wird das Problem gelöst, dass viele Merkmale (z. B. Rotlichtakzeptanz, Konflikte) nur sinnvoll je Querung einer Fahrbahn, nicht aber je Querung der gesamten Straße erhoben und ausgewertet werden können.

5.2.3.1 Verkehrsaufkommen

Beim Fußverkehrsaufkommen im Querverkehr weisen die Haltestellen in Dortmund und Leipzig im Median ähnliche Werte auf; in Frankfurt und Berlin wurden jeweils im Median der Haltestellen mehr als doppelt so viele Querungen gezählt (vgl. Tabelle 24). Beim Fußverkehrsaufkommen im Längsverkehr tritt das höchste Medianaufkommen ebenfalls in Berlin auf, die mit Abstand wenigsten Fußgänger wurden in Dortmund gezählt. Ebenfalls in Dortmund wurden jeweils das geringste Radverkehrsaufkommen im Quer und- Längsverkehr verzeichnet, die höchsten Aufkommen in Berlin und Leipzig.

Das Radverkehrsaufkommen an den HSK reicht innerhalb von zwei Stunden im Längsverkehr von 46 bis 1560 Rad/2 h (Mittelwert: 494 Rad/2 h), im Querverkehr von 6 bis 1038 Rad/2 h (Mittelwert: 151 Rad/2 h). Querungen von Radfahrern wurden nur dort aufgenommen, wo Radfahrer die Fußgängerfurt nutzen oder auf einer Radfahrerfurt nahe der Fußgängerfurt geführt werden.

Hinsichtlich des Kfz-Aufkommens sind die Haltestellen in Berlin, Dortmund und Leipzig vergleichbar, an den Haltestellen in Frankfurt liegt das Kfz-Aufkommen im Mittel um etwa ein Drittel höher.

An den Haltestellen im Untersuchungskollektiv wurden im Mittel im Querschnitt 1608 Kfz/h erfasst, wobei die Spannweite von 640 bis 2976 Kfz/h reicht. Das Verhältnis von in den zwei Stunden gezählten Kfz zum jeweils aus kommunalen Daten bekannten DTV schwankt erheblich (zwischen minimal 8,0 % und maximal 18,8 % mit einem Mittelwert von 12,8 % – vgl. Abbildung 62). Die vorliegenden DTV-Werte beruhen i.d.R. nicht auf Zählungen, sondern nur auf Hochrechnungen oder Interpolationen zwischen verschiedenen Zählstellen. Auch sind die im Kollektiv enthaltenen Straßen unterschiedlichen Straßentypen zuzuordnen und weisen dementsprechend unterschiedliche Tagesganglinien auf. Zudem wurden die Videobeobachtungen zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt.

Tabelle 24: Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde an HSK mit Seitenbahnsteig

	Stadt	Anzahl HSK	Mittelwert	Minimum	Median	Maximum
Kfz	Berlin	6	1475	640	1675	1848
	Dortmund	5	1591	1051	1720	1980
	Frankfurt	5	1959	760	2404	2976
	Leipzig	6	1462	974	1518	1789
	Gesamt	22	1608	640	1697	2976
Fußgänger (Querverkehr)	Berlin	6	838	429	618	2165
	Dortmund	5	244	135	302	322
	Frankfurt	5	532	102	556	1274
	Leipzig	6	304	88	266	513
	Gesamt	22	488	88	376	2165
Fußgänger (Längsverkehr)	Berlin	6	1053	130	507	3271
	Dortmund	5	58	49	57	67
	Frankfurt	5	158	67	168	253
	Leipzig	6	124	49	124	196
	Gesamt	22	370	49	148	3271
Radfahrer (Querverkehr)	Berlin	6	69	37	70	102
	Dortmund	5	4	3	5	6
	Frankfurt	5	51	27	56	84
	Leipzig	6	162	43	61	519
	Gesamt	22	75	3	49	519
Radfahrer (Längsverkehr)	Berlin	6	436	217	386	780
	Dortmund	5	32	23	31	44
	Frankfurt	5	171	137	167	225
	Leipzig	6	301	179	296	416
	Gesamt	22	247	23	212	780

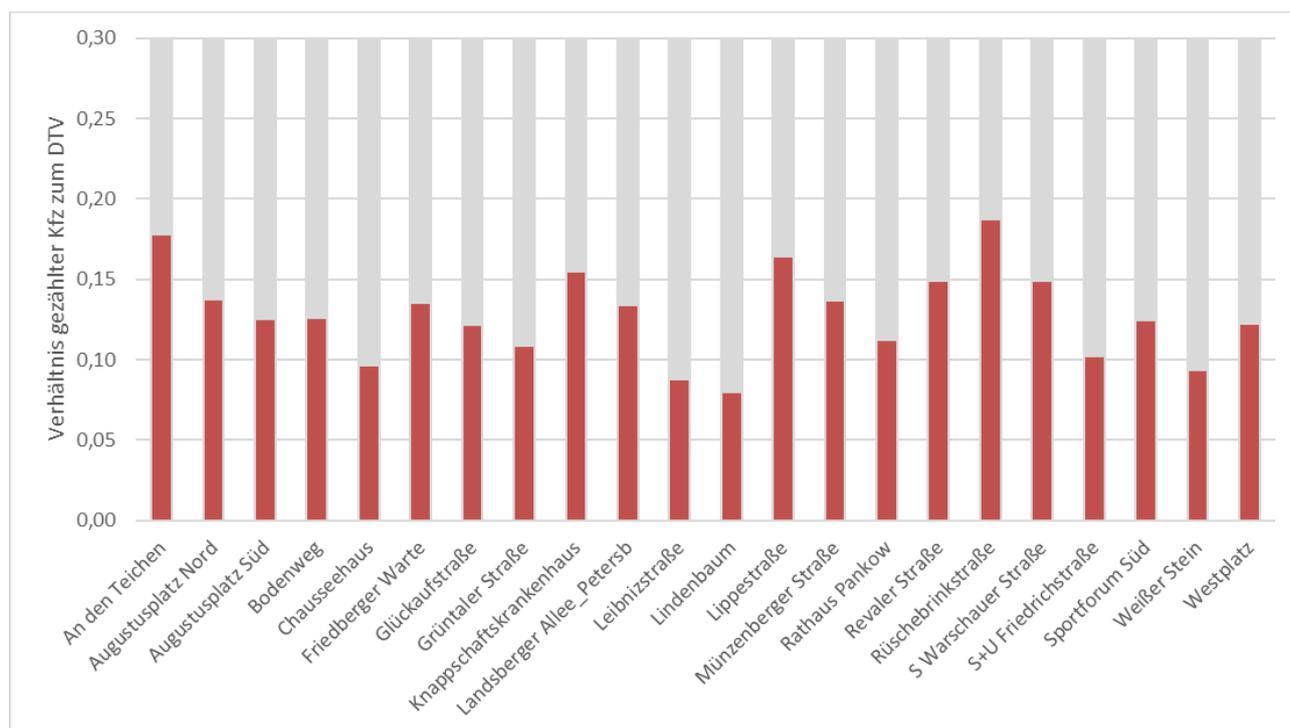


Abbildung 62: Anteil im Erhebungszeitraum gezählter Kfz (2 h) am DTV (y-Achse geschnitten) an HSK mit Seitenbahnsteig

In Abbildung 63 sind die Schwankungen in den Anteilen der acht 15-Minuten-Intervalle innerhalb des zweistündigen Erhebungszeitraums für den Kfz-Verkehr dargestellt. Die Abweichungen vom Erwartungswert bei Gleichverteilung innerhalb der zwei Stunden (je 12,5 %) sind gering, so dass eine aggregierte Auswertung der Daten über den Beobachtungszeitraum vertretbar ist.

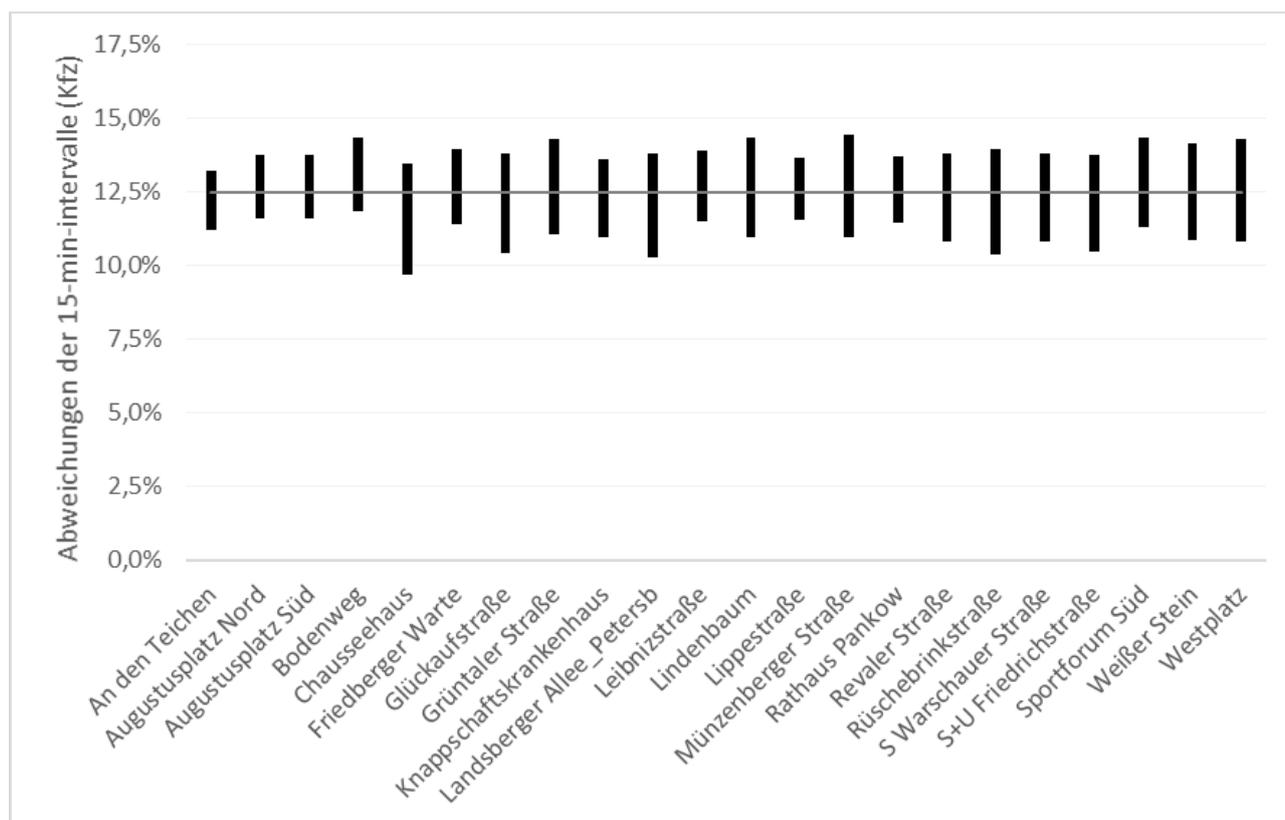


Abbildung 63: Variabilität des Kfz-Aufkommens innerhalb des Beobachtungszeitraums an HSK mit Seitenbahnsteig: Anteile der 15-Min-Intervalle am gesamten Zählzeitraum (absteigend sortiert nach dem absoluten Aufkommen im Zählzeitraum)

Hinsichtlich der Anzahl der Fußgängerquerungen sind die Schwankungen über die 15-Minuten-Intervalle aufgrund des geringeren Aufkommens höher. Auffällig große Schwankungen gibt es allerdings nur an der Haltestelle „Augustusplatz Nord“. Bei den anderen beiden HSK mit hoher Variabilität („An den Teichen“ und „Glückaufstraße“) liegen jeweils nur geringe Aufkommen vor, was die großen Abweichungen erklärt. An der Haltestelle „Augustusplatz Nord“ ist die große Schwankung auf ein besonders hohes Aufkommen in den ersten drei 15-Minuten-Intervallen zurückzuführen, anschließend sinkt das Aufkommen auf ein dann gleichbleibendes Niveau. An der Haltestelle „An den Teichen“ ist die große Schwankung auf das hohe kurzzeitige Aufkommen infolge des Unterrichtsendes einer nahegelegenen Schule (bei zugleich geringem Gesamtaufkommen) zurückzuführen.

Im Radverkehr ist das Aufkommen im Querverkehr fast durchgehend geringer als beim Fußverkehr, an 10 HSK wurden weniger als 100 Radfahrer im Querverkehr beobachtet. Entsprechend sind die Schwankungen innerhalb des gezählten 2-Stunden-Zeitraums erheblich.

In der multivariaten Analyse (vgl. Kapitel 4.4) wurde die Bebauungsdichte und die Umfeldnutzung als Stellvertretergröße für das Fußverkehrsaufkommen genutzt. In den meisten Modellen leistete der dort berechnete vereinfachte Umfeldfaktor einen signifikanten Beitrag zur Erklärung des Unfallgeschehens. In Abbildung 64 ist das Fußgängeraufkommen im Quer- und Längsverkehr in Abhängigkeit des vereinfachten Umfeldfaktors dargestellt. Dabei bestätigt sich das Vorgehen der multivariaten Analyse: Das Fußverkehrsaufkommen nimmt mit steigendem Umfeldfaktor tendenziell zu. Allerdings gibt der Umfeldfaktor das Aufkommen im Längsverkehr besser wieder als im Querverkehr. Zudem treten an zwei Haltestellen mit mittlerem Umfeldfaktor besonders hohe Fußverkehrsaufkommen auf. Dabei handelt es

sich um die beiden Berliner Haltestellen „Friedrichstraße“ und „Warschauer Straße“, wobei die hohen Fußverkehrsaufkommen vermutlich wesentlich auf die S- bzw. U-Bahnhöfe in der Umgebung und auf die Funktion als Umsteigeknoten zurückzuführen sind.

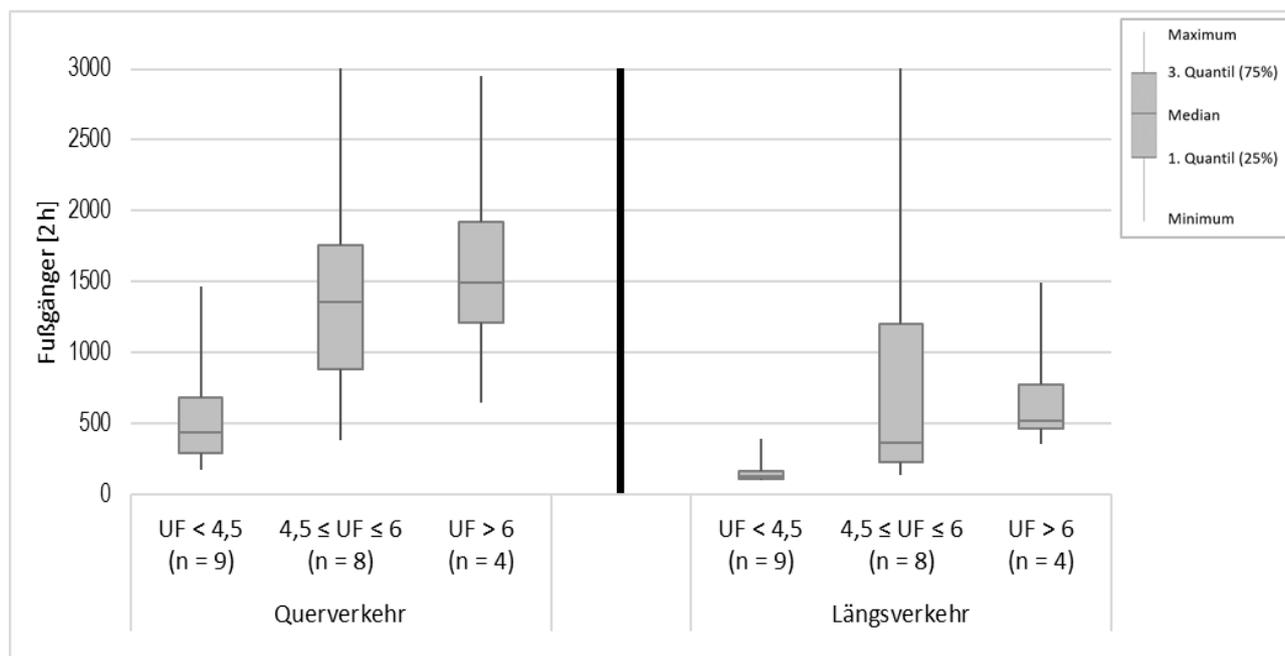


Abbildung 64: Aufkommen im Fußgängerquer- und -längsverkehr an Haltestellen mit Seitenbahnteig in Abhängigkeit des Umfeldfaktors (Ausreißer reichen bis zu einem Maximum von 5340 Fußgängern im Längs- und 6090 im Querverkehr)

5.2.3.2 Akzeptanz der Signalisierung

Nur bei einzelnen Videobeobachtungen war der Zustand der Signalisierung bei Querungen von Fußgänger und Radfahrern direkt – durch Sicht auf den Signalgeber – erkennbar. Bei den meisten Haltestellen musste der Zustand der Singlaisierung indirekt über das Verhalten der Verkehrsteilnehmer abgeleitet werden (z. B. wartende Kfz » Grün für Fußgänger; wartende Fußgänger » Rot für Fußgänger). Dies hat vor allem bei geringem oder stark gepulstem Kfz-Aufkommen zur Folge, dass nur bei einem Teil der Fußgänger und Radfahrer sicher festgestellt werden kann, ob das Signal zum Zeitpunkt der Querung auf Grün oder Rot stand. Der Anteil der Querungen mit nicht erkennbarer Signalisierung liegt zwischen 0 % und 20 %. An einem HSK („Sportforum Süd“ in Leipzig) war die Signalisierung bei 40 % der Fußgänger und fast 60 % der Radfahrer nicht erkennbar. Dies war auf die starke Pulkbildung im Kfz-Verkehr zurückzuführen. Im Folgenden werden jeweils nur die Verkehrsteilnehmer berücksichtigt, die an signalisierten Querungsstellen querten und bei denen die Signalisierung zuverlässig erkennbar war.

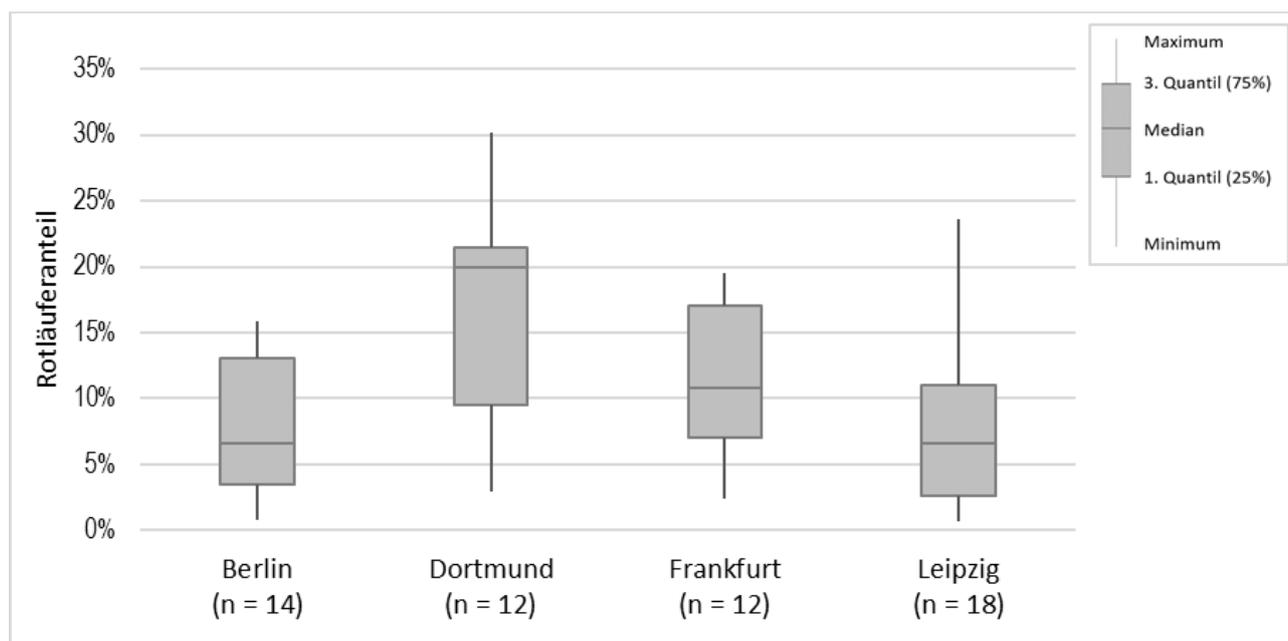


Abbildung 65: Rotläuferanteil nach Städten an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig (n entspricht Anzahl der Furten)

Zwischen den Städten im Kollektiv bestehen deutliche Unterschiede: So ist der Anteil an Rotläufern in Dortmund im Median der Haltestellen mehr als doppelt so hoch wie in Berlin und Leipzig, auch in Frankfurt ist der Rotläuferanteil etwas erhöht (vgl. Abbildung 65). Diese Unterschiede können nicht durch Kfz-Aufkommen oder differierende Fahrbahnbreiten erklärt werden. In Dortmund liegt allerdings nicht nur die geringste Zahl signalisierter Querungsstellen vor, sondern auch die geringste Anzahl beobachteter Querungen.

Bei Fußgängern reicht der Anteil der Rotlichtverstöße von unter 1 % („Augustusplatz Nord“ in Leipzig, „Rathaus Pankow“ in Berlin) bis 30 % („Knappschaftskrankenhaus“ in Dortmund) – vgl. Abbildung 66. Dabei schwankt der Anteil der Rotlichtverstöße nicht nur zwischen den HSK, sondern auch zwischen den verschiedenen Furten eines HSK und erreicht bei einer Furt der Haltestelle „Knappschaftskrankenhaus“ in Dortmund über 40 % (vgl. Abbildung 115 im Anhang 3).

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass die Rotlichtakzeptanz von Fußgängern mit steigender Fahrbahnbreite und steigendem Kfz-Aufkommen zunimmt, da zum einen bei breiten Fahrbahnen größer Zeitlücken benötigt werden und zum anderen bei hohen Verkehrsstärken seltener ausreichend große Zeitlücken auftreten. Wie in Abbildung 116 im Anhang 3 erkennbar, ist dies bei Betrachtung der Rotläuferanteile je Furt in Abhängigkeit des Kfz-Aufkommens auch der Fall. Der Anteil der Rotlichtverstöße nimmt mit steigendem Kfz-Aufkommen ab, allerdings ist der Zusammenhang nur sehr schwach ausgeprägt. Zum Teil ist die Rotlichtakzeptanz auch bei niedrigem Kfz-Aufkommen hoch, während bei einigen Furten mit hohem Kfz-Aufkommen in erheblichem Maße bei Rot gequert wird. Beispiele für einen hohen Rotläuferanteil bei hohem Kfz-Aufkommen bilden mehrere Furten der Haltestelle „Bodenweg“ in Frankfurt, bei denen viele Querungen – bei Rot, wie auch bei Grün – durch den Rückstau wartender Kfz erfolgen.

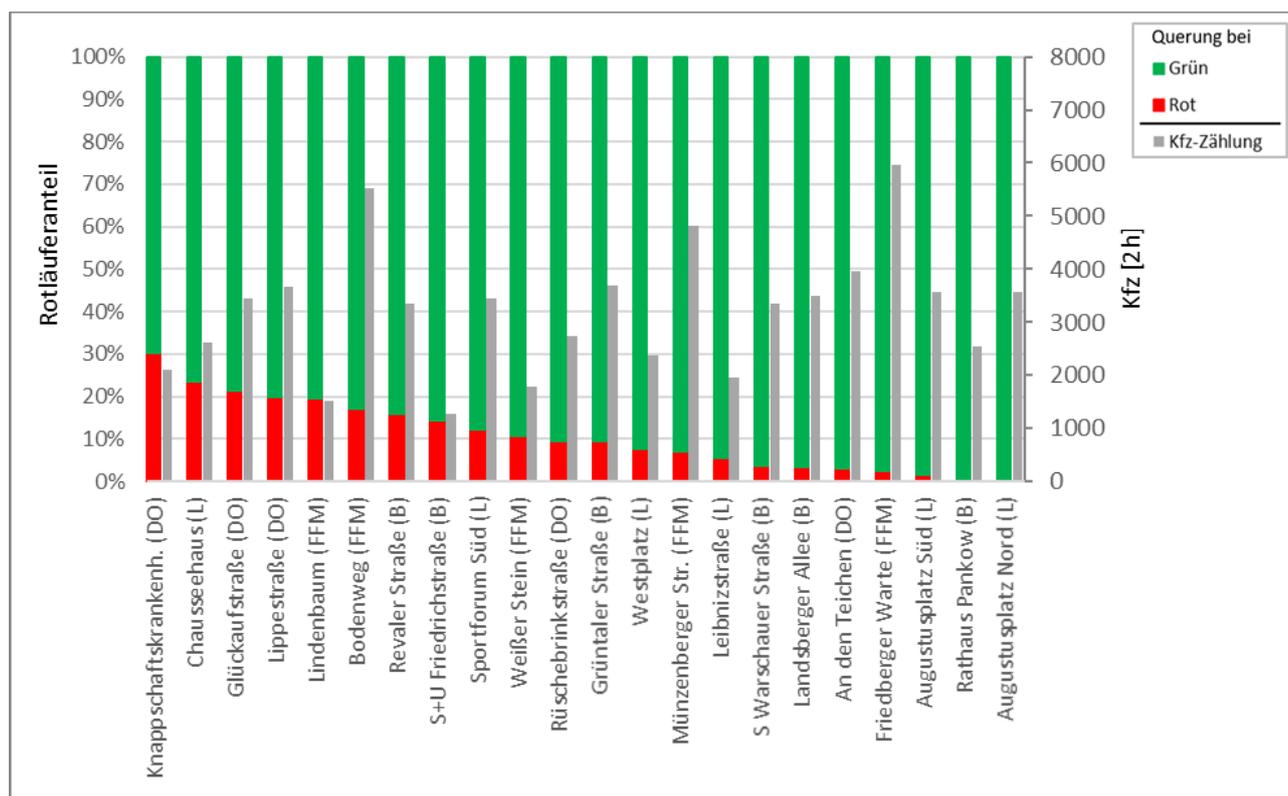


Abbildung 66: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je HSK bei mit Seitenbahnsteigen, (aggregiert über alle signalisierten Furten im HSK;)

Auch bzgl. der Fahrbahnbreite (hier: Zahl der Fahrstreifen) bestätigt sich die erwartete Abnahme der Rotlichtverstöße mit zunehmender Fahrbahnbreite (vgl. Abbildung 67). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Fahrbahnbreite bzw. Anzahl der Fahrstreifen und das Kfz-Aufkommen stark korrelieren. Die zusätzliche Verbreiterung der zu querenden Strecke durch Radfahrstreifen und Radwege hat keinen Einfluss auf den Rotläuferanteil.

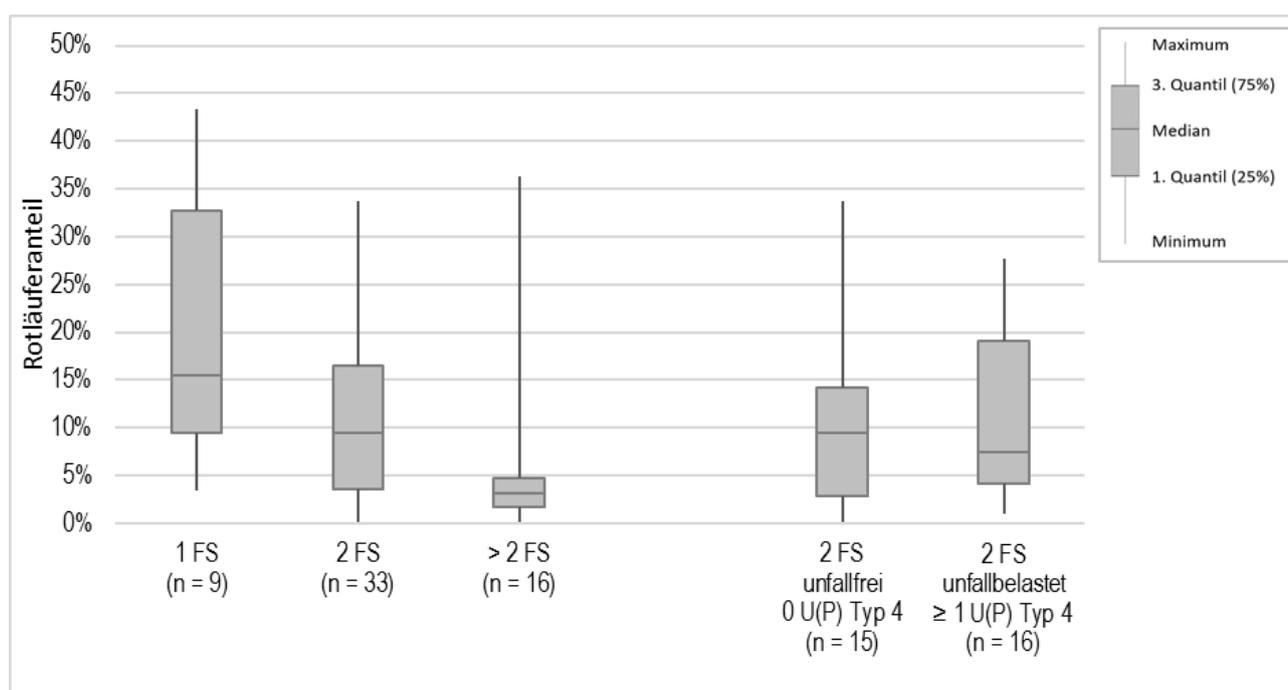


Abbildung 67: Rotlichtverstöße von Fußgängern in Abhängigkeit der Fahrbahnbreite an Straßenbahnhaltstellen mit Seitenbahnsteig (n entspricht Anzahl der Furten)

Bzgl. der Differenzierung nach unfallfreien und unfallbelasteten Haltestellen ist die Zahl der Furten nur bei Fahrbahnen mit 2 Fahrstreifen ausreichend für eine entsprechende Analyse. Hierbei sind keine wesentlichen Unterschiede zwischen HSK mit und ohne Unfällen erkennbar. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich das Kriterium „unfallfrei“ bzw. „unfallbelastet“ bei Seitenbahnsteigen zwar nach den U(P) des Typs 4 richtet, dabei aber auch die Unfälle an nicht signalisierten Querungsstellen berücksichtigt werden.

Kein Zusammenhang zeigt sich zwischen den Rotläuferanteilen und dem Fußverkehrsaufkommen, wie dies z. B. aufgrund einer gegenseitigen sozialen Kontrolle der Fußgänger erwartet werden könnte.

Diese Ergebnisse ändern sich auch nicht wesentlich, wenn statt der aggregierten 2-Stunden-Zeiträume die 15-Minuten-Intervalle betrachtet werden. Auch in diesem Fall nimmt der Rotläuferanteil bei höherem Kfz-Aufkommen (nur schwach ausgeprägt) tendenziell ab, während bzgl. des Fußverkehrsaufkommens kein Zusammenhang erkennbar ist.

Offensichtlich haben – hier nicht erhobene – Faktoren wie die Steuerung der LSA (und damit Wartezeiten bzw. Freigabezeiten für Fußgänger) sowie die Pulkung der ankommenden Kfz (z. B. infolge koordinierter Lichtsignalsteuerungen) einen größeren Einfluss auf die Rotlichtakzeptanz als das Verkehrsaufkommen.

5.2.3.3 Querungen zwischen Zugängen

Grundsätzlich ist es möglich, dass Fußgänger innerhalb des Haltestellenbereichs queren – also zwischen den vorgesehenen Zugängen. Dies gilt sowohl für die Querung der Gleise, wie auch für die Querung der anliegenden Fahrbahnen.

Von den Haltestellen mit Seitenbahnsteigen sind 18 beidseitig zur Fahrbahn durch Gitter abgegrenzt. Entsprechend werden fast alle Querungsvorgänge an den vorgesehenen Querungsstellen gebündelt. Die Querung der Gleise – z. B. zum Wechsel zwischen den Bahnsteigen beim Umsteigen – ist dagegen bei allen Haltestellen im Kollektiv mit Ausnahme der Haltestelle An den Teichen (Dortmund) möglich.

Bei vier Haltestellen sind Querungen zwischen den Zugängen mindestens über eine Fahrbahn direkt möglich:

- „Grüntaler Straße“ in Berlin (Absperrung durch niedrigen, auf der Nordseite an einer Stelle unterbrochenen Zaun)
- „Revaler Straße“ in Berlin (der HSK umfasst nur eine THS mit Absperrung gegenüber der anliegenden Fahrbahn, die direkte Querung der gegenüberliegenden Fahrbahn ist dagegen möglich)⁶
- „Warschauer Straße“ in Berlin (nur einseitige Absperrung)
- „Sportforum“ in Leipzig (keine Absperrung)

Bei der Erhebung wird für jeden querenden Verkehrsteilnehmer das Merkmal „Querung zwischen Zugängen – ja/nein“ aufgenommen. Ausgeschlossen von dieser Betrachtung sind

⁶ An der „Revaler Straße“ ergibt sich die Besonderheit, dass sich zwischen den in Mittellage verlaufenden Straßenbahngleisen eine parkähnlich gestaltete Grünfläche befindet, die ihrerseits als Quelle und Ziel zahlreicher Querungen dient. Aufgrund des begrenzten Aufnahmebereichs der Kameras konnte diese Grünfläche nicht vollständig aufgenommen werden, weshalb bei den Querungen eine Zuordnung zur Haltestelle zumeist nicht möglich war.

Personen, die außerhalb des Haltestellenbereichs (z. B. im Knoteninnenbereich einer anliegenden Kreuzung) queren.

An etwa der Hälfte der Haltestellen querten im Beobachtungszeitraum einzelne Fußgänger im Haltestellenbereich die Kfz-Fahrbahn (vgl. Abbildung 68). Diese nutzten also, zum Teil trotz vorhandener Sperrgitter, nicht die vorgesehenen Querungsstellen. Bei Haltestellen mit Sperrgitter kletterten die so querenden Personen über oder durch das Gitter. Keine der Personen, die außerhalb der vorgesehenen Stellen querte, war in einen Konflikt bzw. kritische Situation involviert. Über alle Haltestellen zusammen wurden nur zwei Personen, die im Bereich zwischen den Zugängen querten, als Laufeinsteiger klassifiziert.

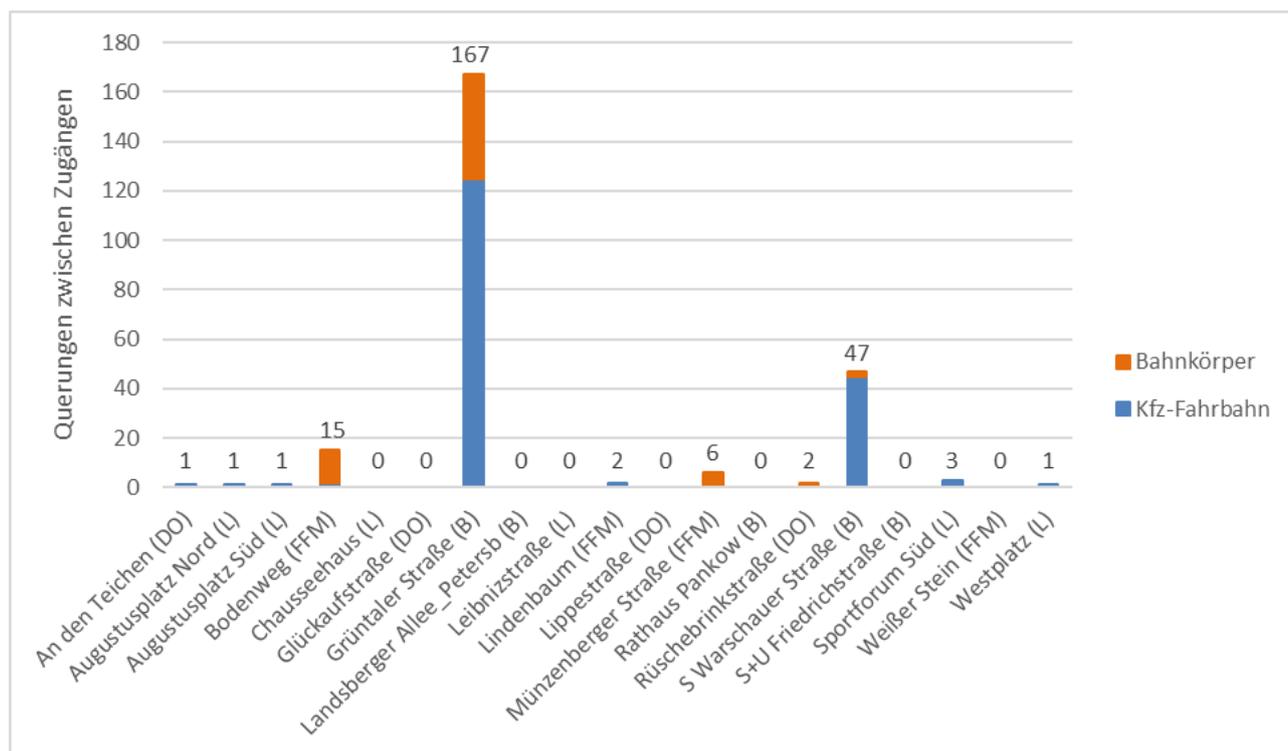


Abbildung 68: Querungen zwischen den Zugängen nach HSK

Nur an zwei Haltestellen waren Querungen zwischen den regulären Bahnsteigzugängen in großer Zahl zu beobachten (zur Veranschaulichung siehe Abbildung 69): An der Haltestelle „Grüntaler Straße“ querten 110 Fußgänger die nördliche Fahrbahn außerhalb der Querungsstellen, dies entspricht rund 17 % aller Querungen dieser Fahrbahn. Mehr als die Hälfte davon querten zum ersten (nördlichen) Seitenbahnsteig, 42 querten auch den Bahnkörper zum südlichen Bahnsteig. Die südliche Fahrbahn wurde deutlich seltener außerhalb der Querungsstellen überschritten (15 Personen in zwei Stunden). Viele dieser Querenden kamen aus einer im Bereich der Haltestelle einmündenden Nebenstraße, einige Fußgänger liefen auch vor oder nach der Querung auf dem zwischen Bahnsteig und Fahrbahn befindlichen Grünstreifen. An der Haltestelle „Warschauer Straße“ querten im Beobachtungszeitraum 47 Fußgänger außerhalb der Querungsstellen, wobei diese Art der Querung fast ausschließlich die westliche Fahrbahn mit der Teilhaltestelle ohne Absperrung betraf (entspricht rund 5 % der Querungen dieser Fahrbahn). An der Haltestelle „Sportforum“ wurde die bestehende Möglichkeit der direkten Querung deutlich seltener genutzt (drei Querungen), wobei diese Haltestelle im Untersuchungskollektiv die vom Fußverkehr mit Abstand am schwächsten frequentierte Haltestelle darstellt.

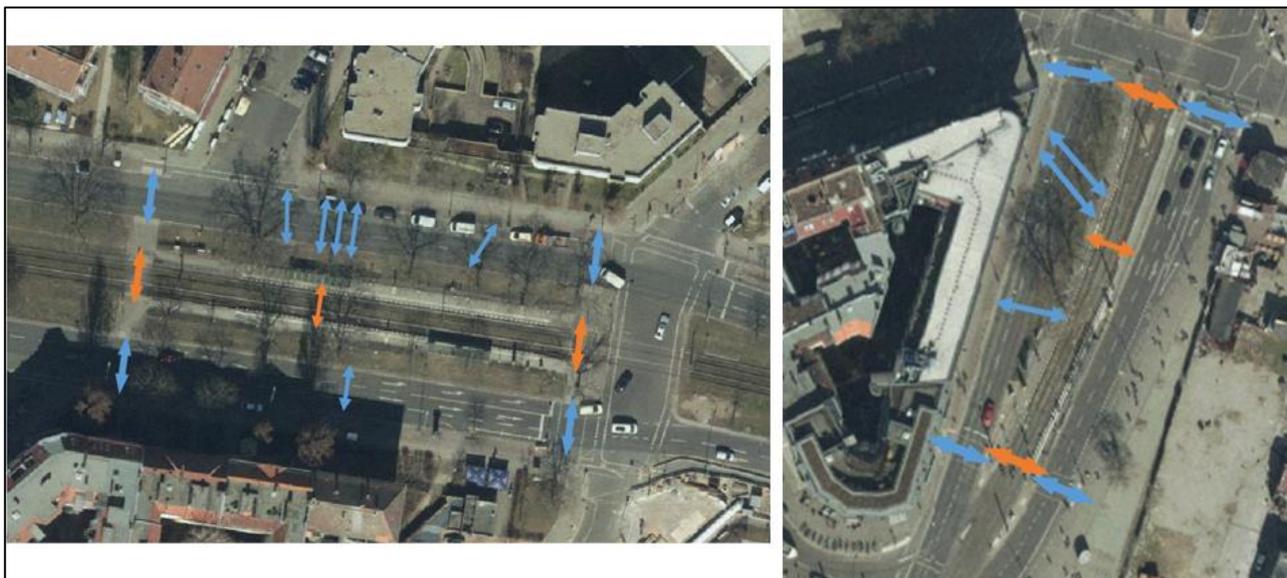


Abbildung 69: Schematische Darstellung häufiger Querungen an den HSK „Grüntaler Straße“ (linkes Bild) und „Warschauer Straße“ (rechtes Bild) in Berlin; Bildquelle: Senatsverwaltung Berlin

An der Warschauer Straße entfielen 35 der 45 Querungen auf Personen, die direkt zuvor aus einer Straßenbahn ausgestiegen waren, nur 4 querende Personen waren Fahrgäste auf dem Weg zur Haltestelle. An der Grüntaler Straße verteilten sich die Querungen gleichmäßig auf Ein- und Aussteiger, sowohl bei Personen, die nur über eine Fahrbahn querten, wie auch bei Personen, die über eine Kfz-Fahrbahn und den Gleiskörper querten.

An keiner der genannten Fahrbahnen, über die eine Querung außerhalb der Querungsstellen möglich ist, ereignete sich im Untersuchungszeitraum (2011 bis 2015) ein Unfall, der mit diesen Querungen in Zusammenhang steht.

5.2.3.4 Haltestellen als Querungshilfe

Ein Teil der beobachteten Fußgänger quert die gesamte Straße, nutzte die Haltestelle also (ausschließlich) als Querungshilfe. Deren Anteil ist an signalisierten Querungsstellen höher als an unsignalisierten. Sowohl bei signalisierten, wie auch unsignalisierten Querungsstellen ist der Anteil der die gesamte Straße querenden Fußgänger bei höherem Umfeldfaktor größer (vgl. Abbildung 70)

Im Mittel querten an unsignalisierten Querungsstellen 25,3 % aller beobachteten Fußgänger die Straße komplett. Dieser Wert wird stark geprägt von den beiden Teilhaltestellen „Augustusplatz“ mit Anteilen von über 80 %, im Median aller Haltestellen liegt der Anteil bei rund 10 %.

Bei signalisierten Querungsstellen liegt der Anteil der beobachteten Personen, die vollständig querten, im Mittel bei 27,7 % (Median: 19,2 %), der Anteil der Fahrgäste entsprechend bei 72,3 % bzw. 80,8 %. Besonders hohe Anteile an Personen, die die gesamte Straße queren, traten an den Haltestellen „Augustusplatz Süd“ und „Friedrichstraße“ mit jeweils über 80 %, besonders niedrige Anteile von unter 7 % an den Haltestellen „Chausseehaus“, „Glückaufstraße“, „Rüschebrinkstraße“ und „Sportforum“ auf.

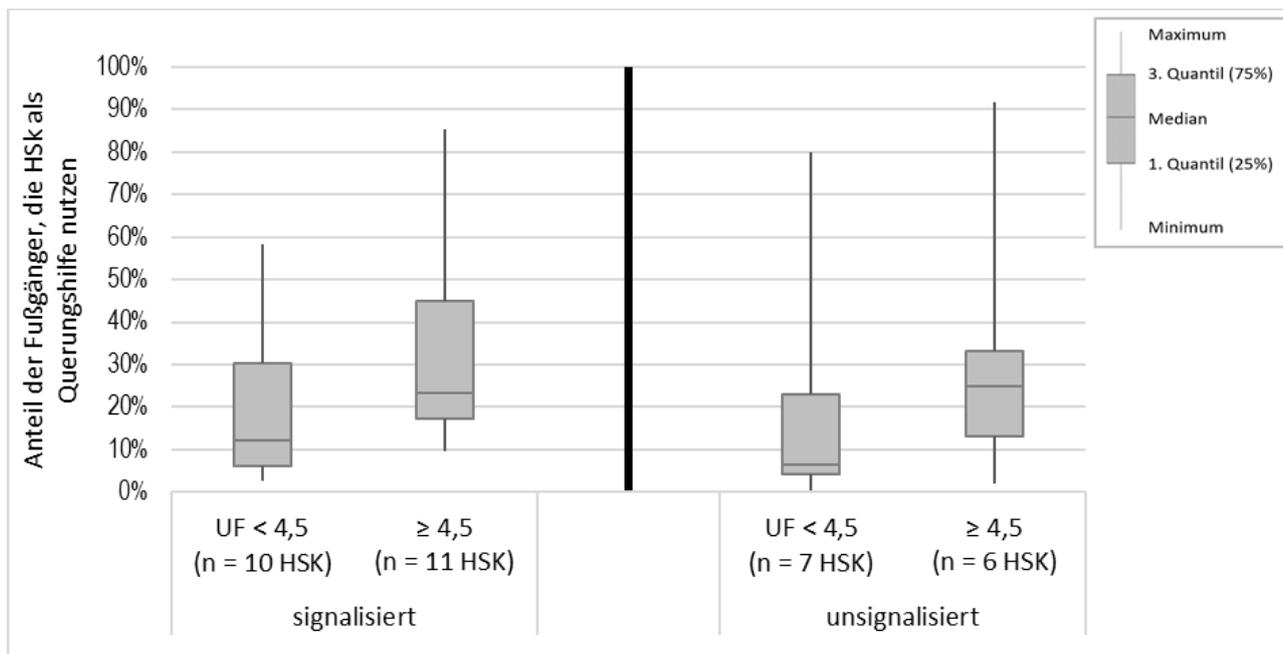


Abbildung 70: Nutzung von Haltestellen als Querungshilfe nach Umfeldfaktor

5.2.3.5 Konflikte

Für Fußgänger und Radfahrer im Längs- und Querverkehr wurden bei der Videoauswertung Konflikte erfasst, sowohl zwischen Fußgängern und Radfahrern, wie auch zwischen diesen beiden Verkehrsteilnehmergruppen und dem Kraftfahrzeugverkehr. Die Entscheidung, ob eine Situation einen Konflikt darstellt, erfolgt hierbei subjektiv anhand der entsprechenden Videosequenz. Eine vertiefte Analyse von Konflikten anhand objektiver Kriterien erfolgt in Kapitel 5.3.

Insgesamt wurden etwas mehr als 60 Fußgängerquerungen mit dem Merkmal Konflikt klassifiziert. Davon entfielen rund zwei Drittel auf Überquerungsvorgänge an signalisierten Furten, ein Drittel auf Überquerungsvorgänge an unsignalisierten Zugängen von Haltestellen. Der Anteil der Konflikte an allen Querungen liegt bei den signalisierten Furten mit Ausnahme der schwach frequentierten Haltestelle „Bodenweg“ (s. u.) unter 1 %, bei nicht signalisierten Querungsstellen unter 3 % (mit Ausnahme der Haltestelle Münzenberger Straße, s. u.). 10 Konflikte sind Laufeinsteigern zuzuordnen. Bei der Überquerung der Gleise wurde kein Konflikt (mit Fahrzeugen des ÖPNV) registriert, was die Ergebnisse der Unfallanalyse bzgl. des seltenen Auftretens von Kollisionen zwischen Fußgängern und ÖV-Fahrzeugen bestätigt.

Bzgl. der Verteilung der Konflikte auf unfallbelastete und unfallfreie HSK ist die begrenzte Aussagekraft aufgrund der insgesamt geringen Zahl an Konflikten (im Mittel 3,1 Konflikte pro HSK) zu berücksichtigen. An den signalisierten Furten ist die Zahl der Konflikte an unfallbelasteten HSK deutlich höher als an unfallfreien HSK (31 gegenüber 9) – vgl. auch Abbildung 71. Die mittleren prozentualen Anteile an allen Querungen sind allerdings fast gleich (0,26 % bei unfallbelasteten, 0,25 % bei unfallfreien HSK). An unsignalisierten Querungsstellen traten an unfallbelasteten HSK weniger Konflikte auf als an unfallfreien (9 gegenüber 14), wobei dies wesentlich auf die hohe Zahl an Konflikten an der Haltestelle „Münzenberger Straße“ zurückzuführen ist, auf die 9 der 14 an unsignalisierten Querungsstellen unfallfreier Haltestellen registrierten Konflikte entfallen. An den anderen unfallfreien HSK war die Konfliktrate im Mittel deutlich geringer als an den unfallbelasteten HSK.

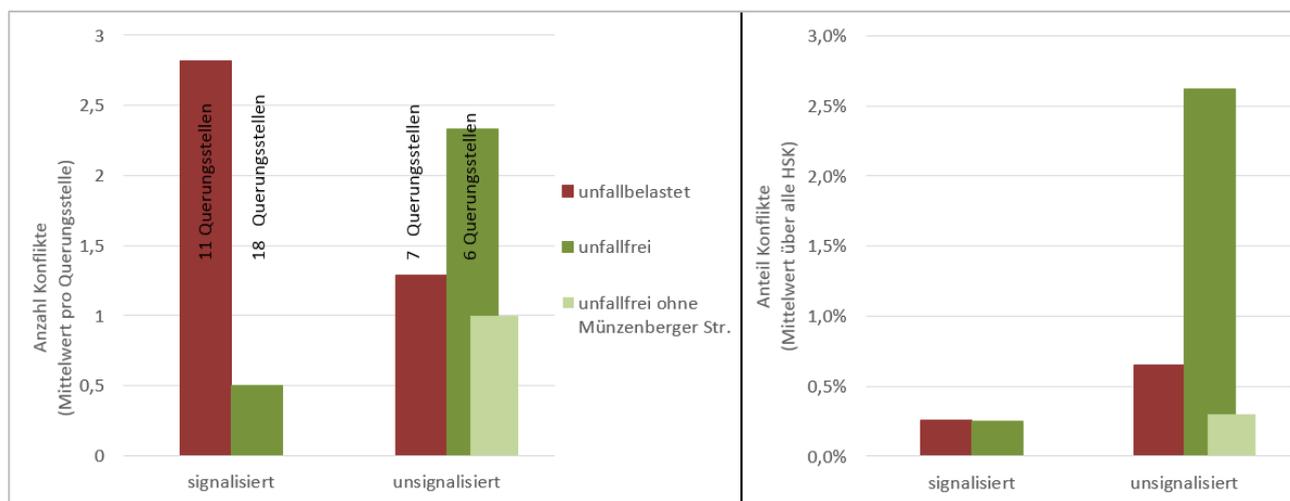


Abbildung 71: Konflikte im Fußgängerquerverkehr an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig

Auffällig viele Konflikte (mind. 5 Konfliktsituationen im HSK innerhalb des Beobachtungszeitraums) gab es an drei Haltestellen.

- Signalisierte Furten der Haltestelle „Bodenweg“ in Frankfurt (5 Konflikte): Dort querten zum einen Fußgänger bei Rot durch auf dem anliegenden Fahrstreifen wartende Kfz und gerieten dabei mit fahrenden Kfz auf dem zweiten zu querenden Fahrstreifen in Konflikt. Zum anderen standen z. T. zum Zeitpunkt der Freigabe für Fußgänger Kfz auf oder an der Furt, die bei sich bietender Möglichkeit anfahren und dabei den freigegebenen Fußgängerstrom nicht beachteten.
- Nicht signalisierte Zugänge der Haltestelle „Münzenberger Straße“ in Frankfurt (9 Konflikte): Auch an dieser – im selben Straßenzug liegenden – Haltestelle kam es im Beobachtungszeitraum wiederholt zu Rückstau vom nächstgelegenen Knotenpunkt, durch den Fahrgäste querten. Zum Zeitpunkt der Querungen war der Kfz-Verkehr allerdings mehrfach nicht komplett zum Stillstand gekommen, vielmehr erfolgte die Querung durch noch langsam fahrende Kfz.
- Westliche signalisierte Furten der Haltestelle „Weißer Stein“ in Frankfurt (9 Konflikte): Diese Furten sind Teil einer signalisierten T-Kreuzung mit einer von Norden einmündenden Einbahnstraße und mit einseitiger Fußgängerfurt über die Hauptstraße. Die dortigen Konflikte waren auf drei Faktoren zurückzuführen: Laufeinsteiger auf dem Weg zur Haltestelle oder von dort zu einer etwas entfernt liegenden Bushaltestelle; an der südlichen Furt Interaktionen zwischen bei Grün oder Rot querenden Fußgängern und Radfahrern, die die stumpfe Seite des Knotenpunktes auf dem Schutzstreifen bei Grün oder Rot befuhren sowie Konflikte zwischen bei Rot querenden Fußgängern und aus der Nebenstraße zweistreifig einbiegenden Linksabbiegern. Auffällig ist bzgl. der Signalisierung dieser Furt, dass die Reihenfolge der Freigabe der Verkehrsströme wechselt, die Freigabe für Fußgänger erfolgt zum Teil vor, zum Teil nach der Freigabe der einbiegenden Linksabbieger. Entsprechend waren die Konflikte auch der Orientierung der Fußgänger am Anhalten des Kfz-Verkehrs der Hauptrichtung – ohne Berücksichtigung der Einbieger – geschuldet.

Im Radverkehr wurden insgesamt 19 Konflikte registriert, wovon 3 auf unsignalisierte Querungsstellen entfielen. 4 der 16 Konflikte an LSA wurden an der Haltestelle „Augustusplatz

Süd“ beobachtet. Aufgrund des an dieser Haltestelle sehr hohen Radverkehrsaufkommens ist die Konfliktrate mit 0,2 % dennoch gering. Die Konflikte waren in einem Fall auf einen Rotlichtverstoß eines abbiegenden Busfahrers und in einem Fall auf einen Rotlichtverstoß eines Radfahrers zurückzuführen. Die beiden anderen Konflikte resultierten aus dem Zusammentreffen regelkonform linksfahrender Radfahrer mit Abbiegern. Eine früher existierende Kennzeichnung der Zweirichtungsfurt durch markierte gegenläufige Pfeile ist seit der letzten Erneuerung der Fahrbahnmarkierung nicht mehr vorhanden. Womöglich wurden diese Konflikte auch dadurch begünstigt, dass der rechtsfahrende Radverkehr im Pulk abfließt und der entgegenkommende (linksfahrende) Radverkehr die entsprechende Furt i. d. R. erst einige Sekunden nach den letzten Radfahrern des rechtsseitigen Pulks erreicht.

5.2.3.6 Laufeinsteiger

Als Laufeinsteiger werden Personen definiert, die erkennbar ein einfahrendes oder haltendes ÖV-Fahrzeug erreichen wollen und sich dabei (z. B. durch rennen) auffällig verhalten. Bei diesen Personen kann ein höheres Konflikt- und Unfallpotential vermutet werden, da durch den zeitlichen Druck eine geringere Regelakzeptanz, eine höhere Risikobereitschaft sowie eine geringere Aufmerksamkeit für die zu überquerende Fahrbahn vorliegen kann.

Tabelle 25 Laufeinsteiger an Haltestellen mit Seitenbahnsteig

	Laufeinsteiger (Anteil an Fahrgästen)	Querungen von Fahrgästen	Querungen gesamt
unfallfrei	102 (2,6 %)	3993	4975
unfallbelastet	206 (2,5 %)	8358	15766

Insgesamt wurde an allen HSK mit Seitenbahnsteigen 308 Laufeinsteiger beobachtet, dies entspricht 1,5 % aller querenden Personen und 2,6 % aller beobachteten Fahrgäste. Etwa 80 % aller Laufeinsteiger traten an signalisierten Querungsstellen auf und etwa 20 % an unsignalisierten Querungsstellen. An den einzelnen HSK liegt der Anteil der Laufeinsteiger zwischen 0 % („Augustusplatz Süd“ in Leipzig, „Landberger Allee/Petersburger Straße“ in Berlin) und 5 % („Knappschaftskrankenhaus“ in Dortmund). Eine Besonderheit bildet die Haltestelle „Weißer Stein“ in Frankfurt, an der die meisten Laufeinsteiger nicht zur beobachteten Straßenbahnhaltestelle, sondern von der beobachteten Haltestelle zu einer etwas entfernten Bushaltestelle liefen.

An signalisierten und unsignalisierten Querungsstellen zusammen wurden insgesamt 10 Konflikte von Laufeinsteigern beobachtet. Mit einem Anteil von 3,1 % aller Laufeinsteiger ist die Konfliktrate damit gegenüber dem Durchschnitt aller querenden Fußgänger (0,2 %) deutlich erhöht. Zu berücksichtigen ist aber die geringe absolute Zahl an Konflikten von Laufeinsteigern, die vertiefte Auswertungen (z. B. in Bezug zu infrastrukturellen Merkmale) nicht zielführend erscheinen lässt.

5.2.4 Ergebnisse für Haltestellenkaps

In die Detailerhebung der Kaphaltestellen von Straßenbahnen wurden 37 THS an 30 HSK einbezogen. Anders als bei den anderen in die Detailuntersuchung einbezogenen Haltestellentypen gibt es bei diesen Kaphaltestellen ein deutliches Übergewicht der Stadt Dresden. Mit 26 THS an 22 HSK entfallen über zwei Drittel des Beobachtungskollektivs auf Dresden.

Des Weiteren wurden die Städte Dortmund (4 THS an 3 HSK) sowie Leipzig (7 THS an 5 HSK) mit aufgenommen. Bzgl. der im Rahmen der Detailerhebung an Kaphaltestellen besonders relevanten Alleinunfälle von Radfahrern sind 13 der HSK unfallbelastet, 17 unfallfrei.

Bei den Kaphaltestellen wurde mehrfach eine Haltestelle aufgrund der räumlichen Lage der THS in zwei HSK aufgeteilt. Bei einigen dieser Haltestellen tritt bei beiden THS ein nahezu identisches Verkehrsaufkommen im Längsverkehr auf, da zwischen den beiden THS keine Knotenpunkte mit relevantem Zu- oder Abflüssen von Fahrzeugen und/oder Fußgängern liegen. Dementsprechend werden für die Auswertung des Längsverkehrs bei 6 Haltestellen die beiden THS, die bzgl. des Querverkehr separate HSK bilden, in jeweils einen HSK zusammengefügt.

5.2.4.1 Verkehrsaufkommen

Das während des Beobachtungszeitraum erfasste Kfz-Aufkommen liegt im Mittel der Haltestellen bei weniger als der Hälfte des Aufkommens an den Haltestellen mit Seitenbahnsteigen. Vor allem die Dresdner Haltestellen liegen an gering belasteten Straßen. Mit im Mittel 13,9 % (Streuung von 7,7 % bis 19,6 %) liegt der Anteil des im zweistündigen Erhebungszeitraum gezählten Kfz-Verkehrs am DTV über dem entsprechenden Wert der anderen beiden Haltestellentypen (vgl. Abbildung 117 im Anhang 3). Beim Radverkehrsaufkommen weisen Kaphaltestellen im Mittel die niedrigsten Werte der drei Haltestellentypen auf.

Tabelle 26: Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde an Haltestellenkaps

	Stadt	Anzahl HSK	Mittelwert	Minimum	Median	Maximum
Kfz	Dortmund	3	1102	933	1087	1286
	Dresden	17	551	187	553	1108
	Leipzig	4	838	673	837	1005
	Gesamt	24	668	187	648	1286
Fußgänger (Querverkehr)	Dortmund	3	228	166	225	292
	Dresden	20	51	12	44	109
	Leipzig	5	76	6	44	186
	Gesamt	28	75	6	58	292
Fußgänger (Längsverkehr)	Dortmund	3	432	117	394	785
	Dresden	17	70	17	68	149
	Leipzig	4	133	37	127	242
	Gesamt	24	126	17	71	785
Radfahrer (Querverkehr)	Dortmund	3	6	4	6	9
	Dresden	11	7	2	5	25
	Leipzig	2	23	15	-	31
	Gesamt	16	9	2	6	31
Radfahrer (Längsverkehr)	Dortmund	3	25	24	26	26
	Dresden	17	65	15	58	121
	Leipzig	4	123	50	70	301
	Gesamt	24	69	15	55	301

Das Aufkommen an Fußgängern liegt sowohl im Längs-, wie auch im Querverkehr deutlich unter den Aufkommen an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen. Ähnlich dem Kfz-Verkehr sind auch hier die ermittelten Aufkommen in Dresden am niedrigsten und in Dortmund deutlich höher. Wie in Abbildung 72 erkennbar, nimmt das nicht haltestellenbezogene Fußverkehrsaufkommen im Querverkehr mit steigender Umfeldnutzung stärker zu als das durch Fahrgäste induzierte Aufkommen. Wie bereits bei den Haltestellen mit Seitenbahnsteigen bestätigt dies die grundsätzliche Vorgehensweise bei den multikriteriellen Analysen.

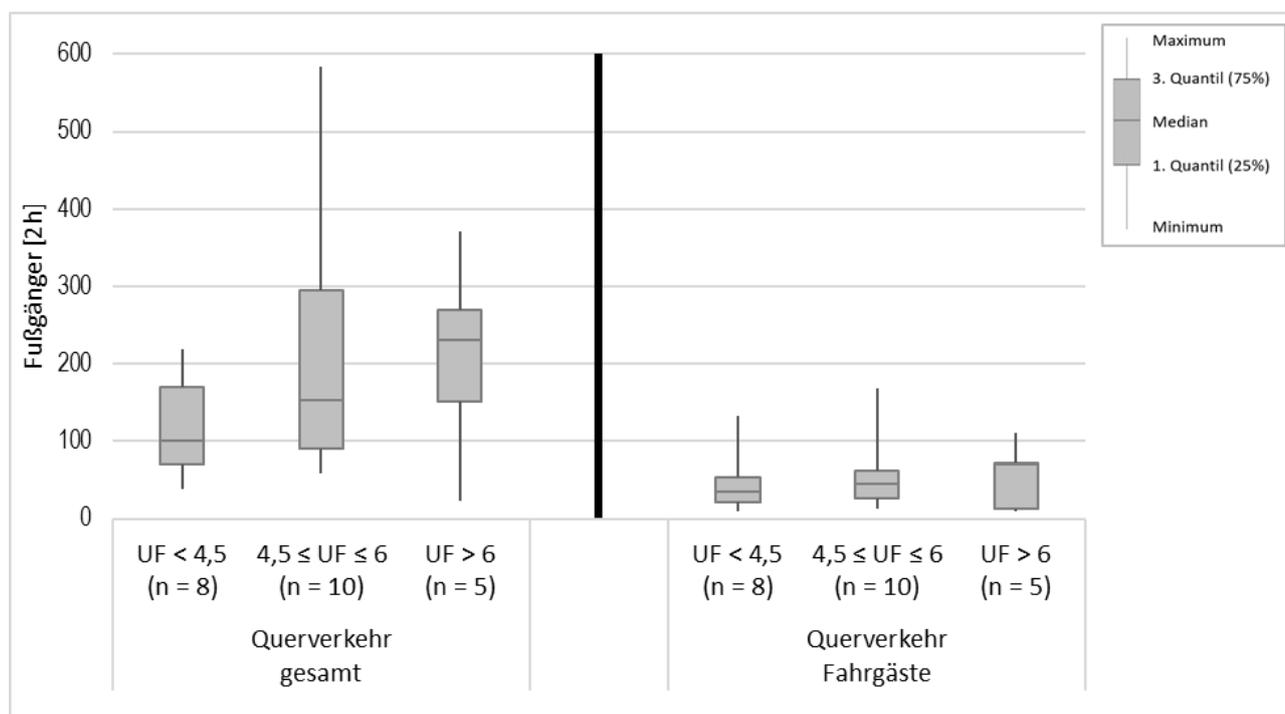


Abbildung 72: Aufkommen im Fußgängerquer- und Fahrgastquerverkehr an Haltestellenkaps in Abhängigkeit des Umfeldfaktors

In Abbildung 73 sind die Schwankungen in den Anteilen der acht 15-Minuten-Intervalle innerhalb des Erhebungszeitraums für den Kfz-Verkehr dargestellt. Die Abweichungen vom Erwartungswert sind (bei zugleich niedrigerem Kfz-Aufkommen) höher als bei den anderen beiden Haltestellentypen, aber immer noch ausreichend plausibel für eine aggregierte Auswertung der Daten über den Beobachtungszeitraum.

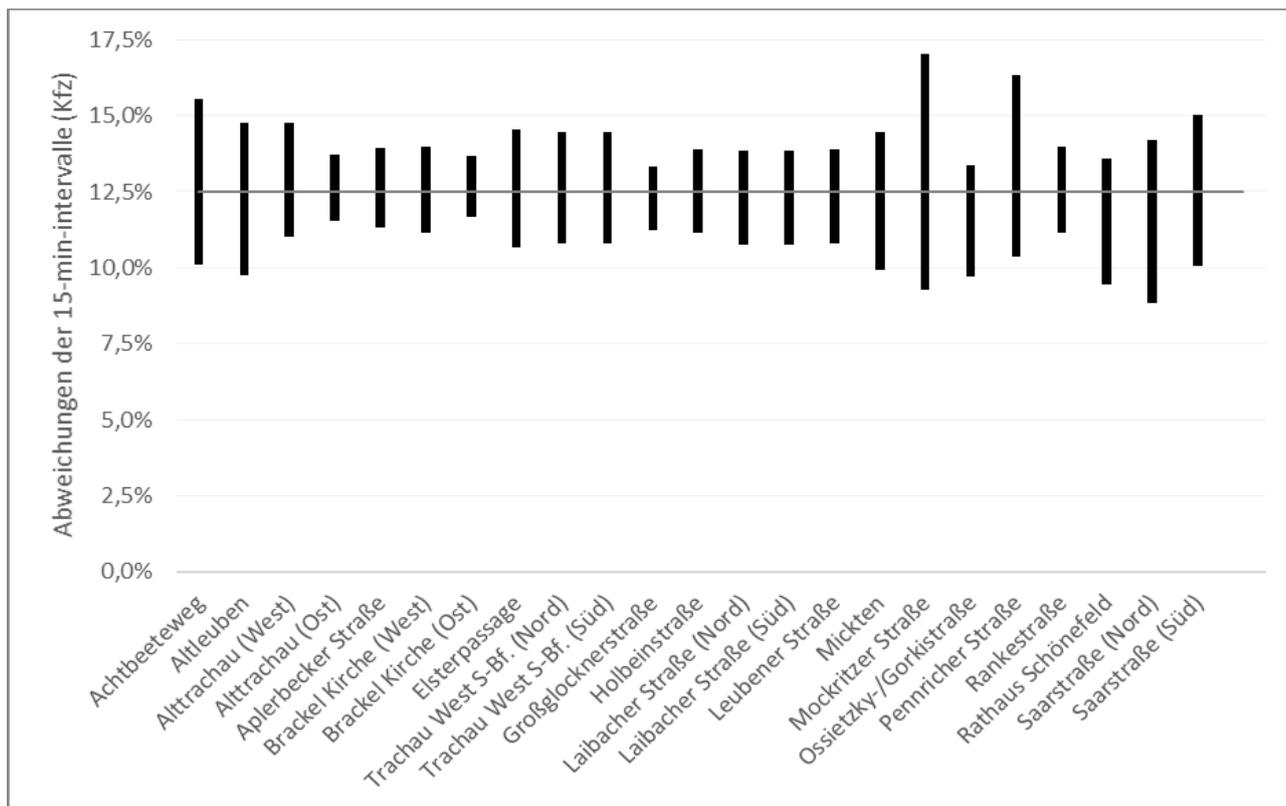


Abbildung 73: Variabilität des Kfz-Aufkommens innerhalb des Beobachtungszeitraums an HSK mit Haltestellenkaps: Anteile der 15-Min-Intervalle am gesamten Zählzeitraum (absteigend sortiert nach dem absoluten Aufkommen im Zählzeitraum)

5.2.4.2 Einsatzbereiche der Querungshilfen

In Abbildung 74 ist der Fußgängerquerverkehr in Abhängigkeit des Kfz-Aufkommens dargestellt (für die entsprechende Darstellung des Fahrgastquerverkehrs siehe Abbildung 118 in Anhang 3). Die meisten Haltestellen ohne LSA weisen ein niedriges Aufkommen im Querverkehr auf (maximal 100 Fußgänger/2 h bzw. maximal 40 Fahrgäste/2 h). Einige Haltestellen mit mittlerem Kfz-Aufkommen sind auch bei sehr geringem Querverkehr mit LSA ausgestattet.

Bezüglich des Unfallgeschehens lassen sich keine eindeutigen Muster erkennen: So existieren sowohl bei geringem Kfz- und Fußverkehrs- bzw. Fahrgastaufkommen unfallauffällige Haltestellen mit LSA, wie auch unfallfreie Haltestellen ohne LSA mit hohem Kfz-Aufkommen und mittlerem Fußverkehrsaufkommen. Die stark von Fahrgästen, wie auch von nicht haltestellenbezogenem Fußverkehr frequentierten Haltestellen sind überwiegend mit LSA ausgestattet, wobei auch hier wiederum unfallauffällige wie auch unfallunauffällige Haltestellen im Kollektiv vertreten sind.

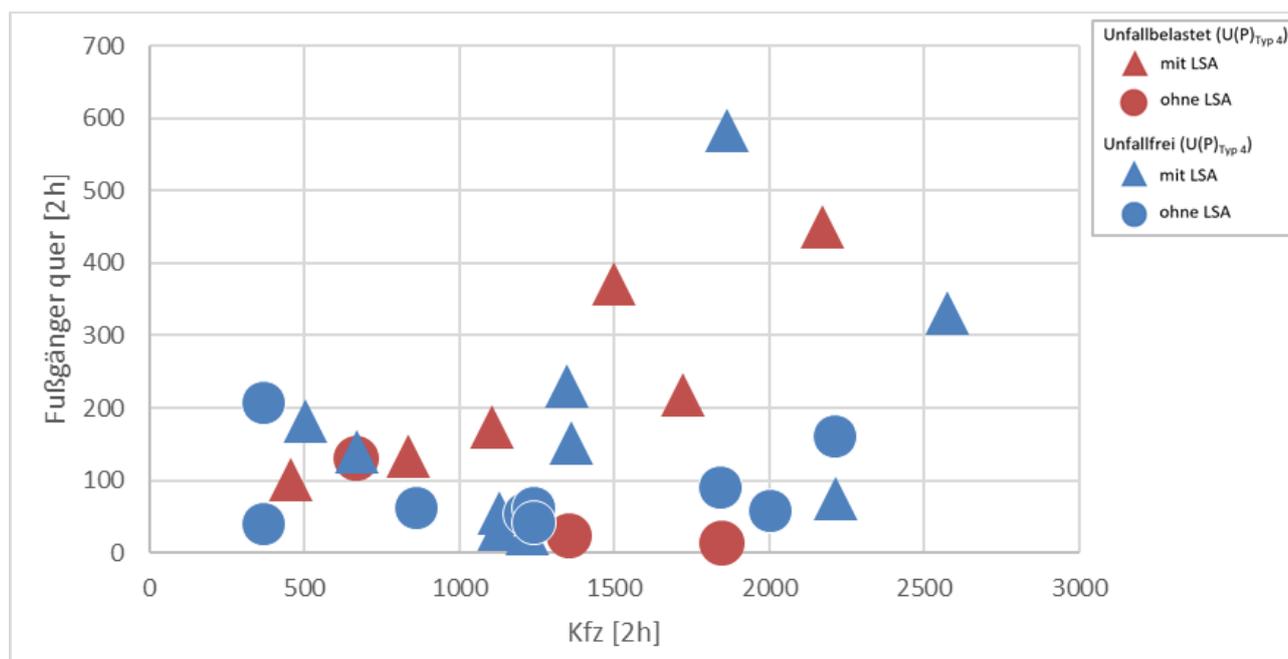


Abbildung 74: Einsatzbereiche der untersuchten Kaphaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr und der Existenz einer LSA

Dieses uneinheitliche Bild zeigt, dass es einer differenzierteren Betrachtung bedarf. Abgesehen von der Existenz einer LSA können weitere Merkmale existieren, die sicherheitsfördernd oder sicherheitskritisch wirken. Vor allem beeinflusst das mikroskopische Verhalten der Verkehrsteilnehmer die Sicherheit: Eine Querungshilfe kann nur dann im beabsichtigten Sinne wirken, wenn sie von den Verkehrsteilnehmern auf vorgesehener Weise genutzt wird. Dies betrifft hinsichtlich der betrachteten Merkmals LSA insbesondere

- die Wahl des Querungsortes und damit die Akzeptanz der LSA als Querungshilfe, sowie
- die Regelkonformität des Verhaltens an der LSA, primär die Akzeptanz der Signalisierung.

Beides wird im Folgenden vertieft untersucht. Ziel ist dabei die Klärung der Frage, was die Akzeptanz der LSA sowie der Signalisierung beeinflusst und welche Auswirkungen dies auf die Sicherheit hat.

5.2.4.3 Akzeptanz der Querungshilfen

Die häufigste an den untersuchten Kaphaltestellen eingesetzte Querungshilfe sind LSA, zumeist Fußgänger-LSA (F-LSA), in einigen Fällen auch Knotenpunkt-LSA (KP-LSA). Da andere Formen von Querungshilfen (Mittelinsel etc.) nur vereinzelt vorkommen, fokussiert sich die folgende Auswertung auf Kaphaltestellen mit LSA.

Der primäre Einsatz von LSA ist nicht zuletzt dem Umstand geschuldet, dass andere Querungshilfen an Straßenbahnstrecken nur schwer einsetzbar sind: Der Einsatz von FGÜ ist rechtlich grundsätzlich ausgeschlossen. Die Einrichtung von Mittelinseln ist baulich aufwändig, da dazu eine Verziehung der Straßenbahngleise notwendig ist, was eine große Entwicklungslänge erfordert und den Straßenraum auf größerer Länge verbreitert. Die beiden im Kollektiv enthaltenen Kaphaltestellen mit Mittelinsel („Saarstraße Nord“ sowie „Großglocknerstraße“ in Dresden) liegen in bzw. vor Kurven, wodurch die Herstellung der notwendigen Fläche zwischen den Gleisen leichter möglich ist. Zudem sind in beiden Fällen Links-

abbiegestreifen zwischen den Gleisen vorhanden. Die Erleichterung der Querung durch vorgezogene Seitenräume wird hier nicht als explizite Querungshilfe betrachtet, da Kaphaltestellen per Definition einen vorgezogenen Seitenraum aufweisen.

Fußgänger sind – auch beim Queren von Fahrbahnen – sehr unwegempfindlich. Entsprechend ist davon auszugehen, dass die Bereitschaft zur Nutzung einer Querungshilfe abnimmt, je weiter diese von der direkten Gehrichtung der Fußgänger abgerückt ist.

Für alle Kaphaltestellen wurde der Abstand des Halteplatzes des ÖV-Fahrzeugs von der Querungshilfe ermittelt. Maßgebend war dabei der Anfang bzw. das Ende des haltenden ÖV-Fahrzeugs, wobei dies an den untersuchten, barrierefrei ausgebauten Kaphaltestellen in aller Regel auch dem Anfang bzw. Ende des Hochbords entspricht. Bei HSK mit nicht gegenüberliegenden THS wurde der Abstand durch Mittelwertbildung der beiden Einzelabstände bestimmt.

In den zwei nachfolgenden Grafiken ist die Akzeptanz der LSA durch querende Fußgänger – ermittelt als Anteil aller Querenden im Beobachtungsbereich, die die LSA nutzen – über dem Abstand der Haltestelle zur LSA dargestellt. In der Abbildung 75 ist das Fußverkehrsaufkommen im Querverkehr durch den Blasenradius dargestellt und in Abbildung 76 zeigt der Radius der Blasen das Kfz-Aufkommen. Blaue Punkte stehen für bzgl. $U(P)_{Typ 4}$ unfallfreie und rote Punkte für unfallbelastete HSK.

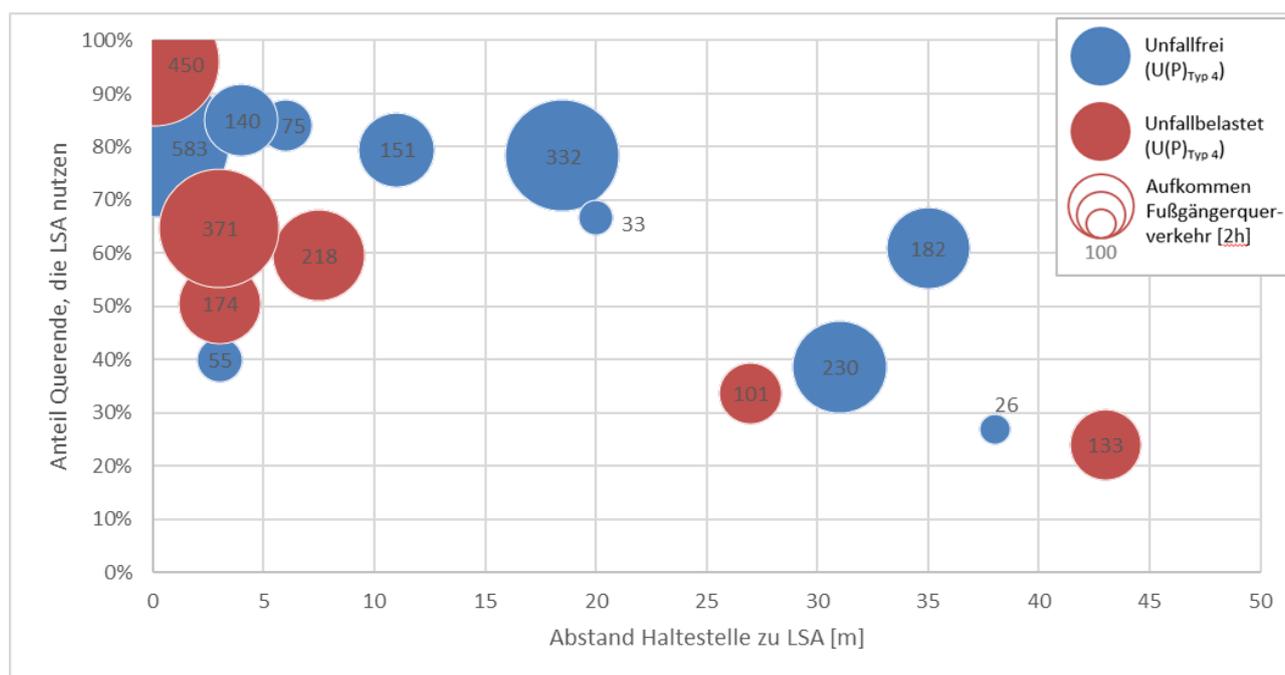


Abbildung 75: Nutzung von LSA in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Fußgängerquerverkehr

Es zeigt sich, dass die Akzeptanz ab einer Entfernung von etwa 20 bis 25 m deutlich abnimmt. Zwar gibt es auch bei geringeren Entfernung HSK mit geringer Akzeptanz (minimal 40 % an der Haltestelle „Rankestraße Nord“ in Dresden bei geringem Fußverkehrsaufkommen), allerdings erreicht die Akzeptanz bei den LSA mit größerem Abstand nicht mehr über 60 % und liegt bei vier der fünf Haltestellen unter 40 %. Wie in der zweiten Abbildung zu erkennen, kann dies auch nicht mit einem geringeren Kfz-Aufkommen an den HSK mit größerem Abstand der LSA erklärt werden.

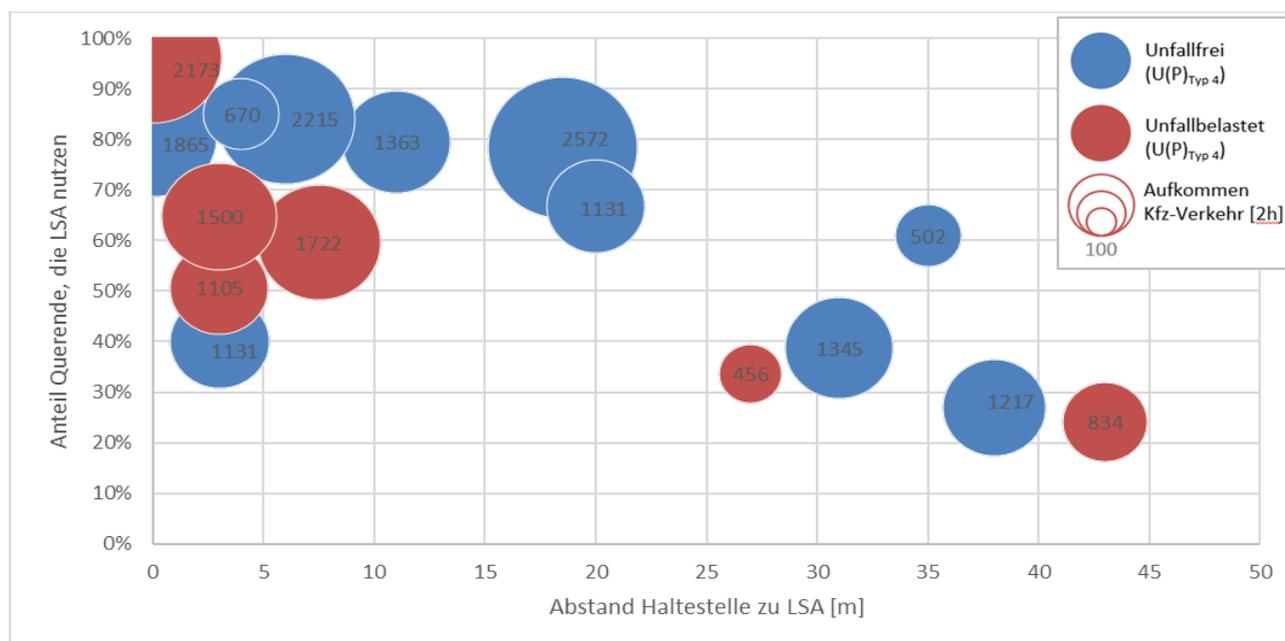


Abbildung 76: Nutzung von LSA in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Kfz-Aufkommen

Bemerkenswert ist, dass die beiden Haltestellen mit höherem Kfz-Aufkommen und größerem Abstand (und damit geringer Akzeptanz der LSA) unfallunauffällig sind. Offensichtlich bedeuten viele ungesicherte Querungen selbst bei höheren Kfz-Stärken nicht automatisch eine höhere Gefährdung, wobei diese beiden HSK jeweils Stärken von unter 700 Kfz/h aufweisen. Womöglich spielt dabei auch eine Rolle, dass Fußgänger an Straßen mit höherem Kfz-Aufkommen eher mit Kfz rechnen und entsprechend vorsichtiger queren.

Eine geringe Akzeptanz bei hohem Kfz-Aufkommen liegt u. a. an der Haltestelle „Holbeinstraße“ in Leipzig vor (230 Querungen bei 1345 Kfz, Akzeptanz 38,7 %), die zu den unfallfreien HSK gehört. Die F-LSA wurde erst Mitte 2015 im Zuge der Sanierung des südlich anschließenden Straßenabschnitts installiert. Die beiden THS liegen versetzt zueinander, die F-LSA befindet sich am südlichen Ende der südlichen THS. Zwischen den beiden THS ist durch den Einbau abgesenkter Borde eine nicht signalisierte Querungsstelle vorhanden. Beidseitig wird gegenüber den THS geparkt. Allerdings sind die Haltestellenkaps sowie die zwischen den THS liegende Bordabsenkung gegenüber den parkenden Kfz deutlich nach vorn gezogen, so dass gute Sichtbeziehungen zwischen querenden Fußgängern und Kfz herrschen. Die ungesicherten Querungen erfolgen in geringerem Umfang auch in der südlichen, an der LSA gelegenen THS, überwiegend aber in der nördlichen THS sowie im nördlich davon folgenden, bereits in einer starken Rechtskurve gelegenen Anschlussknotenpunkt.

Kritisch sind die drei unfallauffälligen HSK, die trotz geringer Entfernung der LSA bei größerem Fußverkehrsaufkommen (und damit ausreichender Stichprobe) eine Akzeptanz unter 70 % aufweisen. Es handelt sich dabei um die HSK

- „Elsterpassage“ in Leipzig (371 Querungen bei 1500 Kfz, Akzeptanz 64,7 %)
- „Altleuben“ in Dresden (218 Querungen bei 1722 Kfz, Akzeptanz 59,6 %) und
- „Laibacher Straße“ in Dresden (174 Querungen bei 1105 Kfz, Akzeptanz 50,6 %).

An allen drei Haltestellen ist beidseitig Einzelhandel vorhanden (an der Haltestelle „Laibacher Straße“ nur an der nördlichen THS), so dass von einem linienhaften Querungsbedarf auszugehen ist.

Die Haltestelle „Elsterpassage“ mit gegenüberliegenden THS liegt direkt in einem dicht bebautem Stadtteilzentrum mit stark frequentiertem Einzelhandel.

Die Haltestelle „Altleuben“ befindet sich ebenfalls in einem Ortsteilzentrum mit Einzelhandel, wobei hier die beiden THS versetzt jeweils hinter der F-LSA liegen. Bei differenzierter Betrachtung der beiden THS „Altleuben“ zeigen sich keine Unterschiede in der Akzeptanz der LSA bezogen auf alle Querungen. Bei den Fahrgästen der westlichen THS ist die Akzeptanz der LSA geringer als bei der östlichen THS. Dies ist angesichts der Umgebung der Haltestelle plausibel: Zum einen ist der Abstand der nächsten Haltestellen Richtung Osten geringer als Richtung Westen, zum anderen liegt südwestlich der Haltestelle eine Großwohnsiedlung (mit entsprechend hoher Bevölkerungsdichte), während nordöstlich der Haltestelle Ein- und Mehrfamilienhäuser dominieren.

An der Haltestelle „Laibacher Straße“ steht die LSA am nördlichen Arm eines (kleinen) verkehrszeichengeregelten Knotenpunktes. Nördliche der LSA schließt direkt die nördliche THS an, die südliche THS liegt direkt südlich des KP. Bei differenzierter Betrachtung nach THS ist für die südliche, weiter von der LSA entfernte THS eine höhere Akzeptanz feststellbar als bei der nördlichen, direkt an der F-LSA gelegenen THS. Dieses Verhältnis dreht sich allerdings bei ausschließlicher Betrachtung der Fahrgäste um, bei Ein- und Aussteigern der südlichen THS erfährt die LSA eine geringere Akzeptanz. Dies zeigt zum einen, dass bereits geringe Unterschiede im Abstand der LSA zu veränderter Akzeptanz führen können, zum anderen bestätigt es die Annahme, dass die Bereitschaft zur Nutzung der LSA bei durch Einzelhandel entstehenden linienhaften Querungsbedarf (der hier nur an der nördlichen THS vorliegt) abnimmt.

Querungen vor/hinter ÖV-Fahrzeug

An rund zwei Dritteln der Haltestellen querten Fußgänger die Fahrbahn direkt vor oder hinter einem haltenden ÖV-Fahrzeug. In Relation zur Gesamtzahl der Querungen sind derartige Verhaltensweisen selten. Absolut am meisten Querungen direkt am ÖV-Fahrzeug waren an den Haltestellen „Elsterpassage“ (25 Fg) sowie „Mickten“ (23 Fg) zu beobachten, die höchsten relativen Anteile an den Haltestellen „Rathaus Schönefeld“ (12,5 % bei insgesamt 56 Querungen) sowie „Mickten“ (11,3 % bei insgesamt 204 Querungen). Der Mittelwert aller Haltestellen lag bei 2,6 %. Tendenziell wird mehr hinter dem ÖV-Fahrzeug gequert als davor (vgl. Tabelle 27). Der überwiegende Teil der Querenden waren Aussteiger. Einsteiger querten nur vereinzelt am haltenden ÖV-Fahrzeug, 3 der 7 Einsteiger waren als Laufeinsteiger zu klassifizieren.

Tabelle 27: Querungen direkt vor und hinter haltenden ÖV-Fahrzeugen (Haltestellenkaps)

	Direkt vor haltendem ÖV-Fahrzeug				Direkt hinter haltendem ÖV-Fahrzeug			
	Gesamt	Einsteiger	Aussteiger	Passanten	Gesamt	Einsteiger	Aussteiger	Passanten
Alle Haltestellen (Summe)	54	2	50	2	76	5	61	10
Unfallfrei (Summe)	27	2	25	0	51	1	42	8
Unfallbelastet (Summe)	27	0	25	2	25	4	19	2

Bei der Differenzierung nach unfallfreien und (bzgl. U(P) des Typs 4) unfallauffälligen Haltestellen zeigt sich, dass derartige Querungen an unfallfreien Haltestellen absolut häufiger auftreten als an unfallbelasteten Haltestellen. Die Anteile dieser Querungen an allen Fußgängern bzw. Fahrgästen sind allerdings bei aggregierter Betrachtung über unfallfreie und unfallbelastete Haltestellen fast gleich: Jeweils 1,3 % der Fußgänger queren vor dem Fahrzeug, jeweils 1,8 % hinter dem Fahrzeug. Bezogen auf alle querenden Fahrgäste ist der Anteil an den unfallfreien Haltestellen mit 10,6 % geringfügig niedriger als an den unfallbelasteten Haltestellen mit 11,4 %.

Die Zahl solcher Querungen im Untersuchungskollektiv ist zu gering, um verlässliche spezifische Aussagen zu treffen. Zumindest lässt sich feststellen, dass das häufige Vorkommen von Querungen direkt vor oder hinter dem ÖV-Fahrzeug nicht generell zu Unfallauffälligkeit führt und dieses Verhalten nicht pauschal als sicherheitskritisch eingeordnet werden kann.

5.2.4.4 Akzeptanz der Signalisierung

An 15 HSK existieren in der direkten Umgebung der Haltestellen Signalanlagen, darunter 4 Knotenpunkte-LSA sowie 11 F-LSA. Die Haltestelle „Achtbeetweg“ in Dresden wird aufgrund von nur 7 Querungen an der LSA im Beobachtungszeitraum nicht mit in die entsprechenden Auswertungen einbezogen.

Im Mittel über alle Kaphaltestellen querten 7 % der Fußgänger bei Rot, womit die Rotlichtakzeptanz bei Kaphaltestellen besser ist als bei den beiden anderen beobachteten Haltestellentypen. Je höher das Kfz-Aufkommen, desto größer ist der Anteil der Fußgänger, der für die Querung eine LSA nutzt. Außerdem ist der Rotläuferanteil bei Straßen mit hohem Kfz-Aufkommen (ab rund 1700 Kfz/2h) durchgehend sehr niedrig, wobei z.T. auch bei deutlich niedrigen Kfz-Aufkommen nur niedrige Rotläuferanteile zu verzeichnen waren (vgl. Abbildung 77). An unfallfreien Haltestellen (bezogen auf U(P) des Typs 4) liegt der Rotläuferanteil mit 6,4 % im Mittel etwas unter dem entsprechenden Wert der unfallbelasteten Haltestellen (7,9 %).

Der mit Abstand höchste Rotläuferanteil trat mit 27 % an der Haltestelle „Rankestraße“ in Dresden auf, allerdings ist die Fallzahl mit 22 Querungen (davon 6 bei Rot) gering. Von den 6 Rotläufern hatten 3 zuvor eine Anforderung ausgelöst, wobei zwei der Fußgänger zum Querungsbeginn bereits über 30 Sekunden bei zugleich nur geringem Kfz-Verkehr gewartet hatten. Womöglich ist die verhältnismäßig lange Zeitspanne zwischen Anforderung und Freigabe – regelmäßig über 40 Sekunden auch ohne Einfluss der ÖV-Beschleunigung bei gleichzeitig geringem Kfz-Aufkommen – Ursache für den hohen Rotläuferanteil.

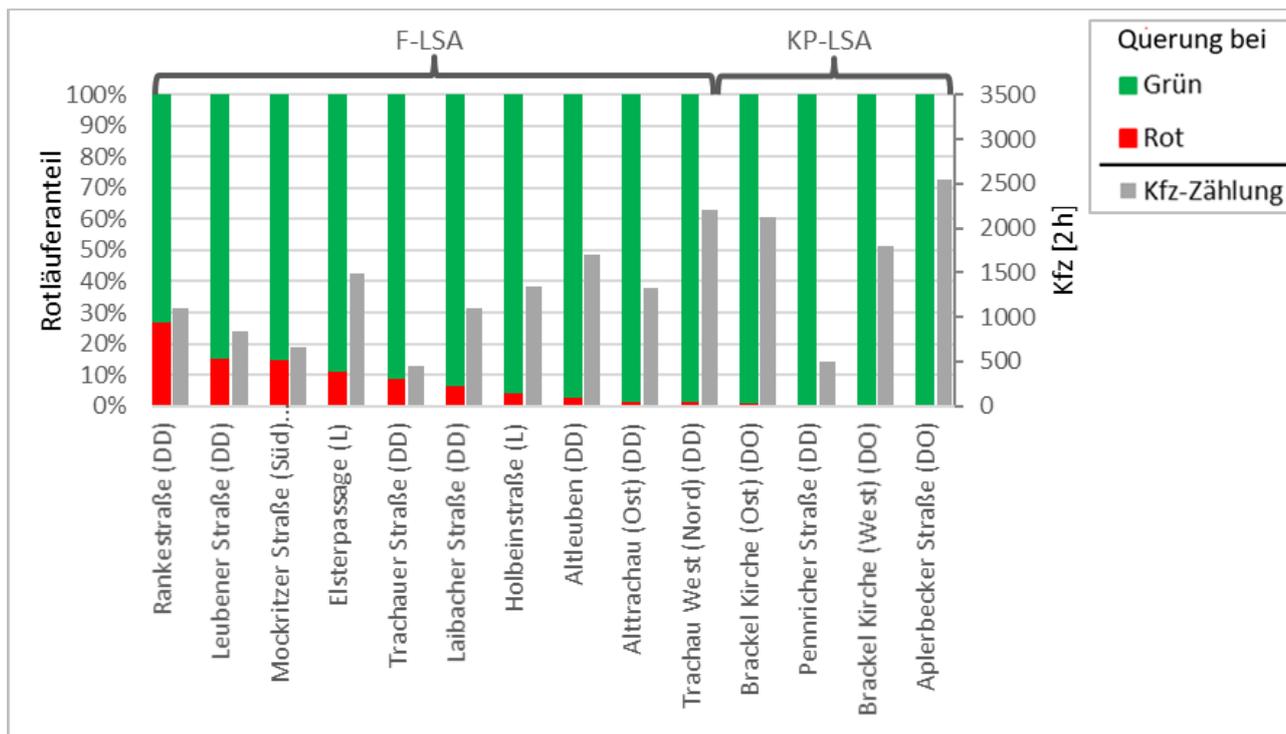


Abbildung 77: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je HSK an Kaphaltestellen von Straßenbahnen

Bei 8 der 14 HSK lagen die Rotläuferanteile unter 5 %. Auffällig ist, dass die niedrigsten Rotläuferanteile (jeweils unter 1,5 %) an den vier Haltestellen mit Kp-LSA auftraten. Womöglich hält die Komplexität des Verkehrsgeschehens an Knotenpunkten Fußgänger davon ab, das Rotlicht zu missachten. Zugleich ermöglichen KP-LSA auch häufiger das Queren ohne Wartezeit, da – anders als an F-LSA – i.d.R. keine Anforderung einer Freigabe durch den Fußgänger notwendig ist. Aufgrund der häufig größeren Umlaufzeiten an KP-LSA ist im Mittel jedoch mit tendenziell längeren Wartezeiten zu rechnen. Allerdings waren an den benannten Kaphaltestellen – anders als bei den nachfolgend betrachteten Bushaltestellen, bei denen sich dieses Ergebnis ebenfalls zeigt – mit einer Ausnahme hohe Kfz-Stärken zu verzeichnen, was die Wahrscheinlichkeit für nutzbare Zeitlücke während der Freigabe der Kfz reduziert.

5.2.4.5 Ein- und Aussteiger sowie Passanten

An Haltestellen queren sowohl Fahrgäste des ÖV (Ein-, Aus- sowie Umsteiger), wie auch Passanten, die zwar im Bereich oder Umfeld der Haltestelle queren, jedoch keinen Bezug um ÖV haben (vgl. auch Kapitel 5.2.3.4 für Haltestellen mit Seitenbahnsteig). Für die Auswertungen in diesem Kapitel werden nur HSK mit mindestens 40 Querungen im Beobachtungszeitraum berücksichtigt.

Bei der Verteilung der Querungen auf die verschiedenen Personengruppen wird deutlich, dass der Fußgängerquerverkehr maßgeblich von nicht haltestellenbezogenen Querungen beeinflusst wird: An den meisten Haltestellen weist die Mehrheit der querenden Fußgänger keinen Zusammenhang mit dem ÖV auf (vgl. Abbildung 78). Im Mittel sind 32 % der Querungen auf Fahrgäste zurückzuführen. Der Anteil der Fahrgäste schwankt dabei erheblich und reicht von 3,4 % bis 64,7 %. An je vier Haltestellen machten Fahrgäste weniger als 10 % sowie mehr als 50 % aller querenden Fußgänger aus. Ein Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen (unfallfrei vs. unfallbelastet) ist nicht erkennbar.

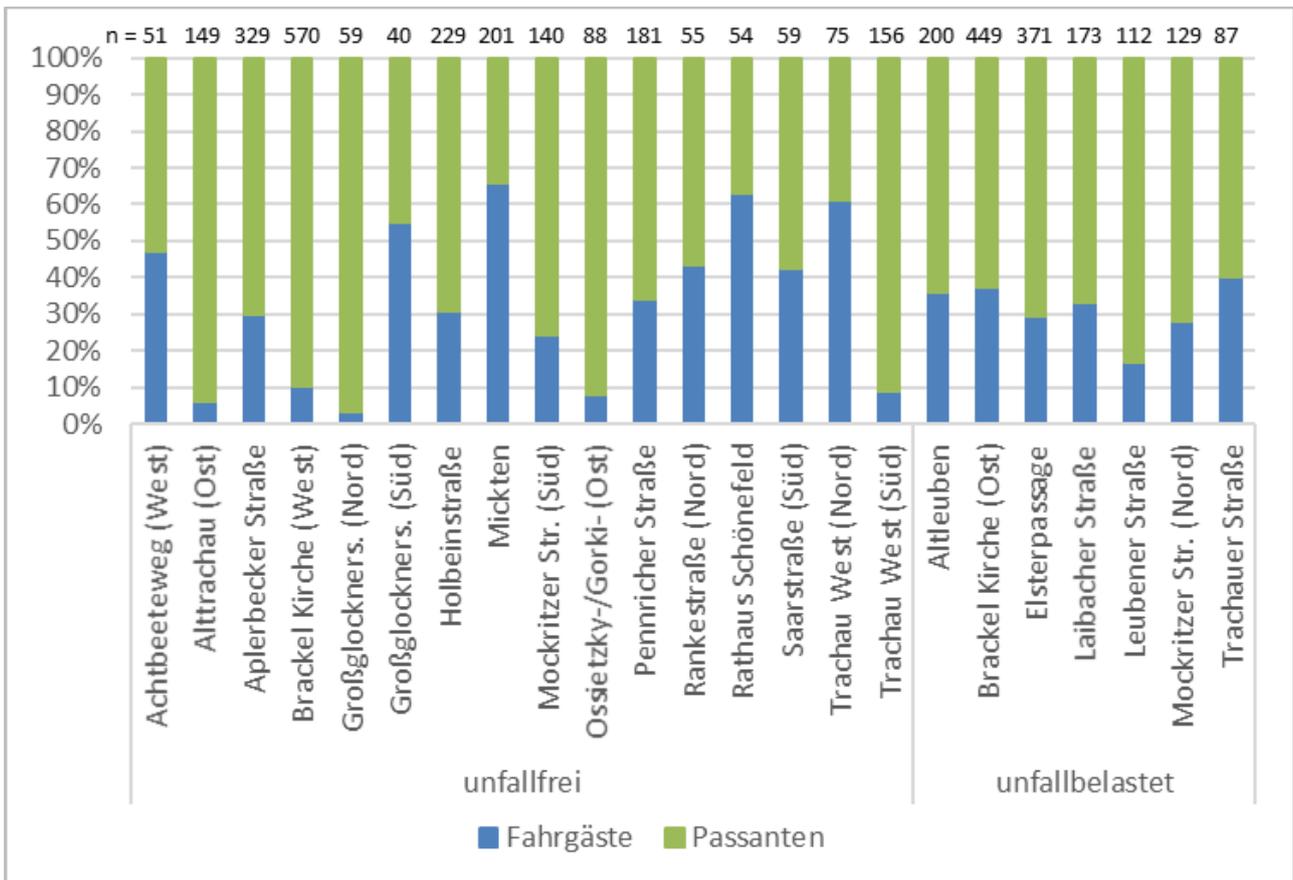


Abbildung 78: Anteil querender Fußgänger und Fahrgäste an Kaphaltestellen (nur Haltestellen mit mindestens 40 Querungen im Beobachtungszeitraum)

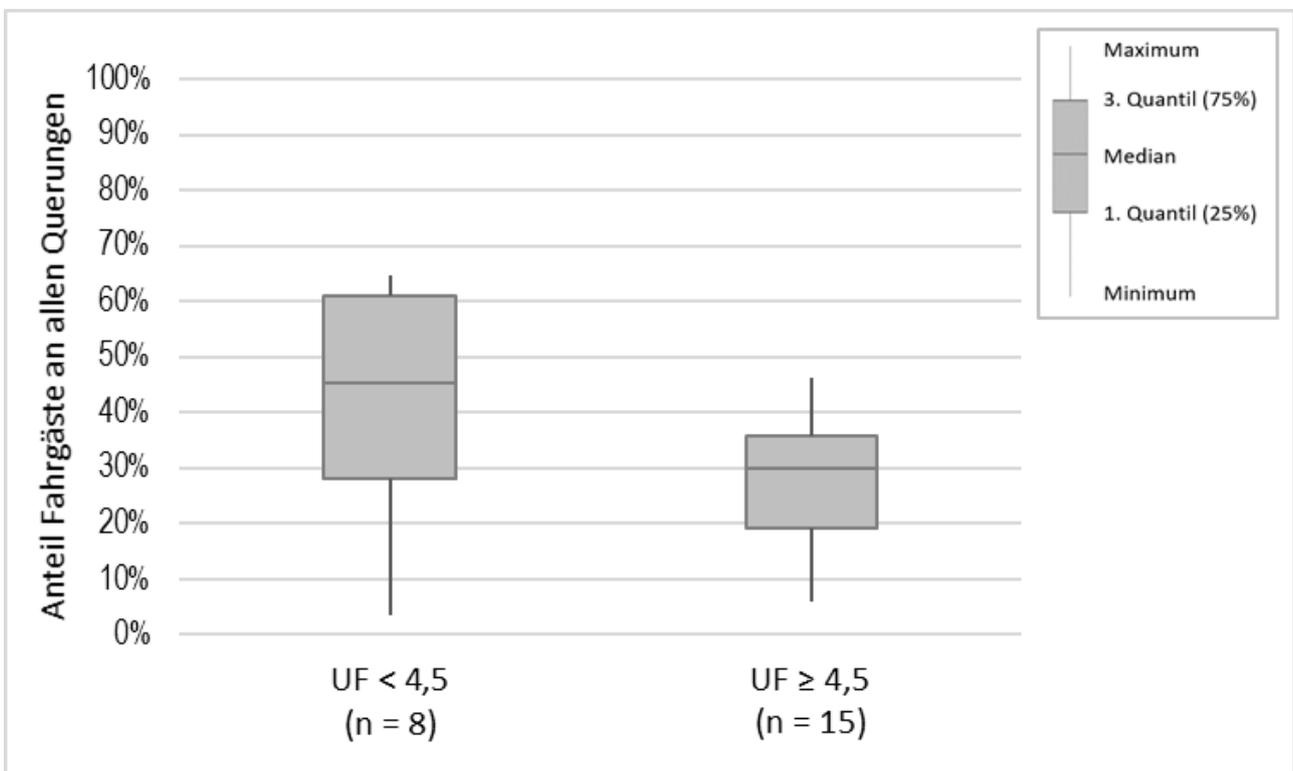


Abbildung 79: Anteil querender Fahrgäste an allen querenden Fußgängern in Abhängigkeit des Umfeldfaktors

In Bereichen mit starker Umfeldnutzung ist von mehr Fußverkehr auszugehen, der unabhängig vom ÖV stattfindet. Entsprechend ist der Anteil der Querungen, die auf Fahrgäste zurückzuführen sind, bei geringem Umfeldfaktor höher als bei hohem Umfeldfaktor (vgl. Abbildung 79). Allerdings liegt selbst in der Gruppe der Haltestellen mit geringerem Umfeldfaktor der Anteil von Querungen von Fahrgästen im Mittel unter 50 %, d.h. auch hier wird der Querverkehr also stärker vom Umfeld induziert als von der Haltestelle.

5.2.4.6 Konflikte

Im Seitenraum wurden nur an der Haltestelle „Elsterpassage“ in Leipzig drei Konflikte registriert. Abseits dieser einzelnen Konflikte kam es dort wiederholt zu gegenseitigen Behinderungen von Fußgängern und Radfahrern. Der zwischen Haltestellenbereich und anliegenden Bebauung vorhandene Gehweg ist schmal und wird in erheblichem Maße von Fußgängern und wartenden Fahrgästen frequentiert, so dass das Befahren des Gehwegs ganz überwiegend nur durch das Ausweichen von Fußgängern oder Radfahren stattfinden kann.

5.2.4.7 Laufeinsteiger

An mehreren Haltestellen wurden im Beobachtungszeitraum einzelne Laufeinsteiger registriert – vgl. Tabelle 28.

Tabelle 28 Laufeinsteiger an Haltestellenkaps

	Laufeinsteiger (Anteil an Fahrgästen)	Querungen von Fahrgästen	Querungen gesamt
unfallfrei	14 (2,0 %)	685	2561
unfallbelastet	27 (5,2 %)	516	1611

An der Haltestelle „Brackel Kirche Ost“ wurden sowohl absolut wie auch relativ besonders viele Laufeinsteiger registriert (22 Laufeinsteiger, entspricht 4,9 % der Querungen). Fast alle Laufeinsteiger querten an der LSA. 5 der Laufeinsteiger begingen dabei Rotlichtverstöße, was in diesem Fall allen an dieser Haltestelle registrierten Rotlichtverstößen entspricht. Da die Zahl der Rotlichtverstöße an dieser THS (wie auch an der direkt westlich gelegenen Haltestelle „Brackel Kirche West“) auch aufgrund des hohen Kfz-Aufkommens niedrig sind, weist der hohe Rotläuferanteil der Laufeinsteiger auf eine erhöhte Risikobereitschaft dieser Personengruppe hin.

5.2.4.8 Verhalten der Radfahrer

An Kaphaltestellen von Straßenbahnen gilt aufgrund der dort häufig registrierten Alleinunfälle (vgl. Kapitel 5.1.2) ein besonderes Interesse dem Verhalten der Radfahrer. Um dies vertieft zu untersuchen, wird die Flächenwahl vor, in und hinter der Haltestelle für alle Radfahrer aufgenommen. Nicht berücksichtigt werden dabei (unabhängig von der Zulässigkeit des Verhaltens) auf der linken Seite fahrende Radfahrer, da diese fast ausnahmslos Geh- oder Radwege nutzen und dementsprechend nicht von einem bzgl. dem Überfahren der Gleise sowie der Bordsteinkanten relevanten Wechsel der genutzten Fläche innerhalb des Beobachtungsraumes auszugehen ist.

Für die auf der in Fahrtrichtung rechts fahrenden Radfahrer wird folgende Differenzierung der Querschnittsbelegung gewählt (Angaben jeweils „in Fahrtrichtung“):

- links der Gleise
- zwischen den Gleisen
- rechts der Gleise (zwischen rechtem Schienenstrang und Bordsteinkante)
- auf dem Radweg
- auf dem Gehweg

Bei der Nutzung von Gehwegen sowie gemeinsamen Geh- und Radwegen wird zudem erfasst, ob die Durchfahrt durch die Haltestelle vor oder hinter der Haltestellenmöblierung (Fahrgastunterstand, Sitzbänke etc.) erfolgt.

Insgesamt wurden 2305 Radfahrer hinsichtlich der Flächenwahl vor, in und hinter der Haltestelle analysiert. Durch den Ausschluss von Radfahrern, die ihre Fahrt im Bereich der Haltestelle beginnen oder beenden bleiben 2133 Radfahrer für die Analyse, wobei bei 350 dieser Radfahrer z. B. aufgrund von Abbiegevorgängen nur für zwei der drei Bereiche Daten zur Verfügung stehen. Für die folgenden teilhaltestellenspezifischen Analysen werden jene 9 HSK ausgeschlossen, an denen Daten für weniger als 40 Radfahrer vorliegen, wodurch sich die Zahl der Radfahrer an den verbleibenden 21 HSK auf 1911 reduziert, davon 1592 mit Daten für alle drei Bereiche.

Da nur an einer der verbleibenden 21 HSK ein separater Radweg existiert (HSK „Altleuben“ in Dresden) werden zur besseren Übersichtlichkeit Gehweg und Radweg zusammengefasst (Bezeichnung: Seitenraum).

Bezogen auf alle Radfahrer an den 21 HSK fahren rund 50 % bereits bei Annäherung an die Haltestelle im Seitenraum (vgl. Abbildung 80). Dieser Anteil erhöht sich im Haltestellenbereich auf 60 % und hinter der Haltestelle weiter auf 62 %. Radfahrer, die bereits bei Annäherung zwischen den Gleisen fahren, bleiben bis auf einzelne Wechsel in den Seitenraum im Haltestellenbereich auf der Fahrbahn. Von den Radfahrern, die vor der Haltestelle rechts neben den Gleisen fahren, wechseln 27 % in den Seitenraum, die anderen zwischen die Gleise. Dass Radfahrer für den Bereich der Haltestelle aus dem Seitenraum auf die Fahrbahn wechseln wurde nur vereinzelt beobachtet.

Da davon ausgegangen wird, dass das Überfahren der Gleise wie das (spitzwinklige) Überfahren von Borden unfallursächlich ist, wird die Zahl der Radfahrer ermittelt, die mindestens eine Gleis- bzw. Bordüberfahrt vornehmen.

Der Mittelwert der Anteile der Radfahrer mit Gleisüberfahrten liegt bei den unfallbelasteten HSK mit 36 % niedriger als an unfallfreien HSK mit 40 %, der Median der Haltestellen ist an den unfallbelasteten Haltestellen etwas höher (45 % gegenüber 42 %). Die absolute Anzahl der Gleisüberfahrten pro HSK – was der Exposition entspricht – ist bei den unfallbelasteten HSK mit je 58 höher als bei den unfallfreien HSK mit je 38. Letzteres ist allerdings überwiegend auf eine Haltestelle („Holbeinstraße“ in Leipzig zurückzuführen, im Median der Haltestellen gibt es an unfallbelasteten HSK weniger Gleisüberfahrten als an unfallfreien HSK (29,5 gegenüber 36 Gleisüberfahrten).

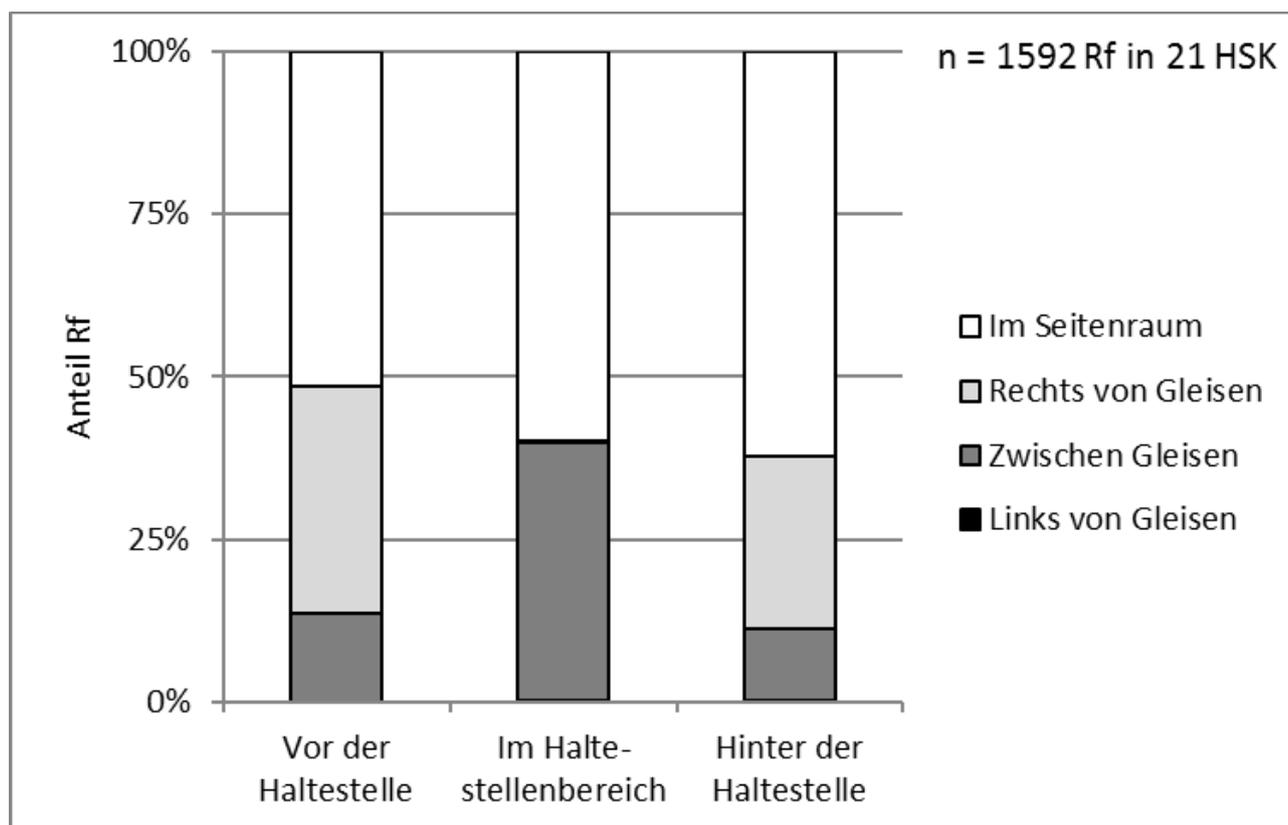


Abbildung 80: Flächenwahl von Radfahrern an Kaphaltestellen

5.2.5 Ergebnisse für Bushaltestellen am Fahrbahnrand

Die Videoerhebung an Fahrbahnrandhaltestellen von Bussen auf der freien Strecke erfolgte an 22 THS an 17 HSK. Diese verteilen sich gleichmäßig auf die Städte Berlin (6 HSK, 8 THS), Dortmund (6 HSK, 8 THS) und Frankfurt (5 HSK, 6 THS). 7 der HSK weisen mindestens einen U(P) des Typs 4 auf und sind damit unfallbelastet, die anderen 10 HSK sind unfallfrei im Hinblick auf Überschreiten-Unfälle.

Wie bereits bei den Kaphaltestellen wurden auch bei den Bushaltestellen mehrfach eine Haltestelle aufgrund der räumlichen Lage der THS in zwei HSK aufgeteilt. Bei einigen dieser Haltestellen tritt bei beiden THS ein nahezu identisches Verkehrsaufkommen im Längsverkehr auf, da zwischen den beiden THS keine Knotenpunkte mit relevantem Zu- oder Abfluss von Fahrzeugen oder Fußgängern liegen. Dementsprechend werden für die Auswertung des Längsverkehrs bei 5 Haltestellen die beiden THS, die bzgl. des Querverkehr separate HSK bilden, in jeweils einen HSK zusammengefügt.

5.2.5.1 Verkehrsaufkommen

Die im Beobachtungszeitraum erfassten Verkehrsaufkommen an den Bushaltestellen sind in Tabelle 29 dargestellt.

Das Mittel und der Median des Kfz-Aufkommens liegt an den Bushaltestellen am Fahrbahnrand bei nur rund der Hälfte des Aufkommens an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen (vgl. Kapitel 5.2.3.1), aber etwas höher als an den Kaphaltestellen (vgl. Kapitel 5.2.4.1). Während die Haltestellen in Berlin und Frankfurt vergleichbare Kfz-Aufkommen aufweisen, wurden in Dortmund deutlich weniger (im Mittel rund 50 %) Kfz gezählt. Der Anteil der gezählten Kfz in beiden Erhebungsstunden am bekannten DTV liegt tendenziell etwas niedriger als bei

den anderen beiden Haltestellentypen und schwankt zwischen 8,3 % und 17,4 % mit einem Mittelwert von 12,3 % (vgl. Abbildung 119 im Anhang 3).

Die Zahl der erfassten Radfahrer im Längsverkehr ist deutlich höher als bei Kap-, aber weiterhin deutlich niedriger als bei Seitenbahnsteighaltestellen. Die entsprechenden Zahlen im Querverkehr sind schon aufgrund der Erhebungsmethodik (vgl. Kapitel 5.2.2.2) nur gering und entsprechend nicht für Analysen geeignet.

Tabelle 29: Übersicht über die Verkehrsaufkommen pro Stunde an Bushaltestellen der freien Strecke

	Stadt	Anzahl HSK	Mittelwert	Minimum	Median	Maximum
Kfz	Berlin	4	1018	768	1043	1218
	Dortmund	5	520	218	247	1637
	Frankfurt	3	1137	834	888	1689
	Gesamt	12	840	218	861	1689
Fußgänger (Querverkehr)	Berlin	6	112	28	41	467
	Dortmund	5	95	8	33	372
	Frankfurt	4	20	2	17	46
	Gesamt	15	82	2	38	467
Fußgänger (Längsverkehr)	Berlin	4	256	108	204	509
	Dortmund	5	94	49	64	233
	Frankfurt	3	65	28	71	95
	Gesamt	12	141	28	83	509
Radfahrer (Querverkehr)	Berlin	3	23	12	25	33
	Dortmund	1	1	-	-	-
	Frankfurt	3	8	3	6	15
	Gesamt	7	13	1	12	33
Radfahrer (Längsverkehr)	Berlin	4	250	133	260	346
	Dortmund	5	8	5	8	10
	Frankfurt	3	126	98	120	161
	Gesamt	12	118	5	109	346

Auch die Fußverkehrsaufkommen im Längs- und Querverkehr liegen unter den entsprechenden Werten der Haltestellen mit Seitenbahnsteigen und sind in ihrer Größenordnung mit den Kaphaltestellen vergleichbar. Allerdings sind die Aufkommen im Querverkehr in Frankfurt mit im Mittel nur 20 Fußgängern pro Haltestelle und Stunde sehr niedrig. Wie bereits bei den anderen Haltestellentypen steigt auch an den Bushaltestellen das Fußverkehrsaufkommen im Quer- und Längsverkehr mit zunehmender Umfeldnutzung an (vgl. Abbildung 81).

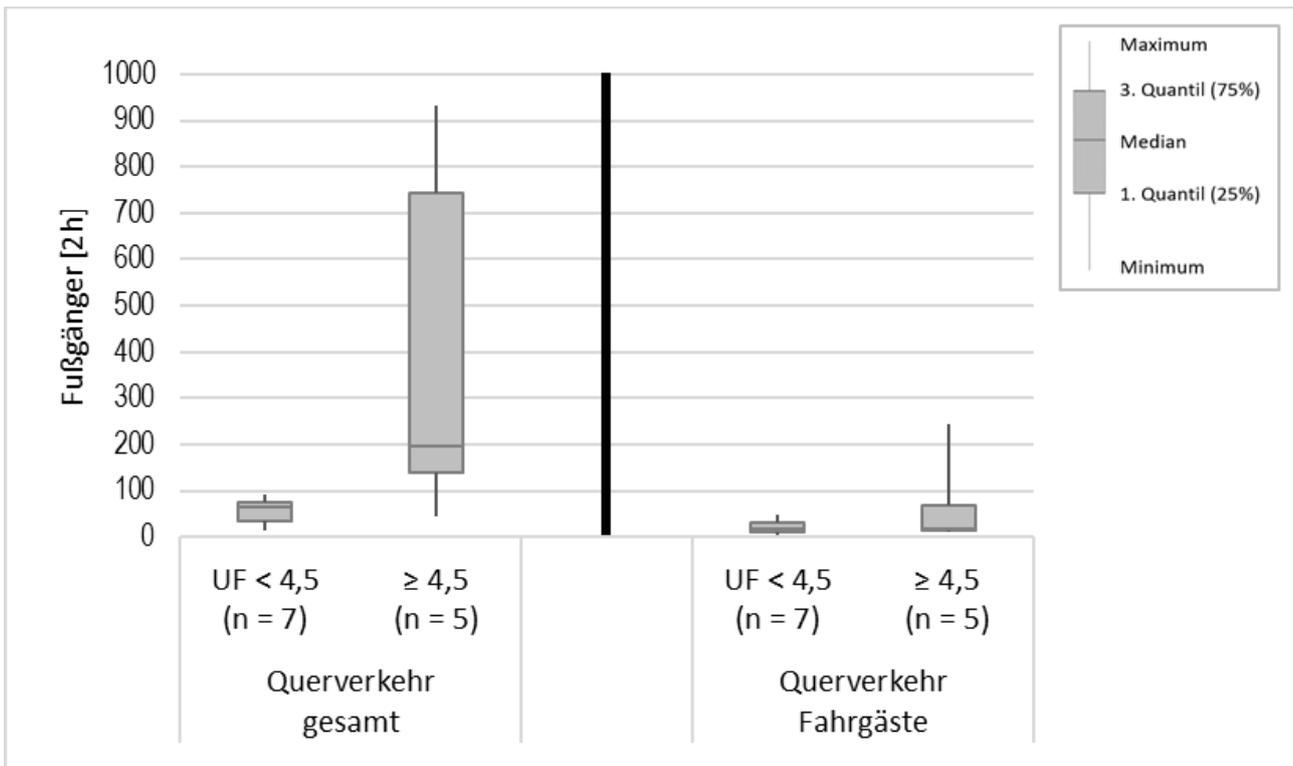


Abbildung 81: Aufkommen im Fußgängerquer- und Fahrgastquerverkehr an Bushaltestellen in Abhängigkeit des Umfeldfaktors

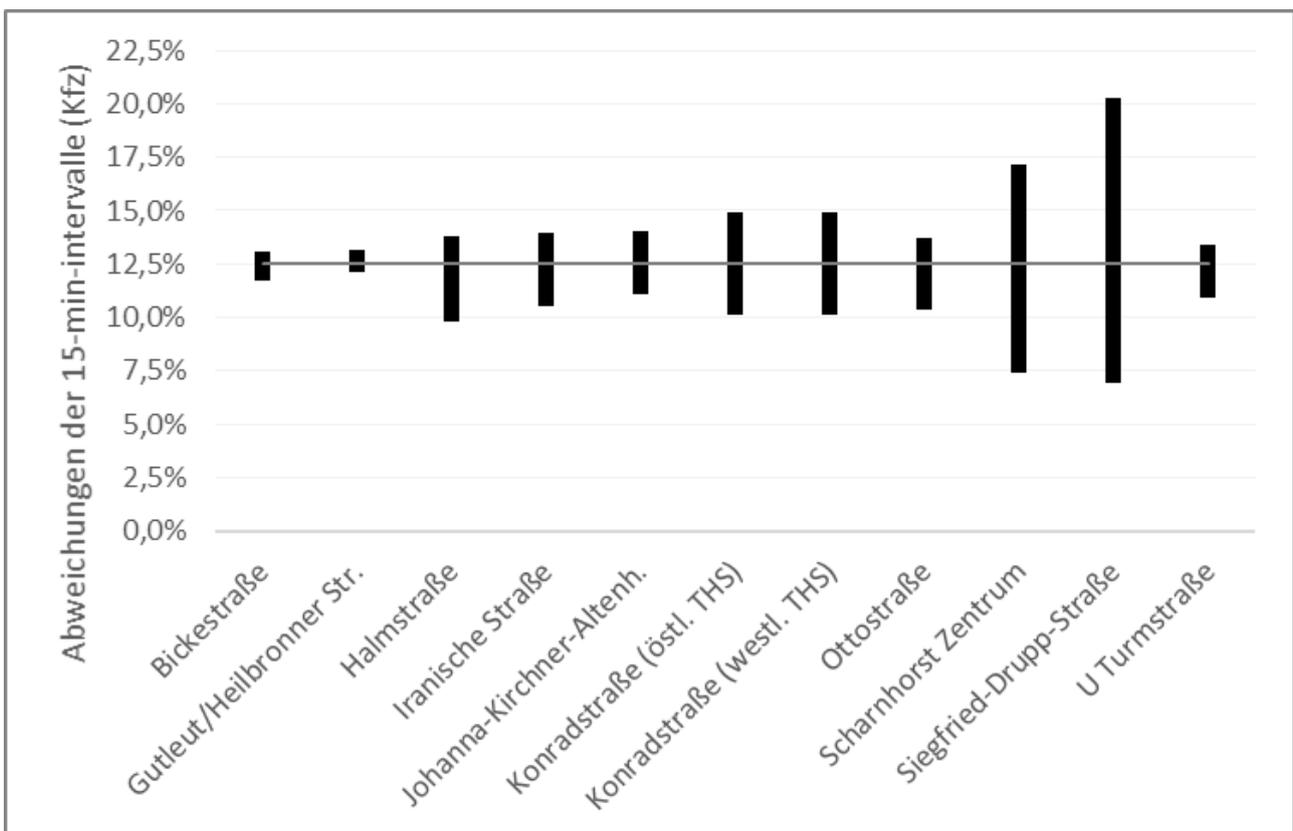


Abbildung 82: Variabilität des Kfz-Aufkommens innerhalb des Beobachtungszeitraums an Bushaltestellen: Anteile der 15-Min-Intervalle am gesamten Zählzeitraum, absteigend sortiert nach dem absoluten Aufkommen im Zählzeitraum

Die Schwankungen zwischen den 15-Minuten-intervallen sind bei Bushaltestellen – aufgrund der geringeren Kfz-Aufkommen erwartungsgemäß – etwas höher als bei den Haltestellen mit Seitenbahnsteig, allerdings geringer als an Haltestellenkaps (vgl. Abbildung 82).

5.2.5.2 Einsatzbereiche der Querungshilfen

In Abbildung 83 sind die Einsatzbereiche der Bushaltestellen im Kollektiv nach Fußgängerquerverkehr und Kfz-Aufkommen dargestellt (für die entsprechende Darstellung des Fahrgastquerverkehrs siehe Abbildung 120 in Anhang 3). Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Haltestellen ohne LSA fast alle mit anderen Querungshilfen (FGÜ, Mittelinsel- bzw. streifen) ausgestattet sind. Nur die Haltestellen „Gutleut-/Heilbronner Straße (West)“ (mit nur drei querenden Fußgängern) sowie die Haltestelle „Siegfried-Drupp-Straße“ (mit 16 Querungen) verfügen weder über eine bauliche noch eine technische Sicherung.

LSA werden überwiegend ab mittlerem Kfz-Aufkommen (1700 Kfz/2h) zur Sicherung eingesetzt. Die meisten Haltestellen weisen (unabhängig von der Existenz einer LSA) niedrige Aufkommen im Querverkehr auf (maximal 100 Fußgänger/2 h bzw. maximal 20 Fahrgäste/2 h).

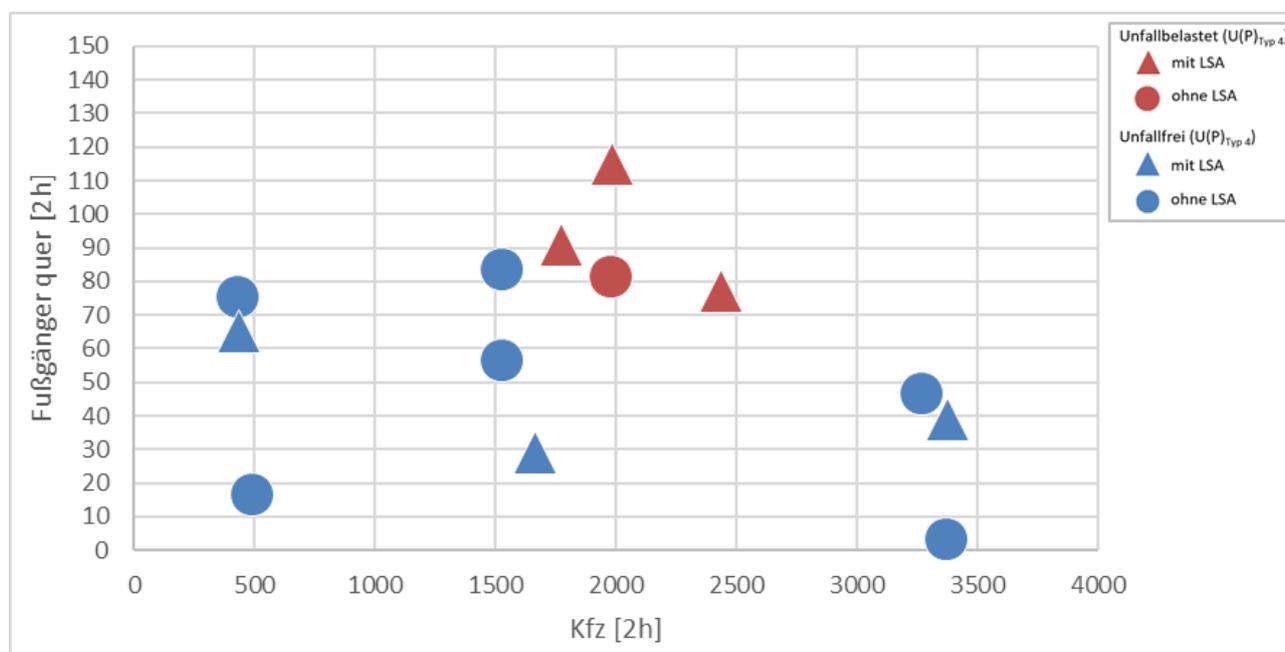


Abbildung 83: Einsatzbereiche der untersuchten Bushaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr und der Existenz einer LSA

An allen im Hinblick auf $U(P)_{Typ 4}$ unfallfreien Haltestellen querten im Beobachtungszeitraum weniger als 90 Fußgänger, an allen unfallbelasteten Haltestellen mehr als 70 Fußgänger. Alle Haltestellen mit geringem Kfz- und Fußgängerquerverkehr sind unfallfrei. An unfallbelasteten Haltestellen liegt überwiegend ein mittleres bis hohe Kfz-Aufkommen von 1700 bis 2500 Kfz/2h vor. Gleichzeitig sind je eine Haltestelle mit und ohne LSA bei hohem Kfz-Aufkommen und mittlerem Fußverkehrsaufkommen unfallfrei.

5.2.5.3 Akzeptanz der Querungshilfen

Fußgänger können an Bushaltestellen in den meisten Fällen den Ort ihrer Querung frei wählen. Neben der Nutzung vorgesehener Querungsstellen (z. B. LSA, Mittelinsel, FGÜ) kommt dabei auch die Querung „auf der freien Strecke“, also z. B. direkt im Haltestellenbereich in Frage. Daher wurde, wie bei Kaphaltestellen, die Wahl der Querungsorte untersucht.

Anders als bei Kaphaltestellen können an Bushaltestellen andere Querungshilfen als LSA (z. B. Mittelinseln, FGÜ) leichter eingesetzt werden. An 7 HSK existieren LSA, davon 2 KP-LSA. Als weitere Querungshilfen gibt es im Kollektiv Mittelinseln bzw. Mittelstreifen (4 HSK) sowie FGÜ (2 HSK).

In den folgenden zwei Diagrammen ist der Anteil der Fußgänger, die zum Queren die Querungshilfe nutzen, über der Entfernung der Querungshilfe zur Halteposition des Busses dargestellt. Diese Entfernung ergibt sich aus der Distanz zwischen dem Beginn der Querungshilfe und dem Anfang oder Ende der üblichen Halteposition des ÖV-Fahrzeugs. War diese nicht anhand der Örtlichkeit eindeutig zu bestimmen (z. B. bei THS, deren Bussteig deutlich länger ist als die eingesetzten Busse), so wurde die in den Videoaufnahmen beobachtete Halteposition als Referenzpunkt verwendet.

HSK mit LSA sind in Abbildung 84 und Abbildung 85 mit einem schwarzen Ring gekennzeichnet. Der Radius der Blasen zeigt in Abbildung 84 das Aufkommen im Fußgängerquerverkehr und in Abbildung 85 das Kfz-Aufkommen an. Blaue Punkte stehen für bzgl. $U(P)_{Typ 4}$ unfallfreie, rote für unfallbelastete HSK. Da an den meisten Bushaltestellen das Fußverkehrsaufkommen im Querverkehr gering ist, sind die Ergebnisse zurückhaltend zu interpretieren.

Auch an den Bushaltestellen sinkt die Akzeptanz der Querungshilfe mit steigender Entfernung tendenziell, der Effekt ist allerdings weniger stark ausgeprägt als an den Kaphaltestellen. Des Weiteren nimmt die Akzeptanz bei ähnlicher Entfernung mit sinkendem Kfz-Aufkommen ab, was auf die dann häufiger zur Verfügung stehenden ausreichend großen Zeitlücken zurückgeführt werden kann (vgl. Abbildung 85). Ein Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Unfallgeschehen ist jedoch nicht erkennbar.

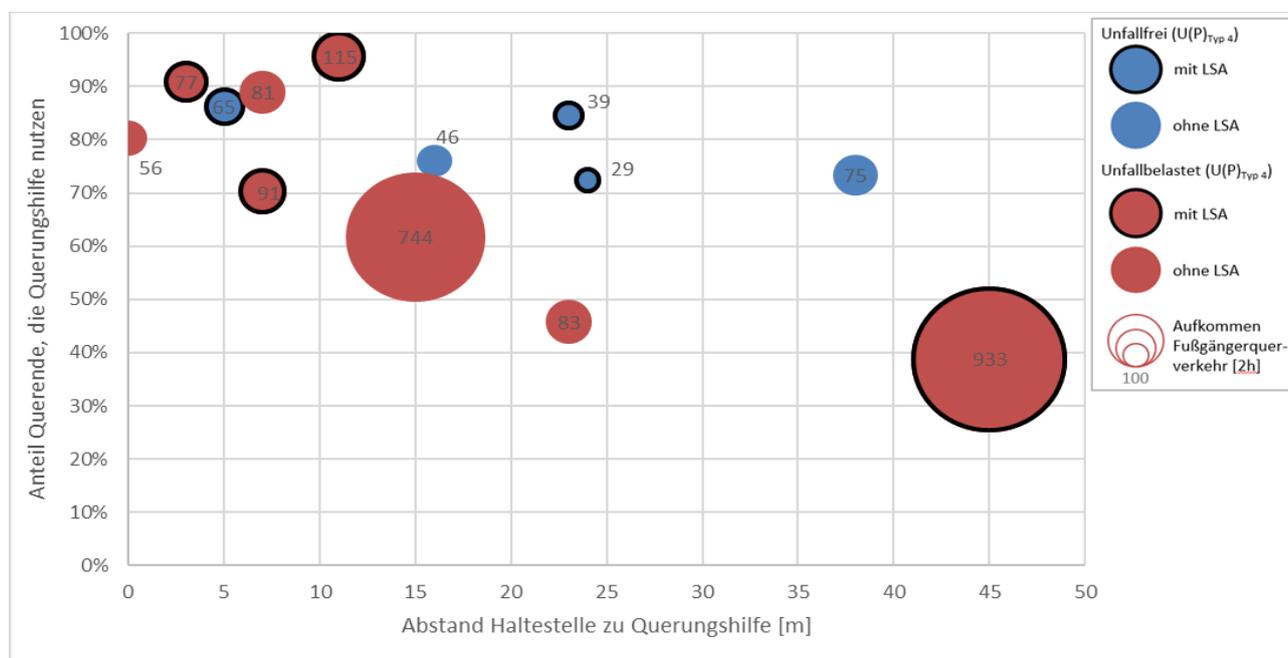


Abbildung 84: Nutzung von Querungshilfen in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Fußgängerquerverkehr

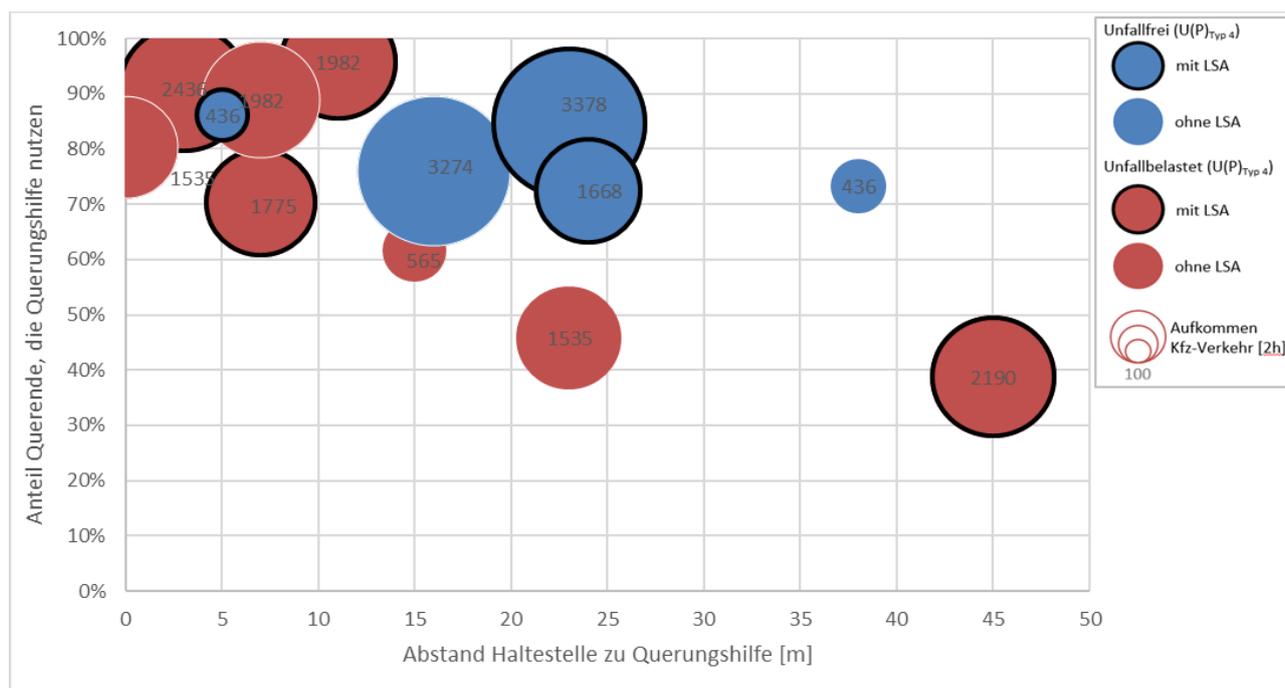


Abbildung 85: Nutzung von Querungshilfen in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle mit Bezug zum Kfz-Aufkommen

Auffällig ist vor allem die unfallbelastete Haltestelle „Turmstraße“ in Berlin (933 Querungen bei 2190 Kfz, Akzeptanz 38,8 %). Zu beachten ist dabei, dass die beobachteten Querungen zu über 90 % durch Passanten ohne Bezug zur Bushaltestelle erfolgten, bei Ein- und Aussteigern war die Akzeptanz der LSA noch etwas geringer (33 %). Die geringe Akzeptanz bei gleichzeitig hohem Kfz-Aufkommen offenbart ein riskantes Querungsverhalten der Fußgänger. Im fünfjährigen Betrachtungszeitraum ereigneten sich an der Haltestelle 13 $U(P)_{Typ\ 4}$, welche mit einer Ausnahme alle tagsüber stattfanden. Das beobachtete Verhalten der querenden Fußgänger an der Haltestelle „Turmstraße“ steht dabei vermutlich in Zusammenhang mit dem auffälligen Unfallgeschehen. Während Richtung Westen nur ein Fahrstreifen zur Verfügung steht, existieren für die Fahrtrichtung Ost ein überbreiter Richtungsfahrstreifen, ein Radfahrstreifen sowie die Bushaltestelle am Fahrbahnrand. Am nördlichen Fahrbahnrand wird zudem geparkt. Vielfach querten Fußgänger aufgrund kurzer Zeitlücken laufend und warteten in der Mitte der Fahrbahn bis der zweite zu querende Fahrstreifen frei war oder brachen die Querung ab. Zum Teil wurde ihnen von Fahrzeugführern der Vortritt gelassen. Dass dennoch verhältnismäßig wenig Konflikte zu erkennen waren, ist womöglich auf die hohen Verkehrsstärken im Fuß- wie auch Kfz-Verkehr zurückzuführen, die dazu führen, dass in den beobachteten Spitzenstunden mit den jeweils anderen Verkehrsteilnehmern gerechnet wird. Zumindest war immer wieder zu erkennen, dass querende Fußgänger wie auch im Längsverkehr fahrende Kfz-Führer und Radfahrer das Entstehen möglicher gefährlicher Situationen durch frühzeitige Reaktion vermieden.

Querungen vor/hinter Bus

An der Hälfte der Busaltstellen querten (zumeist einzelne) Fahrgäste vor dem Ein- oder nach dem Aussteigen direkt vor oder hinter dem haltenden Bus.

An zwei Haltestellen wurde in größerem Maße direkt am haltenden ÖV-Fahrzeug gequert (an den anderen Haltestellen kamen maximal drei derartige Querungen vor). An der Haltestelle „Scharnhorst Zentrum“ in Dortmund querten insgesamt 82 Fußgänger (11,0 % aller

Querungen) und an der Haltestelle „Turmstraße“ in Berlin querten insgesamt 72 Fußgänger (7,7 % aller Querungen) direkt am haltenden Bus. Beide Haltestellen sind unfallauffällig. Die Verteilung auf die Ein- und Aussteiger ist in Tabelle 30 dargestellt. Die Querungen die an den anderen Haltestellen direkt am haltenden Bus erfolgen (insgesamt 8 Querungen), sind dem gegenüber vernachlässigbar.

Die Häufigkeit derartiger Querungen lag damit deutlich unter den von BAIER et al. (2007) an Bushaltestellen ermittelten Werten von über 20 % (bezogen auf die Fahrgäste), wobei die damalige Erhebung nur zwei Bushaltestellen umfasste.

Tabelle 30: Querungen direkt vor und hinter haltenden ÖV-Fahrzeugen (Bushaltestellen)

Haltestelle	Direkt vor haltendem Bus				Direkt hinter haltendem Bus			
	Gesamt	Einsteiger	Aussteiger	Passanten	Gesamt	Einsteiger	Aussteiger	Passanten
Scharnhorst Zentrum	7	0	3	4	75 ¹⁾	0	69	4
Turmstraße	17 ¹⁾	4	5	0	55 ¹⁾	7	13	20
unfallfrei	1	1	0	0	6	0	2	4
unfallbelastet	25	4	9	12	130	7	82	41

¹⁾ An der Haltestelle Scharnhorst war bei 2, an der Turmstraße bei insgesamt 23 Personen nicht zuverlässig erkennbar, ob es sich um Fahrgäste oder Passanten handelt.

Eine der aufgeführten Querungen resultierte in einen Konflikt (Haltestelle „Scharnhorst“, Querung eines Passanten vor dem haltenden Bus). Da dieser Konflikt durch eine Querung in Richtung des haltenden Busses ausgelöst wurde und der Konfliktgegner entgegen der Fahrtrichtung des haltenden Busses fuhr, kann dieser Konflikt nicht auf eine durch den haltenden Bus eingeschränkte Sichtbeziehungen zurückgeführt werden.

An der Haltestelle „Turmstraße“ waren 10 Querungen Laufeinsteigern zuzurechnen (4 vor, 6 hinter einem haltenden Bus). An dieser Haltestelle gab es im betrachteten 5-Jahres-Zeitraum auch die mit Abstand meisten Unfälle des Typs 4 (15 U(P) im Bereich der Haltestellen). An der Haltestelle „Scharnhorst Zentrum“ ereignete sich hingegen nur ein U(P) des Typs 4 im direkten Haltestellenbereich.

5.2.5.4 Akzeptanz der Signalisierung

An 7 der beobachteten HSK existieren Signalanlagen in der direkten Umgebung der Haltestelle, darunter 2 KP-LSA sowie 5 F-LSA. Aufgrund der geringen Zahl an Beobachtungsstellen beruhen die folgenden Aussagen nur auf einer kleinen Stichprobe und sind daher nur bedingt verallgemeinerbar.

Im Mittel über alle Haltestellen querten 11,3 % der Fußgänger, die die LSA nutzten, bei Rot (vgl. Abbildung 86). Dies entspricht dem beobachteten Anteil der Rotquerungen an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen. An den in Hinblick auf U(P)_{Typ 4} unfallfreien Bushaltestellen liegt der Rotläuferanteil im Mittel bei 9,4 % und damit unter dem Rotläuferanteil der unfallbelasteten Bushaltestellen (12,8 %).

Wie bei den Kaphaltestellen weisen die beiden Bushaltestellen mit KP-LSA die niedrigsten Rotläuferanteile (jeweils unter 4 %) auf, obwohl dort durch Mittelinseln jeweils nur eine Fahrtrichtung auf einmal gequert werden muss und im Vergleich zu den anderen Haltestellen eher niedrigere Kfz-Aufkommen vorliegen.

Den höchsten Anteil an Rotläufern weist die Haltestelle „Iranische Straße“ in Berlin mit 36 % auf. Hier lag im Beobachtungszeitraum ein hohes Kfz-Aufkommen vor. Allerdings handelt es sich um die einzige Haltestelle mit F-LSA an einer zweibahnigen Straße, Fußgänger können zweistufig queren und müssen dementsprechend jeweils nur eine Fahrtrichtung beachten.

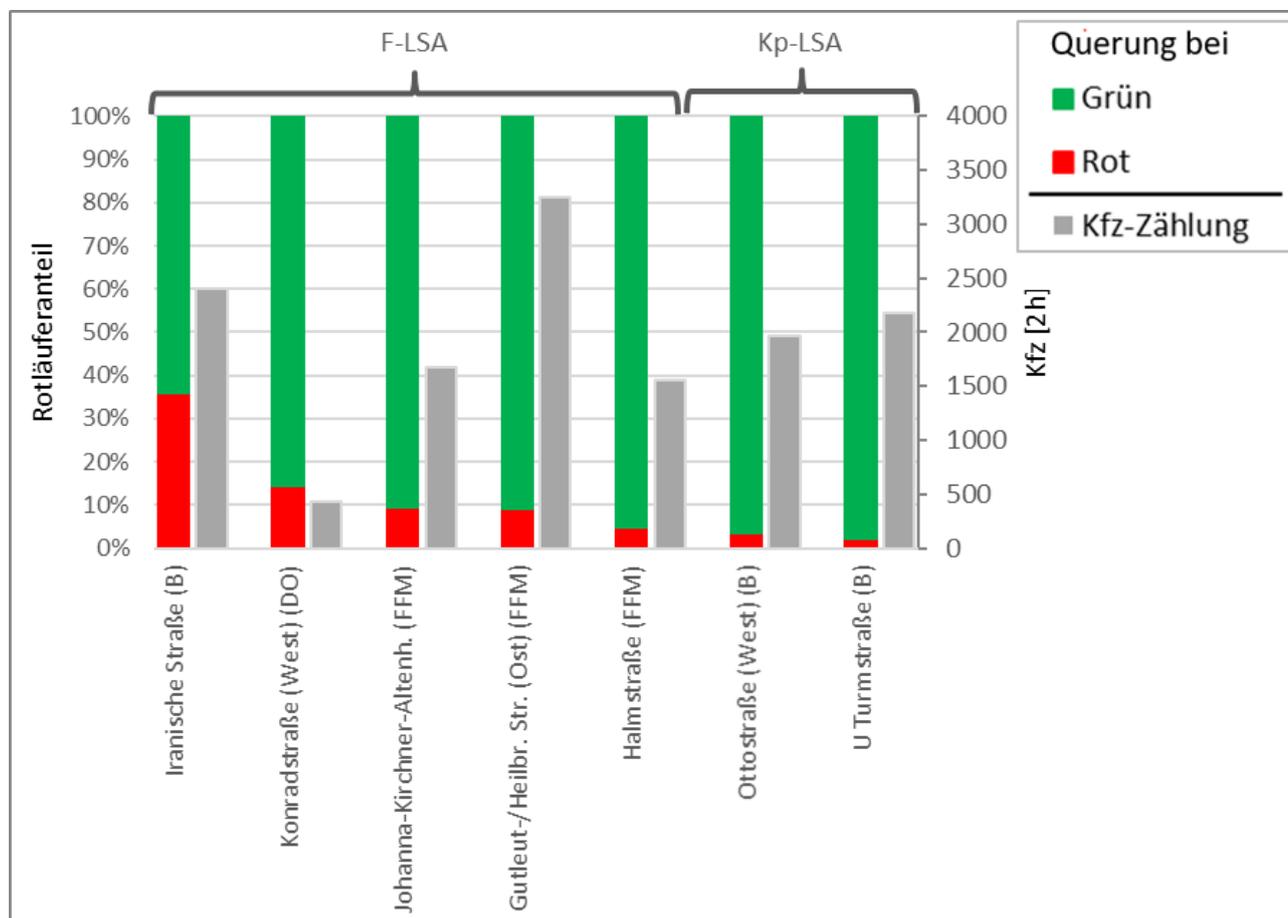


Abbildung 86: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je HSK an Bushaltestellen

5.2.5.5 Ein- und Aussteiger sowie Passanten

Für die Auswertungen in diesem Kapitel werden nur HSK mit mindestens 40 Querungen im Beobachtungszeitraum berücksichtigt.

Wie bei den Kaphaltestellen dominieren an den meisten Bushaltestellen die Querungen von Passanten (vgl. Abbildung 87), im Mittel sind 24 % aller Querungen auf Ein- oder Aussteiger zurückzuführen. An vier der elf Bushaltestellen machen Fahrgäste weniger als 10 % der Querenden aus. Nur an zwei Haltestellen („Konradstraße Ost“ in Dortmund sowie „Johanna-Kirchner-Altenhilfezentrum“ in Frankfurt) machen Fahrgäste etwas mehr als die Hälfte der Querenden aus. Der geringste Wert wurde an der östlichen THS der „Ottostraße“ mit knapp 5 % registriert.

Wie bei den Kaphaltestellen ist der Anteil der Fahrgäste an allen Querenden bei hohem Umfeldfaktor niedriger, wobei die Anteile in beiden Gruppen an den Bushaltestellen noch niedriger ausfallen als bei den Kaphaltestellen. Ein Zusammenhang zwischen der Bedeutung der Fahrgäste für den Querverkehr und dem Unfallgeschehen ist nicht erkennbar.

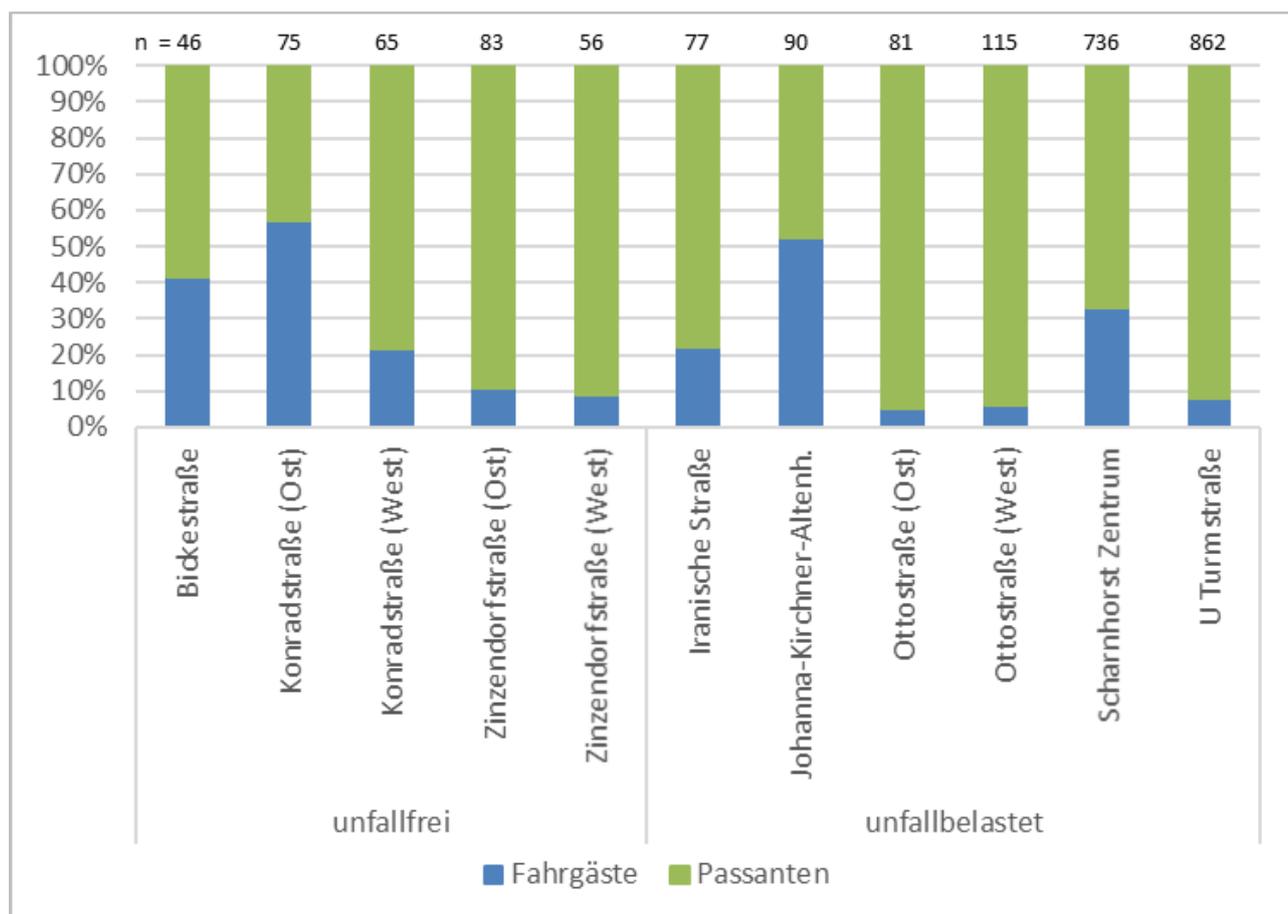


Abbildung 87: Anteil querender Fußgänger und Fahrgäste an Bushaltestellen (nur Haltestellen mit mindestens 40 Querungen im Beobachtungszeitraum)

5.2.5.6 Konflikte

Im Seitenraum waren zwischen Fußgängern und Radfahrern 10 Konflikte zu beobachten (vgl. Tabelle 31). Alle Konflikte entfielen auf Haltestellen mit Radverkehrsführung im Seitenraum (gemeinsamer Geh- und Radweg sowie Radweg vor bzw. hinter der Wartefläche), wobei zu beachten ist, dass dort im Mittel auch deutlich mehr Radfahrer beobachtet wurden als an Haltestellen mit einer Radverkehrsführung auf Fahrbahnniveau (Mischverkehr bzw. Rad- und Schutzstreifen). Hinsichtlich des Fußverkehrsaufkommens im Längsverkehr wiesen die Haltestellen mit und ohne Seitenraumführung vergleichbare Verkehrsstärken auf. Allen Haltestellen ist ein für Bushaltestellen mittleres bis hohe Fahrgastaufkommen zuzuordnen.

Tabelle 31: Konflikte an Bushaltestellen nach Art der Radverkehrsführung

Radverkehrsführung	Anzahl THS	Konflikte (Summe)	Fußgänger Längsverkehr (Mittelwert)	Radfahrer Seitenraum (Mittelwert)	Radfahrer Fahrbahn (Mittelwert)
Mischverkehr/markierte Führung	8	0	239	11	66
Führung im Seitenraum	12	10	215	277	26
Gesamt	20	10	225	170	42

Im Einzelnen gab es folgende 10 Konflikte:

- An der Haltestelle „Gutleut-/Heilbronner Straße“ entstand ein Konflikt durch ein Ausweichmanöver, bei dem ein in die zulässige Richtung fahrender Radfahrer einem falsch fahrenden Radfahrer auswich und dabei auf dem (schmalen) Gehweg mit einem Fußgänger in Konflikt geriet.
- An der Haltestelle „Johanna-Kirchner-Altenhilfezentrum“ waren je THS zwei Konflikte auf die beengten Platzverhältnisse zurückzuführen: Der gemeinsame Geh- und Radweg fungiert zugleich als Wartefläche nimmt auch den Fahrgastunterstand auf. Hierdurch kam es im Beobachtungszeitraum zu den genannten Konflikten, da die wartenden Fahrgäste den gesamten Querschnitt des gemeinsamen Geh- und Radweges in Anspruch nahmen und Radfahrer die Fußgänger – z.T. auch beim Ein- und Aussteigen – entsprechend knapp passierten.
- An der Haltestelle „Zinzendorfstraße“ waren bei beiden THS insgesamt 3 Ausweichmanöver von Radfahren zu beobachten, die aussteigenden und wartenden Fahrgästen auswichen.
- An der Haltestelle „Ottostraße“ war je ein Konflikt zwischen einem aussteigenden Fahrgast und einem Radfahrer im Längsverkehr sowie zwischen einem querenden Radfahrer und einem Radfahrer im Längsverkehr (im Seitenraum) zu beobachten.

An den beiden letztgenannten Haltestellen wird der Radweg mit etwas Abstand vom Fahrbahnrand geführt, wodurch zwischen Radweg und Bussteigkante ein Aufstellraum für Fahrgäste entsteht. Dieser Aufstellraum ist jedoch so schmal, dass aussteigende Fahrgäste ihn sofort Richtung Gehweg verlassen. Zugleich ermöglicht es die Radverkehrsführung – anders als die Führung direkt am Bord – den Radfahrern prinzipiell, auch beim Fahrgastwechsel (regelwidrig) die Haltestelle auf dem Radweg zu passieren.

Die Beobachtungen bestätigen die Ergebnisse von Angenendt et al. (2000), wonach die Führung des Radverkehrs im Seitenraum Konflikte begünstigt. Die Mischung von Wartebereich und Radverkehr sowie die Führung des Radverkehrs hinter einer (zu schmalen) Wartefläche können, wie bereits bei der damaligen Untersuchung, auch in diesem Fall als mit ausschlaggebend für die Konflikte zwischen Fuß- und Radverkehr betrachtet werden.

5.2.5.7 Laufeinsteiger

Laufeinsteiger waren nur an einzelnen Haltestellen in geringem Umfang zu beobachten (vgl. Tabelle 32). Keiner der Laufsteiger nutzte eine LSA. Die Laufsteiger konzentrieren sich auf die Haltestelle „Turmstraße“ in Berlin, an der 10 Fahrgäste (entspricht 1,1 % aller Querungen) mit solchen Verhaltensweisen beobachtet wurden.

Tabelle 32: Laufeinsteiger an Bushaltestellen

	Laufeinsteiger (Anteil an Fahrgästen)	Querungen von Fahrgästen	Querungen gesamt
unfallfrei	1 (0,8 %)	121	412
unfallbelastet	13 (3,4 %)	385	2041

5.2.6 Geschwindigkeitsverhalten an Haltestellen

An Bus- und Straßenbahnhaltestellen erfolgte eine Erhebung der von Kfz gefahrenen Geschwindigkeiten. Die Messung wurde bei Bushaltestellen für alle Haltestellen im Kollektiv videobasiert durchgeführt, indem für ein Kfz die Zeitstempel des Überfahrens zweier Querschnitte aus dem Video ausgelesen wurden. Deren Differenz ermöglicht in Verbindung mit dem aus Luftbildern bestimmten Abstand der Querschnitte die Berechnung der Geschwindigkeit. An Kaphaltestellen wurden die Geschwindigkeiten an allen Dresdner Haltestellen mittels Handlaser- sowie Radargeräten gemessen.

Als Zielwert wurde die Bestimmung der Geschwindigkeit von je mindestens 50 freifahrenden Kfz (nur Pkw und Krad) pro THS vorgegeben. Diese Zahl konnte aufgrund einer zu geringen Anzahl frei fahrender Kfz nicht an allen THS erreicht werden: An 5 Kap- sowie 2 Bushaltestellen wurden nur zwischen 40 und 50 Kfz erfasst. Ausnahme bildet die westlichen THS der „Ottostraße“ in Berlin an der nur 27 Kfz gemessen werden konnten, was auf die starke Pulkbildung sowie erhebliche Störung des Verkehrsablaufs durch die anliegende KP-LSA zurückzuführen war.

Als freifahrend wurden Kfz definiert, die einen Abstand zu vorausfahrenden Kfz von mindestens 5 Sekunden aufwiesen und keine Störungen durch andere Verkehrsteilnehmer erfuhren. In der folgenden Auswertung werden nur Haltestellen berücksichtigt, an denen die zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h beträgt.

Gemittelt über alle THS liegen sowohl der Mittelwert wie auch der Median der Geschwindigkeiten an Bushaltestellen über den entsprechenden Werten der Kaphaltestellen (Differenz 3,9 bzw. 3,4 km/h). Zudem weisen die Bushaltestellen im Mittel eine um 5,5 km/h höhere v_{85} auf.

Im Folgenden sollen v.a. zwei Aspekte hinsichtlich der Geschwindigkeitswahl untersucht werden:

- Differenzierung der Haltestellen nach Ausstattung mit LSA
- Differenzierung der Haltestellen nach unfallfrei/unfallbelastet hinsichtlich der $U(P)_{Typ 4}$.

An THS mit LSA wird schneller gefahren als an THS ohne LSA. Dies gilt sowohl für Kap- als auch für Bushaltestellen, wobei dieser Effekt an Bushaltestellen stärker ausgeprägt ist als an Kaphaltestellen (vgl. Abbildung 88).

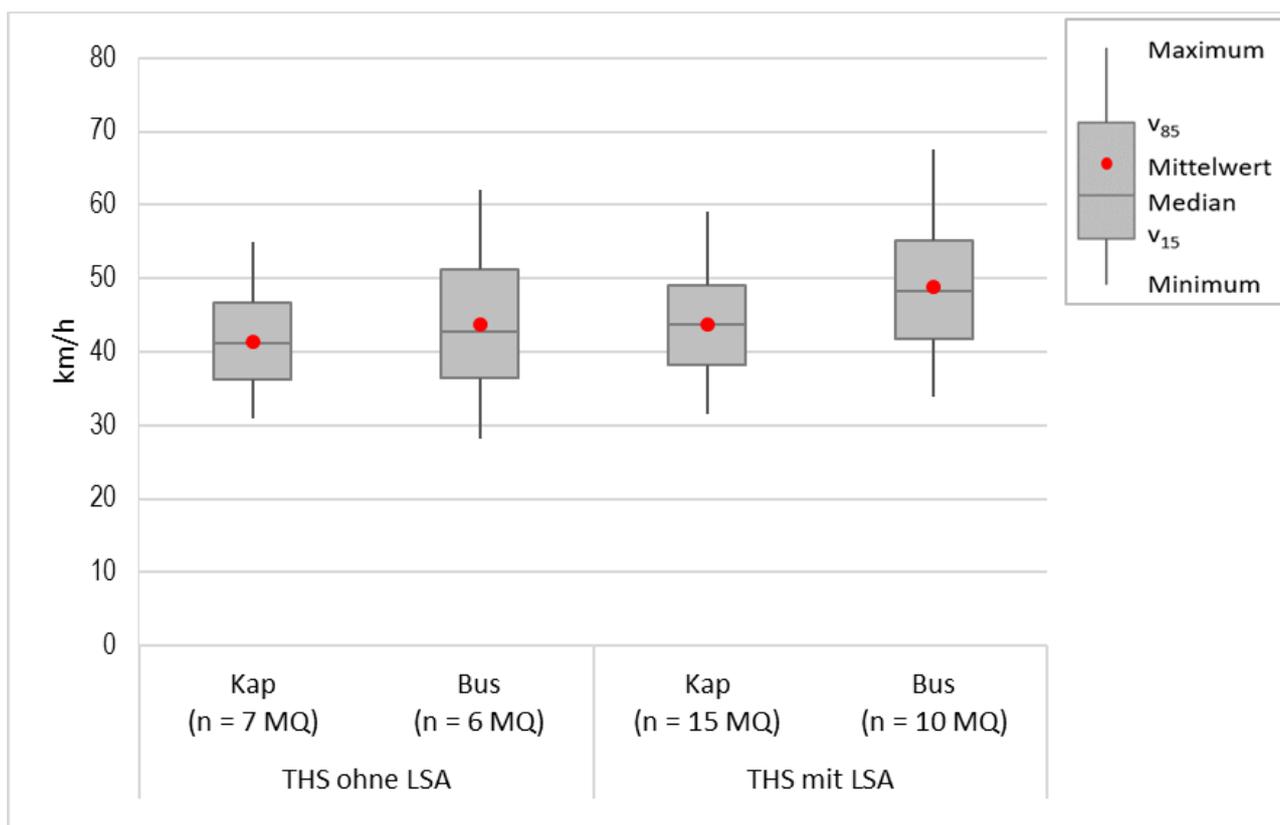


Abbildung 88: Geschwindigkeiten der Kfz an Messquerschnitten (MQ) von THS mit und ohne LSA

Der Mittelwert der Kfz-Geschwindigkeiten an Kaphaltestellen ohne LSA liegt bei 41,5 km/h, mit LSA beträgt er 43,7 km/h. Die v_{85} liegt an Kaphaltestellen ohne LSA bei 46,6 km/h und bei 49,0 km/h, wenn eine LSA vorhanden war. An Bushaltestellen liegen die Mittelwerte an THS ohne LSA bei 43,7 km/h und bei THS mit LSA bei 48,8 km/h (v_{85} : 51,3 km/h gegenüber 55,2 km/h).

Ursachen für die höheren Geschwindigkeiten an THS mit LSA können zum einen „Sogwirkungen“ des Grünlichts sein, zum anderen gehen Fahrzeugführer bei Sichtbarkeit einer LSA womöglich eher davon aus, dass Fußgänger nur unter Nutzung der LSA queren und dementsprechend bei Freigabe des Kfz-Verkehrs nicht mit Querungen zu rechnen ist.

Die Geschwindigkeiten an unfallbelasteten Haltestellen sind tendenziell höher als an unfallfreien Haltestellen, wobei dieser Effekt an Kaphaltestellen sehr schwach, an Bushaltestellen stärker ausfällt (vgl. Abbildung 89). An unfallfreien Kaphaltestellen liegt der Mittelwert bei 42,8 km/h und an unfallbelasteten bei 43,3 km/h (v_{85} : 48,0 km/h zu 48,5 km/h). An unfallfreien Bushaltestellen wurden im Mittel 46,1 km/h und an unfallbelasteten im Mittel 47,6 km/h gemessen (v_{85} : 53,3 km/h zu 54,1 km/h).

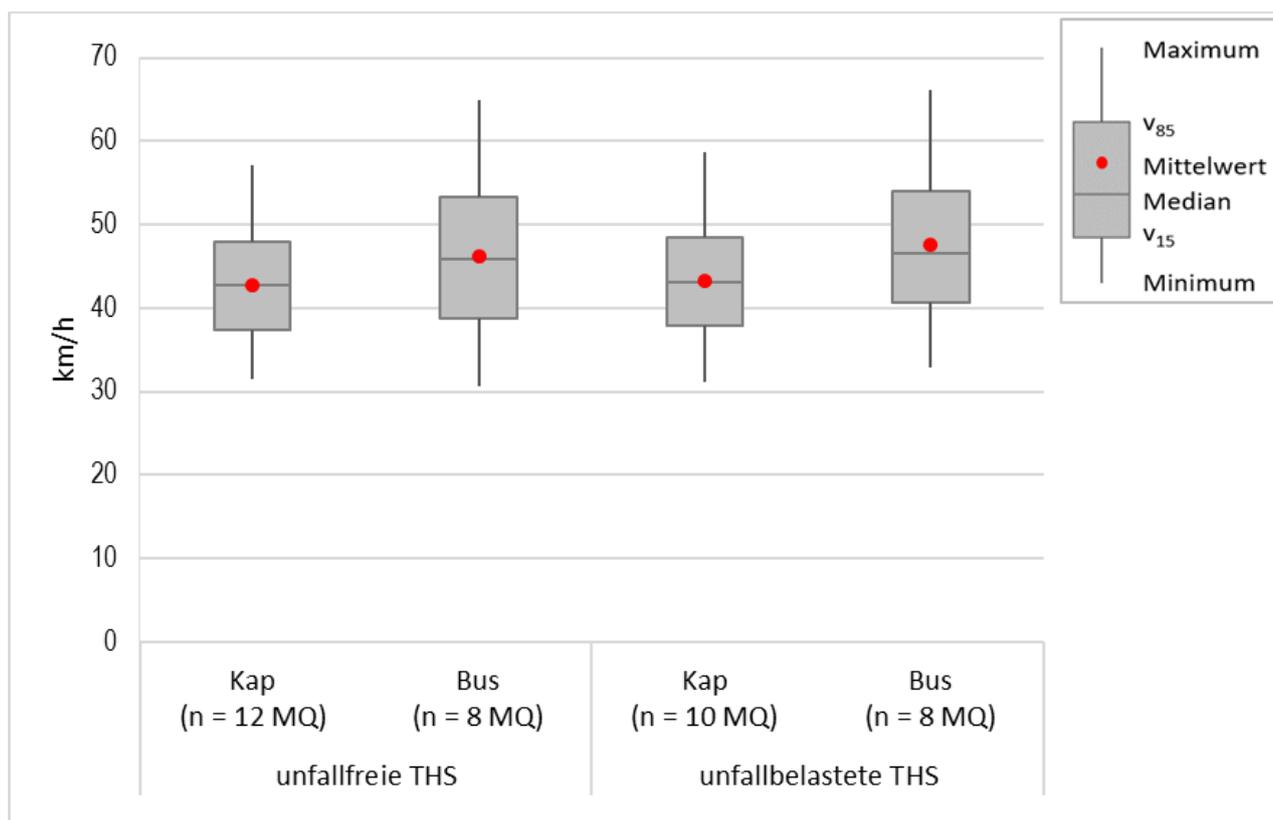


Abbildung 89: Geschwindigkeiten der Kfz für Messquerschnitten (MQ) an unfallfreien und unfallbelasteten THS (maßgebend: $U(P)_{Typ 4}$)

5.2.7 Ergebnisse über alle Haltestellentypen

In Abbildung 90 sind die Einsatzbereiche der Haltestellentypen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr dargestellt. Deutlich werden dabei die Unterschiede zwischen den Haltestellentypen (vgl. auch Abschnitt 5.2.2.3): Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen werden überwiegend an Straßen mit hohem Kfz- wie auch Fußverkehrsaufkommen eingesetzt. Kaphaltestellen der Straßenbahn und Bushaltestellen am Fahrbahnrand decken dagegen vor allem Straßen bis zu einem mittleren Kfz-Aufkommen von rund 2500 Kfz/2h sowie bis 200 Fußgängern/2h im Querverkehr ab.

Das hohe Aufkommen um Fußgängerquerverkehr an Haltestellen mit Seitenbahnsteig ist vor allem auf höhere Fahrgastzahlen zurückzuführen. Wie in Abbildung 91 dargestellt, liegt bei diesem Haltestellentyp der Anteil der Querungen, die mit Bezug zum ÖV stattfinden (Ein- und Aussteiger) deutlich über den entsprechenden Anteilen bei Kap- und Bushaltestellen. Während nur bei einzelnen Kap- und Bushaltestellen Fahrgäste die Mehrheit der Querenden ausmachen, ist dies bei den Haltestellen mit Seitenbahnstiege die Regel.

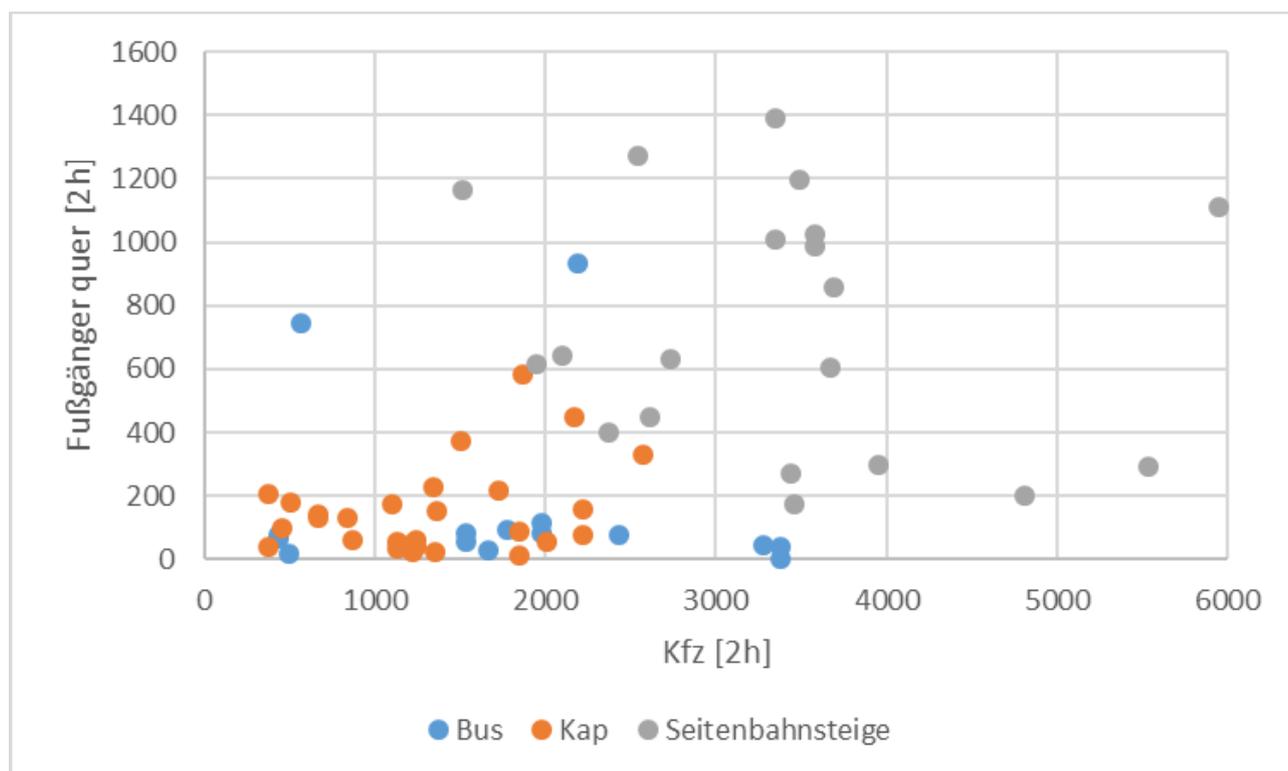


Abbildung 90: Einsatzbereiche der Haltestellentypen in Abhängigkeit von Kfz- und Fußgängerquerverkehr

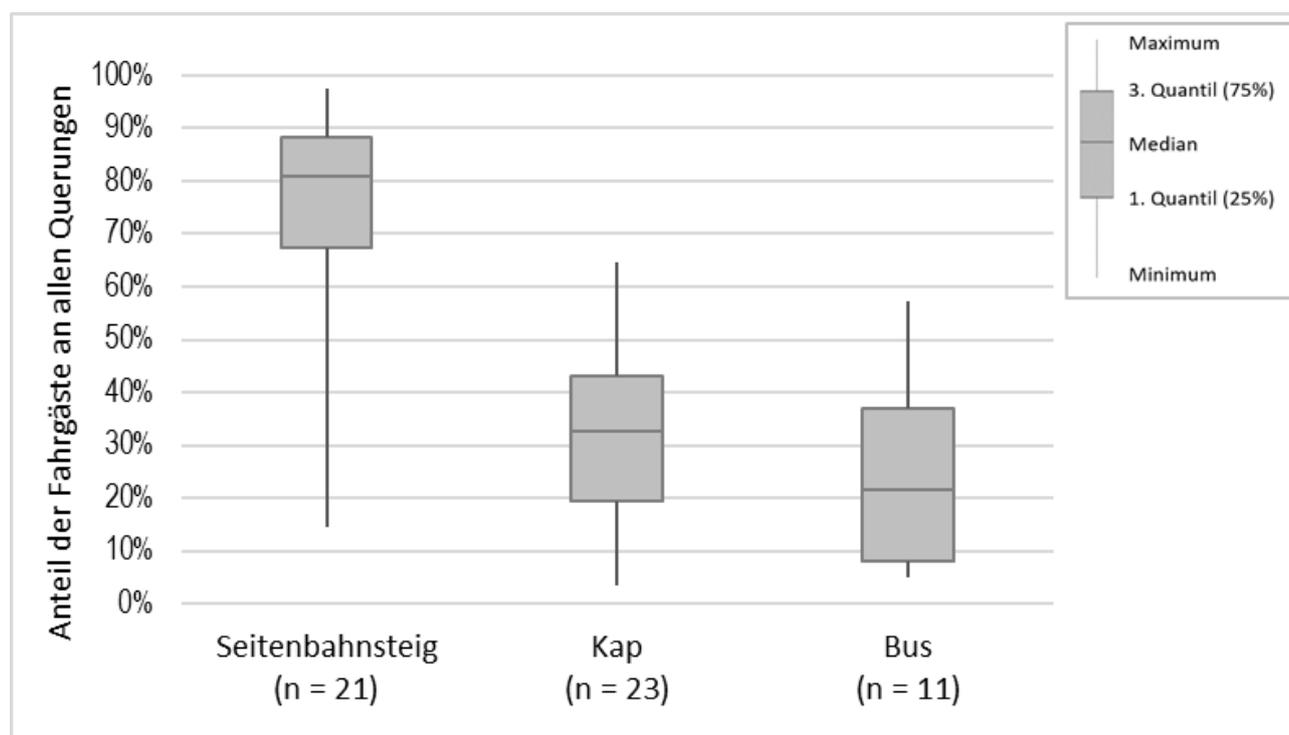


Abbildung 91: Anteil der Fahrgäste am Fußgängerquerverkehr nach Haltestellentyp

Anders als an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen können querende Fußgänger an Haltestellenkaps und Bushaltestellen am Fahrbahnrand den Ort ihrer Querung frei wählen. Ob eine Querungshilfe (z. B. LSA, FGÜ) an diesen Haltestellen eine sicherheitsfördernde Wirkung erzielen kann, ist dementsprechend auch von der Akzeptanz der Querungshilfe abhängig. Wie in Abbildung 92 für Haltestellen mit LSA für beide Haltestellentypen erkennbar, hängt diese Akzeptanz wesentlich vom Abstand der Querungshilfe von der Haltestelle ab

(dies gilt auch bei Berücksichtigung aller Arten von Querungshilfen, siehe Abbildung 121 im Anhang 3). An Bushaltestellen ist die Akzeptanz tendenziell höher als an Haltestellenkaps. Ein direkter Zusammenhang zwischen Akzeptanz der Querungshilfe und dem Unfallgeschehen an den Haltestellen im Hinblick auf $U(P)_{\text{Typ 4}}$ lässt sich weder für Kap-, noch für Bushaltestellen ableiten.

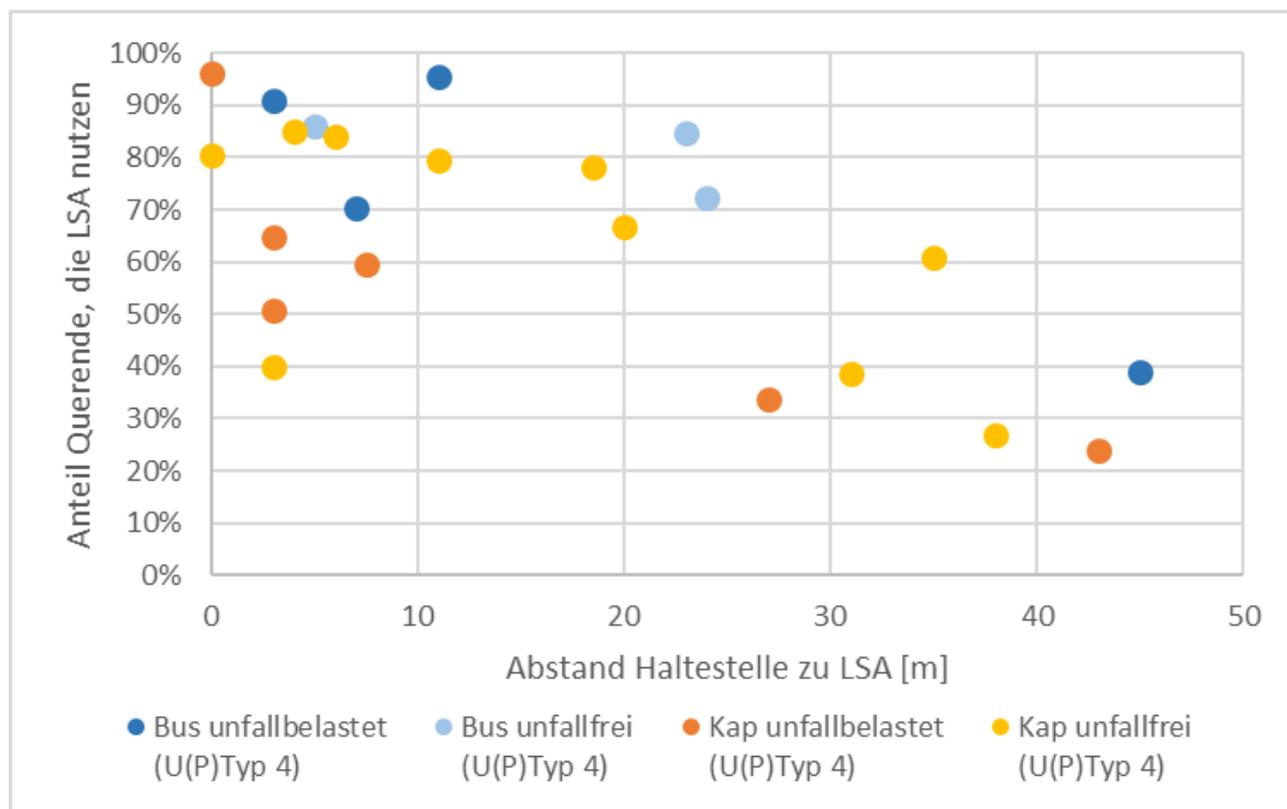


Abbildung 92: Nutzung von LSA in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle

Wie stark eine Querungshilfe sicherheitsfördernd wirkt, hängt neben ihrer Akzeptanz auch vom Verhalten der Verkehrsteilnehmer ab, z. B. an LSA maßgeblich von der Rotlichtakzeptanz. Obwohl an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen im Mittel das höchste Kfz-Aufkommen zu verzeichnen war, lag der Rotläuferanteil bei diesem Haltestellentyp höher als bei Kap- und Bushaltestellen (vgl. Abbildung 93). Zugleich streut der Rotläuferanteil an den Haltestellen mit Seitenbahnsteig am stärksten. Der niedrigste Rotläuferanteil wurde an Kaphaltestellen ermittelt. Die maximalen Rotläuferanteile liegen bei allen Haltestellenformen auf ähnlichem Niveau.

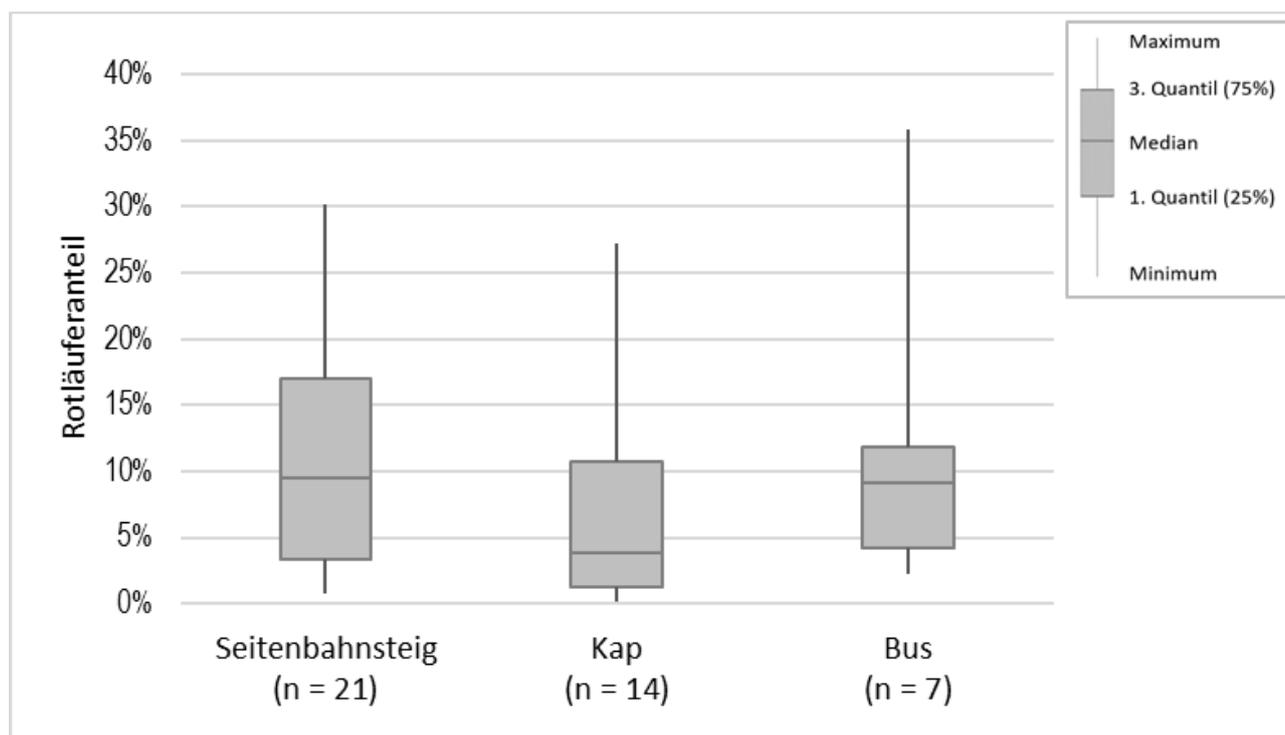


Abbildung 93: Rotläuferanteil nach Haltestellentyp

Absolut wurden an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig am meisten Laufeinsteiger beobachtet (vgl. Tabelle 33). Der Anteil der Laufeinsteiger an den Fahrgästen ist dabei an unfallbelasteten und unfallfreien Haltestellen gleich hoch. Bei den anderen beiden Haltestellenformen ist die Zahl der beobachteten Laufeinsteiger so gering, dass ein Vergleich der Anteile nicht sinnvoll ist. Zwar gibt es sowohl bei unfallbelasteten Kaphaltestellen, wie auch bei unfallbelasteten Bushaltestellen erhöhte Anteile der Laufeinsteiger an allen Fahrgästen, in beiden Fällen ist dies jedoch auf eine hohe Zahl an Laufeinsteigern an jeweils nur einer Haltestelle zurückzuführen.

Tabelle 33: Laufeinsteiger nach Haltestellenform und Unfallgeschehen

Haltestellenform	Unfallgeschehen $U(P)_{Typ 4}$	Laufeinsteiger (Anteil an Fahrgästen)	Querungen von Fahrgästen	Querungen gesamt
Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig	unfallfrei	102 (2,6 %)	3993	4975
	unfallbelastet	206 (2,5 %)	8358	15766
Kaphaltestellen der Straßenbahn	unfallfrei	14 (2,0 %)	685	2561
	unfallbelastet	27 (5,2 %)	516	1611
Bushaltestellen am Fahr- bahnrand	unfallfrei	1 (0,8 %)	121	412
	unfallbelastet	13 (3,4 %)	385	2041

Zu den Besonderheiten der Haltestellentypen gehört an Kaphaltestellen der Straßenbahn die Problematik der Sturzgefahr für Radfahrer durch Straßenbahngleise. An Bushaltestellen am Fahrbahnrand traten bei Führung des Radverkehrs im Seitenraum wiederholt Konflikte

mit ein- und aussteigenden sowie wartenden Fahrgästen auf. An Haltestellen mit Seitenbahnsteigen bestehen derartige Probleme aufgrund der räumlichen Trennung von Fahrgastwechsel und Warteflächen vom Radverkehr nicht.

5.3 Konfliktanalysen von Interaktionen

5.3.1 Methodik

Als Konflikt wird in diesem Kapitel die Interaktion zwischen zwei Verkehrsteilnehmern, hier einem Fußgänger und einem Fahrzeug, beim Queren der Fahrbahn durch den Fußgänger verstanden. Ein Konflikt entsteht dabei aus dem Interesse, denselben Raum zur gleichen oder fast gleichen Zeit zu nutzen. Ein Konflikt entspricht demnach nicht einem Unfall, sondern vielmehr einer Interaktion, in der ein Unfall vermieden werden soll. Aus diesem Grund wird im Folgenden grundsätzlich auch von Interaktionen und nicht von Konflikten gesprochen.

Grundlage für die Analyse von Interaktionen sind objektive und quantifizierbare Kenngrößen. Es werden zur Beschreibung von Interaktion zwischen querenden Fußgängern und Fahrzeugen (Pkw oder Radfahrer) folgende Kenngrößen erhoben und ausgewertet:

- Post-Encroachment-Time (PET)
- mittlere Geschwindigkeiten während der Interaktion (alle Beteiligten)

Im Rahmen eines BAST-Forschungsprojekts zu sicherheitsrelevanten Fußgängerverhalten wurden verschiedene Konfliktkenngrößen pilothaft erhoben, ausgewertet und miteinander verglichen (SCHÜLLER et al. 2017). Aussagekräftige Analysen waren vor allem anhand der PET möglich und wurde daher für die weitere Verwendung in Konfliktanalysen empfohlen.

Eine Definition der Kenngröße findet sich in Abbildung 94.

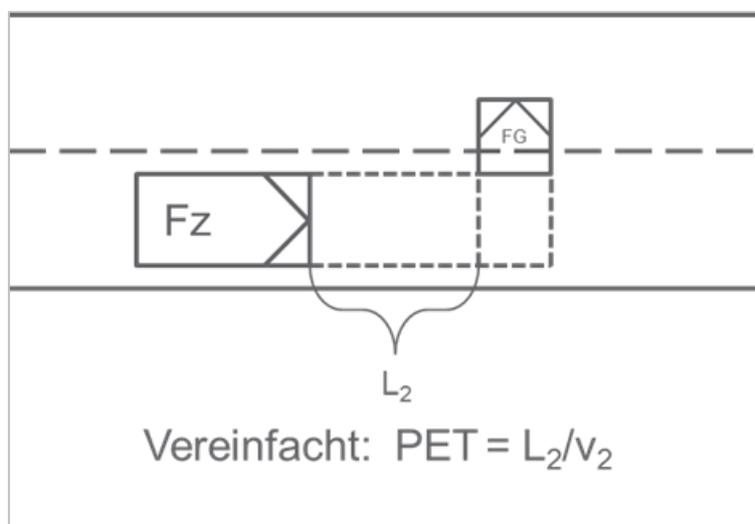


Abbildung 94: Definition Post-Encroachment-Time PET

PET – die Post-Encroachment-Time ist die Zeitlücke zwischen dem Verlassen einer Kollisionsfläche durch den Konfliktgegner 1 und dem Erreichen der Fläche durch den Konfliktgegner 2 (siehe Abbildung 94). Sie wird als Einzelwert je Interaktion berechnet.

Basierend auf empirischen Studien kategorisiert VAN DER HORST (1990) Situationen mit:

- einer $PET < 1,0$ s als kritisch und

- einer PET > 2,0 s als normale Verkehrssituation.

Dies Kategorisierung wurde allerdings bereits im Projekt zum sicherheitsrelevanten Fußgängerverhalten (SCHÜLLER et al. 2017) kritisch hinterfragt und nicht weiter verwendet. Hier fehlen noch mehr empirische Grundlagen, auch in Kombination mit dem tatsächlichen Unfallgeschehen, um eine abschließende Einschätzung treffen zu können. Das ist ein Grund, warum die Kenngrößen vorrangig für relative Vergleiche zwischen Teilkollektiven (z. B. unfallauffällig vs. unfallunauffällige Haltestellen) verwendet werden.

Folgende **Geschwindigkeitsmessungen** wurden für die Interaktionen erhoben und ausgewertet:

- v_{Fg} – Geschwindigkeit des ersten Konfliktgegners, hier immer des Fußgängers (d. h. Fußgänger betritt die Fahrbahn bzw. quert vor dem zweiten Konfliktgegner)
- v_{Kfz} – Geschwindigkeit des zweiten Konfliktgegners, wenn Kfz
- v_{Rf} – Geschwindigkeit des zweiten Konfliktgegners, wenn Radfahrer

Zur Ermittlung der Geschwindigkeiten wurde ein fester Streckenabschnitt definiert, auf dem die Fahrzeuge weitestgehend frei fahren. Die Geschwindigkeit der Fußgänger ergibt sich aus der Zeit, die der Fußgänger benötigt, um die Fahrbahn senkrecht zu queren.

Nicht bei jedem querenden Fußgänger entsteht eine Interaktion mit einem anderen Verkehrsteilnehmer. Durch das regelmäßige Beobachten der Fahrbahn durch den Fußgänger werden viele Interaktionen vermieden und die Querung erfolgt nur bei größeren Lücken im fließenden Verkehr.

Weiterhin sind nicht alle (theoretischen) Interaktionen für die Analyse geeignet. Queren bspw. Fußgänger durch – z. B. aufgrund von Rückstau – haltende oder sich im Schritttempo bewegend Fahrzeuge, sind die Rahmenbedingungen anders im Vergleich zur Querung durch den fließenden Verkehr. Dies erschwert die Vergleichbarkeit, ist aber auch – aufgrund des heterogenen Verkehrsflusses bei Stauerscheinungen – kaum repräsentativ beschreibbar. Es werden daher nur Interaktionen beim Queren des fließenden, aber nicht stockenden oder haltenden, Verkehrs ausgewertet.

Die Analyse der Konfliktkenngrößen sollte für 16 Teilhaltestellen und insgesamt 32 Stunden Videomaterial erfolgen. Bei der Auswertung des Videomaterials konnten jedoch bei mehreren ausgewählten Teilhaltestellen keine Interaktionen beobachtet und erhoben werden. Insgesamt wurden an 25 Teilhaltestellen insgesamt 50 Stunden erhoben und gesichtet. An 21 dieser Teilhaltestellen konnten Interaktionen erhoben werden. Die analysierten Teilhaltestellen sind in Tabelle 34 dokumentiert. Der Schwerpunkt liegt auf Fußgängerquerungen vor Fahrzeugen. Es wird der Zeitpunkt des Betretens der Fahrbahn durch den Fußgänger als Querungsstart definiert.

Mit den Konfliktanalysen wird der Parameter PET ausgewertet. Mittelwertvergleiche sind hier wenig aussagekräftig, da die Verteilung der Konfliktparameter nach oben nicht begrenzt ist (also keine bspw. Normalverteilung darstellt) und durch einzelne Ausreißer nach oben, die Mittelwerte stark verzerrt werden.

Es werden relative Vergleiche der Konfliktkenngrößen für verschiedene Kollektive ausgewertet (z. B. unfallauffällig vs. unfallfrei). Vorschläge zu absoluten Grenzwerten für die Konfliktparameter existieren zwar (im Sinne eines sicherheitskritischen Schwellwerts), sind aber

weit davon entfernt, empirisch abgesichert einen Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen zu repräsentieren (siehe hierzu u. a. auch Diskussion in FHWA 2008).

Tabelle 34: Analyzierte Teilhaltestellen und Anzahl ermittelter Konflikte

HST-Nr.	Stadt	Straße	HST-Typ	Verkehrsmittel	Unfallgeschehen	Interaktionen Fg - Kfz	Interaktionen Fg - Rf
1818	Leipzig	Holbeinstraße	Straßenbahnkap	Strab	unfallbelastet	25	2
1089	Dortmund	Brackel Kirche	Straßenbahnkap	Strab	unfallfrei	5	-
56	Dresden	Mickten	Straßenbahnkap	beide	unfallfrei	1	1
9	Dresden	Mockritzer Straße	Straßenbahnkap	beide	unfallfrei	-	1
1797	Leipzig	Elsterpassage	Straßenbahnkap	beide	unfallbelastet	-	-
912	Berlin	Rathaus Pankow	Seitenbahnsteige	beide	unfallbelastet	11	-
1665	Leipzig	Augustusplatz	Seitenbahnsteige	Strab	unfallbelastet	22	-
836	Berlin	Grüntaler Straße	Seitenbahnsteige	Strab	unfallfrei	6	-
1197	Dortmund	Knappschafts Krankenhaus	Seitenbahnsteige	Strab	unfallfrei	12	-
1011	Berlin	Revaler Straße	Seitenbahnsteige	Strab	unfallbelastet	5	3
714	Berlin	U Turmstraße	Bus auf Strecke	Bus	unfallbelastet	19	4
715	Berlin	U Turmstraße	Bus auf Strecke	Bus	unfallbelastet	18	-
1255	Dortmund	Scharnhorst Zentrum	Bus auf Strecke	Bus	unfallbelastet	13	-
1000	Berlin	Zinzendorfstraße	Bus auf Strecke	Bus	unfallfrei	3	-
1367	Frankfurt	Halmstraße	Bus auf Strecke	Bus	unfallfrei	1	-
1368	Frankfurt	Halmstraße	Bus auf Strecke	Bus	unfallfrei	1	-
1263	Dortmund	Siegfried-Drupp-Straße	Bus auf Strecke	Bus	unfallfrei	-	-
1361	Frankfurt	Gutleut/Heilbronner Str.	Bus auf Strecke	Bus	unfallfrei	-	-
1362	Frankfurt	Gutleut/Heilbronner Str.	Bus auf Strecke	Bus	unfallfrei	-	-
7	Dresden	Alttrachau	Straßenbahnkap	Strab	unfallfrei	4	-
13	Dresden	Saarstraße	Straßenbahnkap	Beide	Unfallfrei	7	-
1	Dresden	Achtbeeteweg	Straßenbahnkap	Beide	unfallbelastet	10	-
12	Dresden	Rankestraße	Straßenbahnkap	Beide	Unfallbelastet	9	-
1876	Leipzig	Rathaus Schönefeld	Straßenbahnkap	Strab	unfallfrei	10	-
1858	Leipzig	Ossietzky-/Gorkistraße	Straßenbahnkap	Strab	Unfallbelastet	7	-

Folgende Vergleiche konnten anhand der registrierten Konflikte in den zur Verfügung stehenden Videos durchgeführt werden:

- Vergleich unfallauffällige vs. unfallunauffällige Haltestellen, insgesamt und getrennt nach Haltestellenform
- Vergleich Querung mit unterschiedlichen Interaktionsgegnern der Fußgänger (Pkw vs. Rad)
- Vergleich Altersgruppen bei der Querung

Für den Vergleich der Anzahl der Interaktionen mit dem örtlichen Verkehrsaufkommen wurden folgende Kenngrößen jeweils für den zweistündigen Erhebungszeitraum verwendet:

- Kfz-Verkehrsaufkommen

- Längsverkehrsaufkommen der Fußgänger
- Querverkehrsaufkommen der Fußgänger (an Haltestellen mit einseitiger gesicherter Querung wurden nur die außerhalb gesicherter Querungsstellen querenden Fußgänger berücksichtigt)

5.3.2 Ergebnisse

Insgesamt wurden 200 Interaktionen zwischen querenden Fußgängern und Kfz oder Radfahrenden auf der Fahrbahn erhoben. Zusätzlich wurden von den Beteiligten Fahrzeugen und Personen die Geschwindigkeiten erhoben. In Abbildung 95 sind die Bandbreiten der Geschwindigkeiten der Interaktionsbeteiligten getrennt nach Verkehrsbeteiligung dargestellt. Außerdem sind je nach Verkehrsbeteiligung die Überschreitungswahrscheinlichkeiten dargestellt. Für die mittleren Querungsgeschwindigkeiten der Fußgänger an Haltestellen zeigt sich, dass diese im Vergleich zu den Erhebungen auf freier Strecke in SCHÜLLER et al. (2017) leicht langsamer die Straße queren. Der Median der in der vorliegenden Studie gemessenen Gehgeschwindigkeiten liegt bei 1,3 m/s (4,68 km/h) im Vergleich zu 1,5 m/s (5,4 km/h) bei Querungen auf der freien Strecke in SCHÜLLER et al. (2017).

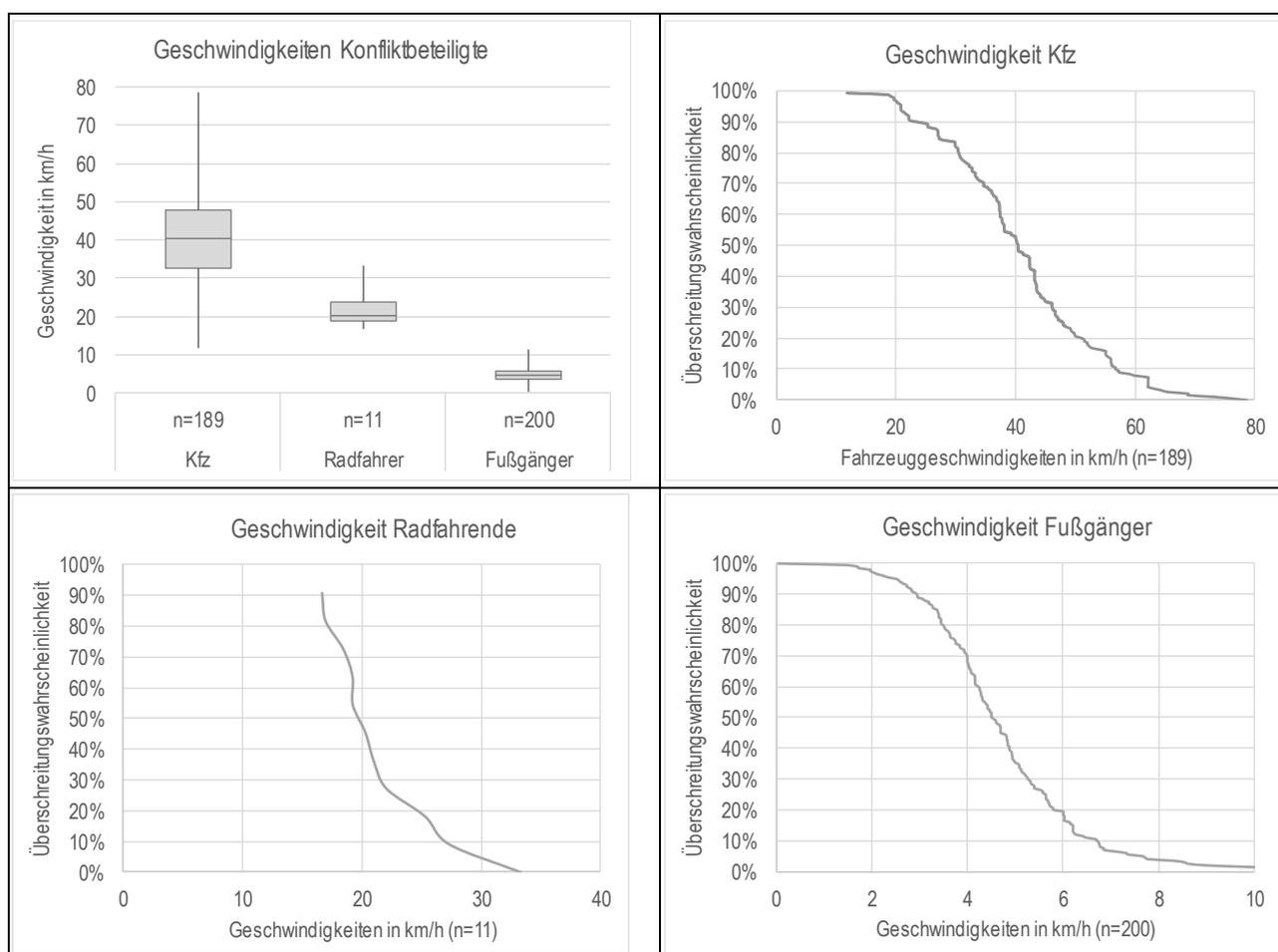


Abbildung 95: Verteilung und Überschreitungswahrscheinlichkeit der Geschwindigkeiten nach Verkehrsbeteiligung

Von den 200 erhobenen Interaktionen ereigneten sich 189 zwischen Fußgängern und Kfz und elf zwischen Fußgängern und Radfahrenden auf der Fahrbahn. Wie in Abbildung 96 dargestellt, treten bei Querungen vor Radfahrenden häufiger kleinere PET unter 1,5 s auf als bei Querungen vor Kfz. Auch wenn die Aussagekräftigkeit wegen der kleinen Stichprobe

eingeschränkt ist, deutet sich ein mittlerer Unterschied von ca. einer Sekunde an. Ein Grund hierfür ist vermutlich auch die kleinere Konfliktfläche zwischen Fußgänger und Radfahrer, welche bessere bzw. schnellere Ausweichmöglichkeiten bietet. Es kann aber auch dahingehend interpretiert werden, dass Radfahrer als Konfliktgegner weniger stark wahrgenommen, unter Umständen auch eher ganz übersehen werden.

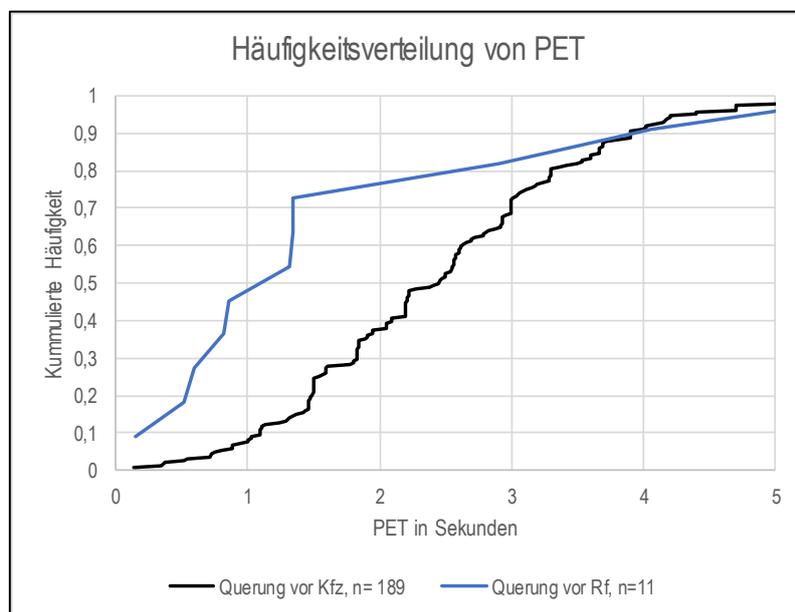


Abbildung 96: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz und vor Radfahrenden im Vergleich

Eine weitere Unterteilung der Konflikte zwischen Radfahrern und Fußgängern je nach Haltestellenform ist auf Grund der geringen Stichprobe nicht zielführend. Daher beziehen sich die weiteren Analysen auf Konflikte zwischen Fußgängern und Kfz.

Über alle Haltestellen hinweg zeigt sich, dass unfallfreie Haltestellen – vor allem im Bereich der besonders kritischen, kleinen Zeitlücken – geringere Anteile kleiner PET als unfallbelastete Haltestellen aufweisen (siehe Abbildung 99 links).

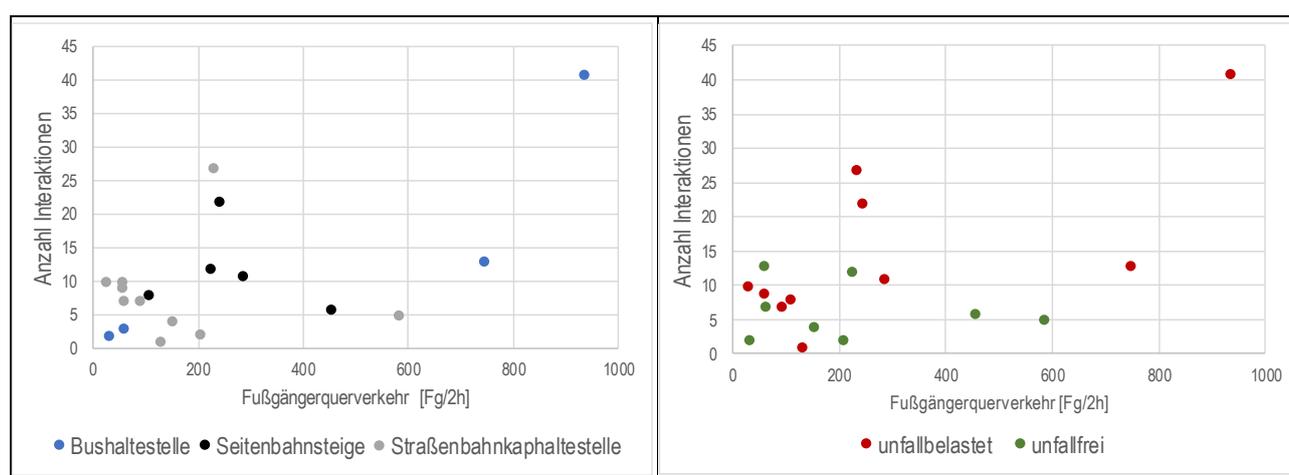


Abbildung 97: Zusammenhang zwischen Fußgängerquerverkehr und der Anzahl der Interaktionen.

Insgesamt konnten an unfallbelasteten Haltestellen deutlich mehr Interaktionen erhoben werden, da vielfach das Verkehrsaufkommen sowohl von Fußgängern als auch Kfz höher

war. Dies betrifft vor allem die Bushaltestellen. In Abbildung 97 sind die Anzahl der beobachteten Interaktionen je Haltestelle in Abhängigkeit des Fußgängerquerverkehrs des erhobenen Zeitraums von zwei Stunden dargestellt. Es zeigt sich, dass bei höherem Querverkehrsaufkommen und mehr Interaktionen die Wahrscheinlichkeit für Unfälle höher ist, wenige Interaktionen bedeuten jedoch nicht, dass sich keine Unfälle an der Haltestelle ereignen.

Zwischen dem Fußgängerlängsverkehrsaufkommen und auch dem Kfz-Verkehrsaufkommen und der Anzahl der Interaktionen gibt es einen leicht positiven Zusammenhang, siehe Abbildung 98. Bei unfallbelasteten Haltestellen steigt die Anzahl der Interaktionen mit steigendem Kfz-Verkehrsaufkommen an. Die Anzahl der Interaktionen bei unfallfreien Haltestellen bleibt hingegen unabhängig vom Kfz-Verkehrsaufkommen auf einem niedrigeren Niveau als bei unfallbelasteten Haltestellen.

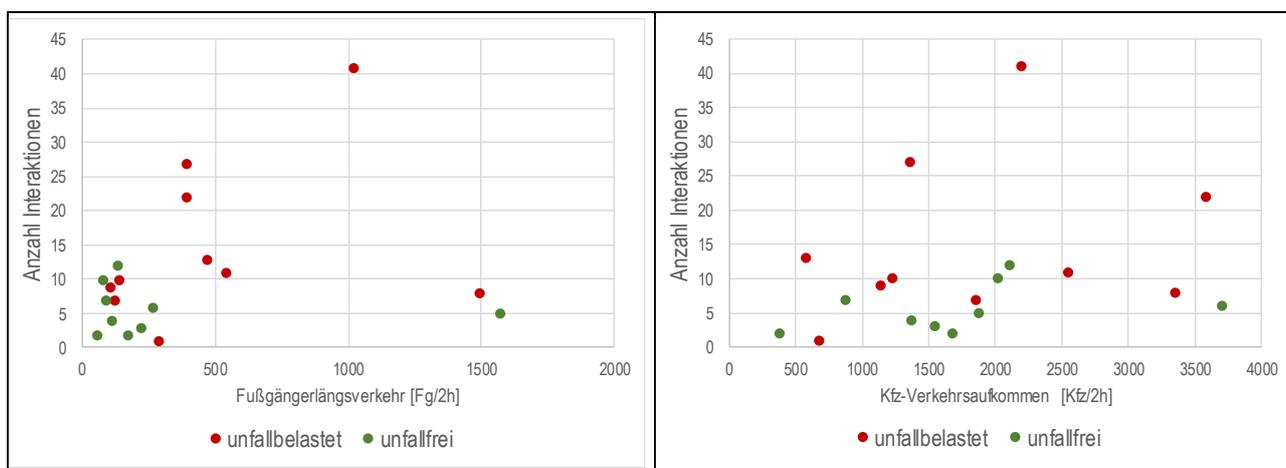


Abbildung 98: Zusammenhang zwischen Fußgängerlängsverkehr (links) bzw. Kfz-Verkehrsaufkommen (rechts) und der Anzahl der Interaktionen.

Es zeigt sich außerdem, dass an Seitenbahnsteigen und Kaphaltestellen für Straßenbahnen mehr als 60 % der Konflikte als normale Verkehrssituation (> 2 s) einzuordnen sind – vgl. Abbildung 99 (rechts). Im Vergleich dazu sind an Bushaltestellen nur 40 % der Konflikte unkritisch einzustufen. Der Unterschied zwischen unfallbelasteten und unfallfreien Haltestellen zeigt sich am deutlichsten bei Bushaltestellen und Seitenbahnsteigen. Weitere Differenzierungen sind aufgrund der kleinen Stichprobe nicht möglich – vgl. Abbildung 122 im Anhang 3.

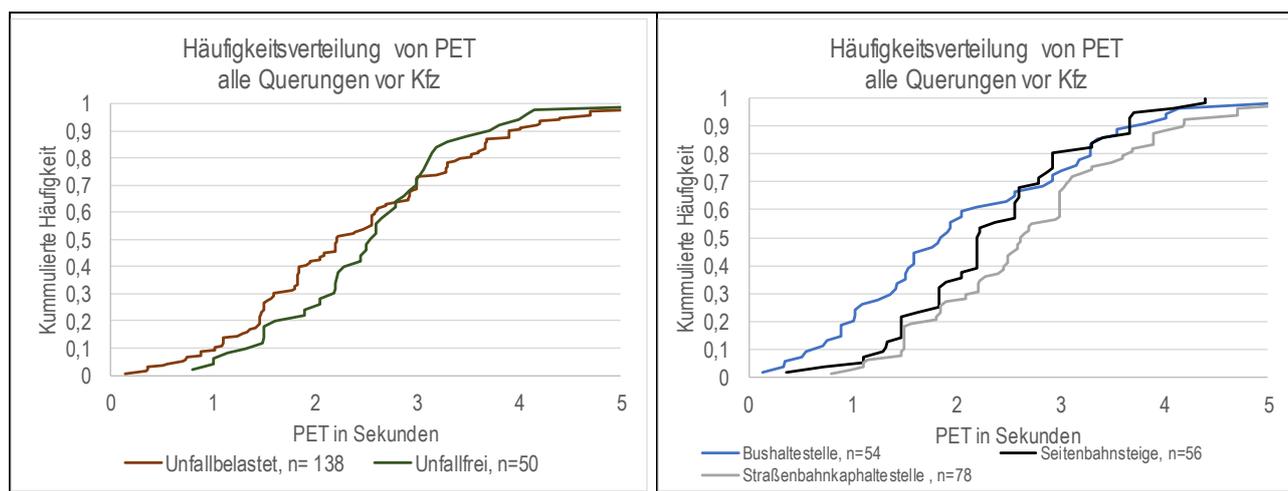


Abbildung 99: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz; Vergleich der Verteilung der PET von unfallbelasteten vs. unfallfreien Haltestellen (Bild links) und verschiedenen Haltestellenformen (Bild rechts)

Die querenden Fußgänger wurden drei Altersgruppen zugeordnet: Kinder und Jugendliche (bis ca. 17 Jahre), Erwachsene (ca. 18-65 Jahre) und Senioren (älter als 65 Jahre). Die Zuordnung zu den Altersgruppen ist auf Grund der eingeschränkten Videoqualität schwierig, sodass nur bei wenigen Konflikten eindeutig Kindern und Senioren erkannt werden konnten. Den größten Anteil an den erhobenen Konflikten zwischen Fußgängern und Kfz stellen erwachsene Fußgänger (167 Konflikte). Konflikte mit Senioren (14 Konflikte) sowie Kindern und Jugendlichen (6 Konflikte) wurden wesentlich seltener erhoben. Ein Vergleich der PET und die Aussagekräftigkeit der Ergebnisse sind auf Grund der kleinen Kollektive stark eingeschränkt, siehe Anhang 3. An einzelnen Stellen fiel auf, dass Senioren, Kinder und Jugendliche länger am Fahrbahnrand warten, um geeignete Lücken im fließenden Verkehr zu finden.

Es deutet sich an, dass Fußgänger die Geschwindigkeiten ihrer potenziellen Konfliktgegner leicht unterschätzen. In Abbildung 100 (links oben) nehmen die PET mit zunehmender Geschwindigkeit der Kfz leicht ab. Aus Abbildung 100 (rechts oben) wird deutlich, dass vor allem Interaktionen von Kfz mit Geschwindigkeiten unterhalb oder gleich 30 km/h größere PET aufweisen.

Kein bzw. ein geringer Zusammenhang lässt sich zwischen den PET und den Querungsgeschwindigkeiten der Fußgänger feststellen (Abbildung 100 in der Mitte). Dies deutet darauf hin, dass kritische Querungsvorgänge nicht bewusst vorgenommen werden (dann wäre tendenziell ein Kompensationsverhalten im Sinne von höheren Querungsgeschwindigkeiten zu erwarten). Dies unterstreicht die erste Feststellung. In die gleiche Richtung deutet der (fehlende) Zusammenhang zwischen den Geschwindigkeiten der querenden Fußgänger und den konfligierenden Kfz (Abbildung 100 unten).

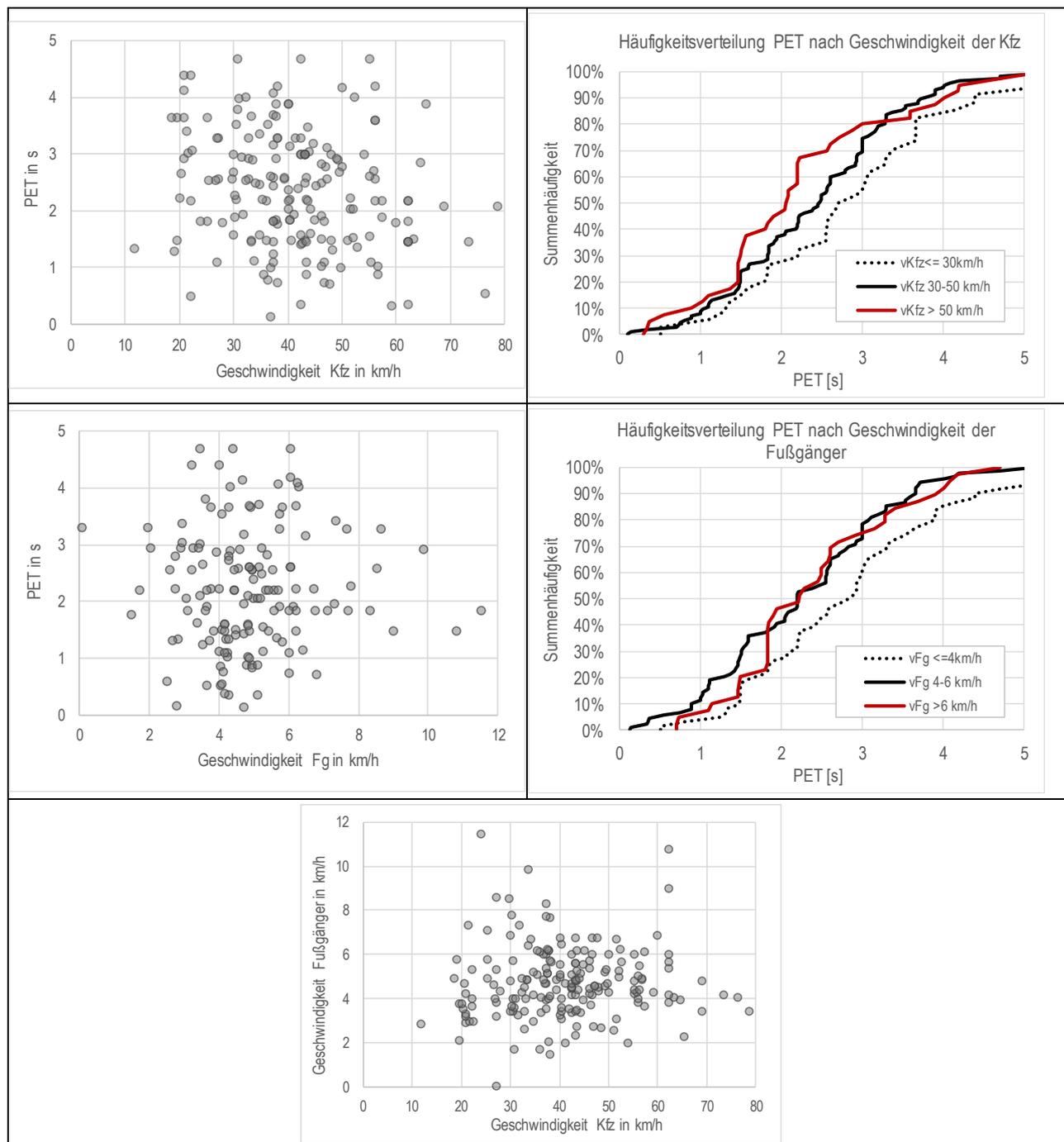


Abbildung 100: Zusammenhänge zwischen den Geschwindigkeiten der Konfliktgegner sowie den PET

In Abbildung 101 sind Unterschiede in den PET bei der Querung unterschiedlicher Fahrbahnen dokumentiert. Es wird dabei zwischen Fahrbahnen mit einem und mehreren Fahrstreifen je Fahrtrichtung unterschieden. Die Ergebnisse deuten an, dass im Vergleich kleinere PETs bei Fahrbahnen mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtungen vorkommen. Dies kann eine Folge der (üblicherweise) höheren Geschwindigkeiten auf solchen Fahrbahnen sein. Unabhängig davon wird verdeutlicht, dass ungesicherte Querungen über Fahrbahnen mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtung als kritischer einzuschätzen sind.

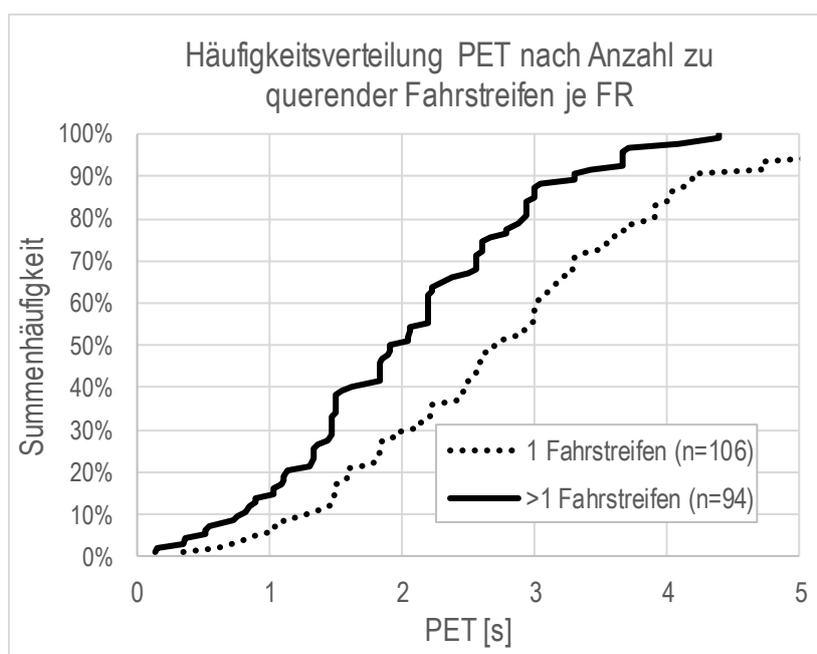


Abbildung 101: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz, Vergleich der Verteilung der PET für unterschiedliche Fahrbahnen (Anzahl zu querender Fahrstreifen je Fahrtrichtung)

Ursprünglich war beabsichtigt, Querungen von

- Fußgängern, die ein öffentliches Verkehrsmittel erreichen wollen,
- Fußgängern, die ein öffentliches Verkehrsmittel verlassen, und
- Fußgängern, die ohne Zusammenhang zum öffentlichen Verkehr die Straße queren

miteinander zu vergleichen. Diese Zuordnung war jedoch vielfach nicht eindeutig möglich, sodass kein Vergleich durchgeführt werden konnte.

5.4 Zusammenfassung

In der multivariaten Betrachtung (Kapitel 4.4) traten Fußgängerüberwege (FGÜ) an Haltestellen in mehreren Modellen mit einem unfallerhöhenden Effekt in Erscheinung. Die Detailanalysen haben jedoch gezeigt, dass sich die Ergebnisse der multikriteriellen Analyse zur Unfallgefahr für Fußgänger an FGÜ an Haltestellen nur bedingt verallgemeinern lassen. Zum einen ist die Anzahl der Haltestellen mit FGÜ gering und zum anderen die Gesamtzahl der dort registrierten Fußgängerunfälle niedrig, wobei die Detailanalysen zudem zeigten, dass ein Großteil dieser Unfälle nicht im Zusammenhang mit dem FGÜ stand. Lediglich an einer Haltestelle waren die FGÜ tatsächlich unfallauffällig, wobei dort die Verkehrssituation durch Unübersichtlichkeit, Sichtverdeckungen und nicht richtlinienkonforme Gestaltung der Verkehrsanlagen Defizite aufwies. Daher wurden Haltestellen mit FGÜ nicht bei den vertiefenden Verhaltens- und Konfliktbeobachtungen berücksichtigt.

Die Detailauswertung zu Alleinunfällen von Radfahrern in Abhängigkeit von der Haltestellenform ergab, dass Fahrbahnhaltestellen ohne dynamische Zeitinsel (Fahrbahn/StVO) und Kaphaltestellen besonders unfallauffällig sind. Dabei ereignen sich bei beiden Haltestellenformen im Mittel nicht nur häufiger, sondern auch anteilmäßig an mehr Haltestellen dieser Formen Alleinunfälle von Radfahrern (für beide Haltestellenformen wurden die geringsten

Anteile hinsichtlich der Haltestellen ohne Alleinunfälle von Radfahrern beobachtet). Das auffällige Unfallgeschehen kann dabei zum einem durch Stürze beim Überfahren der Straßengleise erklärt werden und zum anderen durch Stürze beim Überfahren der Bordsteinkante beim Wechsel von der Fahrbahn in den Seitenraum (oder umgekehrt). Allerdings zeigte sich auch ein gewisser Anteil an von Alleinunfällen freien Haltestellen dieser Formen. Warum das Unfallgeschehen an vergleichbaren Haltestellen zum Teil derart unterschiedlich ausfällt, konnte mit den vorliegenden Informationen zu Infrastruktur und Unfallgeschehen nicht abschließend beantwortet werden, weshalb Haltestellenkaps von Straßenbahnen als Untersuchungsgegenstand für die Verhaltensbeobachtungen und Konfliktanalysen ausgewählt wurden.

Für die Verhaltensbeobachtungen wurden die drei Haltestellenformen Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteigen, Kaphaltestellen von Straßenbahnen und Bushaltestellen auf der freien Strecke ausgewählt. Videobeobachtungen wurden an 41 THS mit Seitenbahnsteigen, 37 THS mit Haltestellenkaps sowie 24 THS bei Bushaltestellen am Fahrbahnrand durchgeführt.

Anhand der Auswertung des Videomaterials für Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteigen konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Der Anteil der Rotlichtverstöße schwankt an den Haltestellen von unter 1 % bis 30 %. Dabei schwankt der Anteil der Rotlichtverstöße nicht nur zwischen den Haltestellen, sondern auch zwischen den verschiedenen Furten einer Haltestelle.
- Der Anteil der Rotlichtverstöße nimmt mit steigendem Kfz-Aufkommen ab, allerdings ist der Zusammenhang nur sehr schwach ausgeprägt. Zum Teil ist die Rotlichtakzeptanz auch bei niedrigem Kfz-Aufkommen hoch, während bei einigen Furten mit hohem Kfz-Aufkommen in erheblichem Maße bei Rot gequert wird.
- Bezüglich der Rotläuferanteile sind keine wesentlichen Unterschiede zwischen unfallbelasteten und unfallfreien Haltestellen erkennbar.
- Da die berücksichtigten Merkmale die Unterschiede in den Rotläuferanteilen nur in geringem Maße erklären können, muss davon ausgegangen werden, dass andere Faktoren – bspw. die LSA-Steuerung oder die Pulkung des Kfz-Verkehrs – einen größeren Einfluss auf die Rotlichtakzeptanz haben als das Verkehrsaufkommen und die Fahrbahnbreite.
- Etwa 1 % aller querenden Fußgänger (entspricht 2,5 % aller Querungen) wurden als Laufeinsteiger klassifiziert. Etwa 80 % aller Laufeinsteiger traten an signalisierten Querungsstellen auf, etwa 20 % an unsignalisierten Querungsstellen. Insgesamt wurden 10 Konflikte von Laufeinsteigern beobachtet, womit die Konfliktrate von Laufeinsteigern gegenüber dem Durchschnitt aller Fußgänger deutlich erhöht ist.
- Die Möglichkeit, aufgrund des Verzichts auf Absperrungen auf der gesamten Länge eines Bahnsteiges zu queren, wurde an zwei Haltestellen in größerem Umfang genutzt. Konflikte wurden dabei keine beobachtet, auf derartige Querungsvorgänge zurückzuführenden Unfälle waren an diesen Haltestellen ebenfalls nicht zu verzeichnen.
- An den signalisierten Furten ist die Zahl der Konflikte an unfallbelasteten HSK deutlich höher als an unfallfreien HSK, die Konfliktrate ist jedoch vergleichbar. An unsignalisierten Querungsstellen ist die Konfliktrate bei unfallfreien HSK höher, wobei dies im Wesentlichen auf eine einzelne Haltestelle mit hoher Konfliktrate zurückzuführen war.

- Erklärungen für die beobachteten Konflikte bilden u. a. das Queren zweistreifiger Fahrbahnen mit Stau auf dem rechten Fahrstreifen (Konflikte auf dem zweiten zu querenden staufreien Fahrstreifen), das Zustauen von Querungsstellen durch den Kfz-Verkehr und das Wiederanfahren während der Freigabezeit von Fußgängern sowie Konflikte zwischen bei Rot querenden Laufeinsteigern und Fahrzeugen im Längsverkehr.
- Seitenbahnsteige erfüllen auch die Funktion einer Querungshilfe. An unsignalisierten Querungsstellen sind im Median der Haltestellen 10 % der querenden Personen keine Fahrgäste, an signalisierten Querungsstellen im Median 21 %. Diese Anteile sind bei intensiver Umfeldnutzung größer als bei geringerer Umfeldnutzung.

Sowohl bei den Haltestellenkaps, wie auch bei den Bushaltestellen am Fahrbahnrand lassen sich kaum Zusammenhänge zwischen Kfz-Aufkommen, Stärke des Fußgängerquerverkehrs und Unfallgeschehen herstellen. Bei den Bushaltestellen konnte festgestellt werden, dass die unfallbelasteten Haltestellen alle mindestens 70 Querungen im Beobachtungszeitraum aufwiesen, während an keiner der unfallfreien Haltestelle mehr als 90 Fußgänger querten.

Bei den vertieften Analysen zeigten sich für Haltestellenkaps und Bushaltestellen folgende Ergebnisse:

- Die Akzeptanz einer Querungshilfe (repräsentiert durch den Anteil aller Querenden, die die Querungshilfe nutzen) nimmt mit zunehmendem Abstand der Querungshilfe zur Haltestelle ab. Sofern an den Haltestellen Querungshilfen existieren, waren dies im Untersuchungskollektiv an Haltestellenkaps durchgehend LSA, an Bushaltestellen in sieben Fällen LSA, in zwei Fällen FGÜ sowie in vier Fällen Mittelinseln oder -streifen.
- Bei Straßenbahnhaltestellen wurde ab etwa 20 bis 25 m Abstand eine deutlich niedrigere Akzeptanz (i.d.R. von unter 40 %) festgestellt. Bei Bushaltestellen existiert (bei einer geringen Anzahl an Haltestellen) keine derartige Grenze, eine Abnahme der Akzeptanz mit zunehmender Entfernung trat allerdings auch hier auf.
- Die Akzeptanz von Querungshilfen nimmt sowohl bei den Haltestellenkaps wie auch den Bushaltestellen mit sinkendem Kfz-Aufkommen ab. Bei niedrigem Kfz-Aufkommen wird also seltener gesichert gequert als bei hohem Kfz-Aufkommen.
- Ein direkter Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Unfallauffälligkeit war bei Haltestellenkaps und Bushaltestellen nicht festzustellen. So existieren sowohl unfallfreie Haltestellen mit höherem Kfz-Aufkommen und niedriger Akzeptanz der LSA, wie auch unfallbelastete Haltestellen mit niedrigem Kfz-Aufkommen und (infolge eines geringen Abstandes zwischen LSA und Halteposition) hoher Akzeptanz.
- An drei unfallauffälligen Haltestellen, welche trotz geringer Absetzung der Querungsstelle eine geringe Akzeptanz aufwiesen, besteht aufgrund der Lage der Haltestellen in Stadtteilzentren bzw. in Bereichen mit Einzelhandel offensichtlich linienhafter Querungsbedarf. Zudem war dort Querungsbedarf zu erkennen, für den die jeweilige F-LSA deutlich außerhalb der direkten Gehrichtung liegt (z. B. am von der LSA abgewandten Ende der Teilhaltestellen).

Zu den Querungen direkt vor oder hinter einem haltenden ÖV-Fahrzeug lassen sich folgende Erkenntnisse festhalten:

- An Haltestellenkaps wurden insgesamt 54 Fußgänger beobachtet, die direkt vor dem haltenden ÖV-Fahrzeug querten, 76 querten direkt dahinter. An Bushaltestellen querten insgesamt 26 Fußgänger vor und 136 Fußgänger hinter einem haltenden Bus. Der überwiegende Teil dieser Querungen geht auf Aussteiger zurück, Einsteiger wählten nur vereinzelt diesen Querungsort.
- An den Bushaltestellen entfielen fast alle derartige Querungen auf zwei (jeweils unfallbelastete) Haltestellen. An den Haltestellenkaps verteilen sich die Querungen vor und hinter dem ÖV-Fahrzeug ähnlich auf unfallbelastete und unfallfreie Haltestellen, die Anteile dieser Querungen an allen Querungen wie auch an allen querenden Fahrgästen sind aggregiert über unfallfreie bzw. unfallbelastete Haltestellen gleich.

Zusammenfassend lässt sich daraus ableiten, dass das Queren unmittelbar vor oder hinter ÖV-Fahrzeugen verhältnismäßig selten auftritt und nicht pauschal als sicherheitskritisch eingeordnet werden kann.

An Haltestellenkaps mit LSA querten im Mittel 7 % der Fußgänger bei Rot, an Bushaltestellen 11,3 %. Sowohl bei Kap-, wie auch bei Bushaltestellen war unabhängig vom Kfz-Aufkommen die Akzeptanz der Signalisierung bei KP-LSA besser als an F-LSA. Bei beiden Haltestellentypen liegen die Rotläuferanteil an unfallfreien Haltestellen im Mittel etwas niedriger als an unfallbelasteten Haltestellen.

Wie bereits bei den Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteig queren auch an Kap- und Bushaltestellen viele Fußgänger, die keinen Bezug zum ÖV haben, wobei hier der Anteil an allen Querungen deutlich höher ist. Dabei ist an den Bushaltestellen der Anteil der Fahrgäste am gesamten Querverkehr mit 24 % noch etwas geringer als an Haltestellenkaps mit 32 %. An jeweils vier Haltestellenkaps und Bushaltestellen liegt der Anteil der Fahrgäste an allen Querungen bei unter 10 %. Nur bei vier Haltestellenkaps sowie zwei Bushaltestellen geht die Mehrheit der Querungen auf Fahrgäste zurück.

Laufeinsteiger wurden an mehreren Kap- und einzelnen Bushaltestellen beobachtet. Nur an zwei Haltestellen wurden mehr als 10 Laufeinsteiger registriert, wobei deren Verhalten auf ein riskanteres Verhalten dieser Gruppe hinweist.

Die für Haltestellenkaps separate durchgeführte Erhebung des Verhaltens der Radfahrer zeigte, dass die Flächenwahl an den Haltestellen überwiegend beibehalten wird. Von den Radfahrern, die bei Annäherung an die Haltestellen die Fahrbahn nutzten, wechselten aggregiert über alle Haltestellen 21 % in den Seitenraum, wovon wiederum 80 % nach der Haltestelle erneut auf die Fahrbahn wechselten. Im Bereich der Haltestelle nutzen 60 % der Radfahrer den Seitenraum, 40 % die Fahrbahn. Ein eindeutiges Ergebnis bzgl. des Verhaltens der Radfahrer an hinsichtlich der Alleinunfälle unfallfreien und unfallauffälligen Haltestellen konnte nicht festgestellt werden.

Bei den Geschwindigkeitsmessungen an Haltestellenkaps sowie Bushaltestellen zeigten sich kaum Unterschiede zwischen den Haltestellentypen. An Haltestellen mit LSA wurden höhere Geschwindigkeiten ermittelt als an Haltestellen ohne LSA, wobei dieser Effekt an Bushaltestellen mit im Mittel 8,3 km/h deutlicher, an Haltestellenkaps mit im Mittel 2,2 km/h dagegen schwächer ausgeprägt war. Die gemessenen Geschwindigkeiten an unfallbelasteten Bushaltestellen lagen über den Geschwindigkeiten an unfallfreien Bushaltestellen (Differenz im Mittel 3,7 km/h). An den Kaphaltestellen trat dieser Effekt kaum auf (Differenz im Mittel 0,5 km/h).

Im Rahmen der Videoerhebungen wurden Konflikte im Seitenraum (zwischen Fußgängern und Radfahrern) erfasst, wobei die Bewertung der Situation nur subjektiv und nicht anhand objektiver Konfliktmaße erfolgte. An Haltestellenkaps wurden drei, an Bushaltestellen 10 Konflikte registriert. Alle diese Konflikte ereigneten sich an Haltestellen mit Radverkehrsführung im Seitenraum. Zu den infrastrukturellen Ursachen gehörten u. a. Haltestellen ohne separate Wartefläche auf gemeinsamen Geh- und Radwegen sowie Radwege an Bushaltestellen, deren Abstand zum Bussteig zwar verhinderte, dass Aussteiger unmittelbar den Radweg betreten, jedoch nicht ausreichte, um die Funktion einer eigenständigen Wartefläche zu übernehmen.

Die Konfliktanalyse von Interaktionen anhand der Geschwindigkeiten der Konfliktgegner und der Konfliktkenngroße PET hat an Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteigen und Bushaltestellen auf der freien Strecke zu folgenden Ergebnissen geführt:

- Querende Fußgänger wählen tendenziell kleinere Zeitlücken für die Querung vor Radfahrern als Konfliktgegnern aus. Hintergründe könnten sein, dass Radfahrer weniger häufig wahrgenommen werden oder, aufgrund der kleineren Konfliktfläche und den Ausweichmöglichkeiten, die Fußgänger den Radverkehr als weniger gefährlich einstufen.
- Unfallbelastete Haltestellen weisen auch mehr kleinere bzw. kritischere PETs bei Fußgängerquerungen auf. Inwiefern dies mit dem Verkehrsaufkommen im Kfz- und Fußgängerquerverkehr zusammenhängt, kann aktuell noch nicht beantwortet werden.
- Die analysierten Bushaltestellen weisen erhöhte Anteile kleiner PET im Vergleich zu den Straßenbahnhaltestellen auf. Woran das liegt, kann aktuell noch nicht abschließend beurteilt werden.
- Fußgänger nehmen bei höheren Geschwindigkeiten und auch mehr als einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung tendenziell kleinere Zeitlücken für die Querung im Fahrzeugstrom an. Das verdeutlicht das Problem von Fußgängern Geschwindigkeiten – vor allem oberhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h – zuverlässig einzuschätzen.

6 Zusammenfassung und Empfehlungen

Das Ziel dieses Forschungsprojektes war die Untersuchung die Sicherheit an innerörtlichen Bus- und Straßenbahnhaltestellen. Dazu sollten einerseits Vergleiche zwischen verschiedenen Typen von Haltestellen vollzogen, andererseits sicherheitsrelevante Gestaltungsmerkmale je Haltestellentyp ermittelt werden.

Im Rahmen der Basisanalyse auf Grundlage von Unfalldaten des Statistischen Bundesamtes für 10 Jahre wurden Kriterien für die räumliche Abgrenzung von Straßenbahn- und Bushaltestellen an Knotenpunkten und auf der freien Strecke abgeleitet. Dabei wurden die Hauptverkehrsstraßen in Sachsen und Sachsen-Anhalt in Abschnitte differenziert. Die Bestimmung der Länge von Haltestellen- sowie Annäherungsbereichen erfolgte anhand des Anteils der Unfälle mit Haltestellen-Merkmal in der Unfallanzeige. Auf Grundlage dieser Längen wurde den Haltestellen das jeweilige Unfallgeschehen zugewiesen.

In die nachfolgende makroskopische Analyse wurden Busbuchten, Kaphaltestellen und Haltestellen am Fahrbahnrand jeweils für Busse und für Straßenbahnen, Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel, Haltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteigen und Mittelbahnsteigen sowie Haltestellen mit Seitenbahnsteigen an separaten ÖV-Trassen einbezogen. Insgesamt wurden in der makroskopischen Analyse rund 2.000 Teilhaltestellen in 6 deutschen Großstädten berücksichtigt. Je Teilhaltestelle erfolgte die Erfassung verkehrlicher und infrastruktureller Merkmale (bspw. Verkehrsaufkommen, Straßenquerschnitt, Umfeldnutzung), die die Einordnung hinsichtlich der Umfeldnutzung, des Straßenraumes sowie des Verkehrsaufkommens ermöglichen. GIS-basiert wurde das Unfallgeschehen von 2011 bis 2015 den Teilhaltestellen zugeordnet, ausgewertet und mit den erhobenen Merkmalen der Haltestellen in Beziehung gesetzt. Auswertungen in der makroskopischen Analyse basierten überwiegend auf Unfalldichten und Unfallkostenraten. Dabei wurde sich auf Unfälle der Typen 1, 4, 6 und 7 fokussiert, da vor allem bei diesen Unfalltypen ein Bezug zur Haltestellensituation plausibel ist. Ergänzend erfolgten multikriterielle Analysen zur Validierung und statistischen Absicherung der Ergebnisse.

Darauf aufbauend wurden die drei Haltestellentypen Mittellage mit Seitenbahnsteigen, Kaphaltestellen für Straßenbahnen sowie Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke für Detailuntersuchungen ausgewählt. Für diese drei Haltestellentypen erfolgten Verhaltensbeobachtungen mittels Videoaufnahmen von je zwei Stunden an insgesamt 102 Teilhaltestellen. Dabei wurde neben der Zählung des Verkehrsaufkommens für alle Verkehrsarten im Quer- und Längsverkehr auch die Erfassung von Konflikten sowie potentiell sicherheitsrelevanten Verhaltensweisen (z.B. Laufeinsteiger, Geschwindigkeit von Kfz) vorgenommen. Abschließend wurden Konfliktanalysen für Interaktionen an 25 Teilhaltestellen durchgeführt.

Die Daten zum Unfallgeschehen je Haltestellentyp sind in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 35: Überblick über die Unfalldaten an den Haltestellentypen

Haltestellenform	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfall-schwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/(10 ⁶ ·Kfz·km)]
alle U(P,SS)					
Busbuchten	82	1,95	66.300	50.300	39,21
Kaphaltestellen für Busse	30	1,17	31.900	27.300	42,18
Haltestellen am Fahrbahnrand für Busse	425	1,73	52.000	31.000	41,84
Haltestellen am Fahrbahnrand für Straßenbahnen	31	2,39	106.300	43.200	104,05
Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel	162	4,35	164.600	35.700	94,04
Kaphaltestellen für Straßenbahnen	32	2,81	128.700	52.200	109,53
Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage	230	6,14	234.100	41.300	66,61
Haltestellen mit Seitenbahnsteigen an separaten ÖV-Trassen	41	2,17	75.000	51.800	45,20
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7					
Busbuchten	82	1,21	39.200	51.200	27,01
Kaphaltestellen für Busse	30	0,57	23.100	36.500	25,10
Haltestellen am Fahrbahnrand für Busse	425	0,98	32.300	33.600	20,73
Haltestellen am Fahrbahnrand für Straßenbahnen	31	1,48	83.500	54.4000	80,57
Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel	162	2,67	104.500	38.500	59,09
Kaphaltestellen für Straßenbahnen	32	2,25	106.700	50.800	90,85
Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage	230	3,67	157.000	46.300	45,71
Haltestellen mit Seitenbahnsteigen an separaten ÖV-Trassen	41	1,54	51.300	53.800	30,45

Mit zunehmendem Fahrgastaufkommen sowie auch mit zunehmendem Fußgängeraufkommen steigen sowohl die mittlere Unfallkostenrate, wie auch die mittlere Unfalldichte. Dabei wird das Fußgängerunfallgeschehen in relevantem Umfang von nicht-haltestellenbezogenen Querungen beeinflusst. Bei allen in der Verhaltensbeobachtung untersuchten Haltestellentypen machen Querungen von Fußgängern ohne Bezug zur Haltestelle einen nennenswerten Anteil aus: An Bushaltestellen am Fahrbahnrand sowie Kaphaltestellen für Straßenbahnen waren über zwei Drittel aller Querungsvorgänge nicht auf Fahrgäste zurückzuführen, an Haltestellen mit Seitenbahnsteigen (bei absolut deutlich mehr Querungen) im Median 10 %.

Nicht bestätigt werden kann das höhere Unfallrisiko überbreiter Fahrsteifen (Möglichkeit des Überholens haltender ÖV-Fahrzeuge), wie sie in bisherigen Untersuchungen auftrat. Auch weisen Busbuchten im Mittel ein höheres Sicherheitsniveau auf als Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen für Busse. Die Zulässigkeit von Parken im Haltestellenbereich (möglich bei

Mittel- und Seitenbahnsteigen sowie separaten ÖV-Trassen) hat einen negativen Einfluss auf das Sicherheitsniveau des Fußverkehrs.

Haltestellen auf der freien Strecke sind auffällig bzgl. Überschreiten-Unfällen (höchste $UKR_{U(P, SS)}$), während die gesamte $UKR_{U(P, SS)}$ bei diesen Haltestellen am niedrigsten ist. V. a. Anschlussknotenpunkte im Haltestellenkomplex haben einen signifikant unfallbegünstigenden Effekt.

An Kaphaltestellen für Straßenbahnen ist die hohe $UKR_{U(P, SS)}$ von Fahrnfällen, v. a. von Alleinunfällen von Radfahrern, auffällig. In geringerem Umfang gilt dies auch für Fahrbahnhaltestellen ohne dynamische Zeitinsel. Die Detailanalyse der Unfälle zeigt, dass dies häufig auf Stürze infolge des Überfahrens der Gleise und zum Teil auch des Bordsteins zurückzuführen ist. Dabei ist die hohe $UKR_{U(P, SS)}$ vor allem auf wenige, stark unfallbelastete Haltestellen zurückzuführen, es ereignen sich allerdings auch anteilig an mehr Haltestellen derartige Unfälle. Im Rahmen der Verhaltensbeobachtung wurden knapp 2.000 Radfahrer hinsichtlich ihrer Flächenwahl an Kaphaltestellen für Straßenbahnen erfasst. Dabei hielten die meisten Radfahrer ihre Flächenwahl bei. Rund 60% der Radfahrer fuhrten im Bereich der Haltestelle im Seitenraum, 40% auf der Fahrbahn. 21% der vor der Haltestelle die Fahrbahn nutzenden Radfahrer wechselten an der Haltestelle in den Seitenraum, wovon wiederum 80% nach der Haltestelle zurück auf die Fahrbahn wechselten. Ein Zusammenhang zwischen der Flächenwahl und der daraus resultierenden Zahl der Gleis- und Bordüberfahrten einerseits und dem Auftreten von Alleinunfällen an den Haltestellen andererseits konnte nicht festgestellt werden.

Bzgl. der Führung des Radverkehrs an Kaphaltestellen von Straßenbahnen besteht weiterer Forschungsbedarf zu den Fragen, inwiefern sich durch angehobene Radfahrbahnen (neue) Konflikte oder Unfälle zwischen Radfahrern und Fahrgästen ergeben sowie welche gestalterischen Elemente dieses Konfliktpotential reduzieren können.

Bei den in den Verhaltensbeobachtungen untersuchten Haltestellenformen Bushaltestelle am Fahrbahnrand sowie Kaphaltestellen für Straßenbahnen war eine abnehmende Akzeptanz der Querungshilfe bei zunehmendem Abstand der Querungshilfe zur Halteposition des ÖV-Fahrzeugs zu beobachten. Ein direkter Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Unfallgeschehen existiert bei den beobachteten Haltestellen nicht.

In bisherigen Untersuchungen wurde u.a. das Queren im Sichtschatten – direkt vor oder hinter dem haltenden Fahrzeug – als sicherheitskritisch beschrieben. Im Rahmen der Verhaltensbeobachtungen konnte dies nicht bestätigt werden, das Verhalten trat nur an wenigen Haltestellen sowie nur in geringer Zahl auf und stand weder im Zusammenhang mit Konflikten, noch mit dem Unfallgeschehen an den jeweiligen Haltestellen. Die ebenfalls in der Literatur beschriebene Konfliktauffälligkeit von Laufeinsteigern bestätigte sich dagegen: Die in der Detailanalyse beobachteten Laufeinsteiger wiesen eine höhere Konfliktrate auf und verhielten sich (z.B. bzgl. Rotlichtverstößen) risikofreudiger.

Die Konfliktraten an signalisierten und unsignalisierten Zugängen von Haltestellen mit Seitenbahnsteigen sind vergleichbar. Ein Zusammenhang zwischen Rotläuferanteilen und Unfallgeschehen konnte nicht festgestellt werden. Grundsätzlich ist von einer stärkeren Beeinflussung der Rotlichtakzeptanz seitens der Fußgänger durch die LSA-Steuerung und Pulkung des Kfz-Verkehrs als durch das Verkehrsaufkommen und die Fahrbahnbreite auszugehen.

Beobachtete Konflikte an Haltestellen mit Seitenbahnteigen waren u.a. auf Querungen bei Rot durch gestaute Kfz, Abfluss gestauter Kfz bei Grün für Fußgänger, Laufeinsteiger und sonstige Rotlichtverstöße von Fußgängern zurückzuführen. An den Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke waren wiederholt Konflikte zwischen Fahrgästen und Radfahrern im Seitenraum zu beobachten, v.a. bei Warteflächen auf gemeinsamen Geh- und Radwegen sowie Radwegen hinter unzureichenden Warteflächen

Die Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse des Forschungsprojekts, die typischen Problemlagen je Haltestellentyp sowie die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen sind als Faktenblätter im Anhang 4 dargestellt. Im Folgenden werden die zentralen Problemlagen sowie die zugehörigen Maßnahmen und Empfehlungen je Haltestellentyp aufgeführt, wobei einige Problemlagen bei mehreren Haltestellentypen auftreten.

6.1 Problemlagen und Empfehlungen für Bushaltestellen

Busbuchten

Problemlage 1: Auffahrunfälle: Die Verkehrsart MIV dominiert bei den Hauptverursachern (71 %) und bei den weiteren Unfallbeteiligten (82 %), wobei knapp 50 % des Unfallgeschehens aus Auffahrunfällen resultiert.

Empfehlung 1: Überprüfung der Erkennbarkeit der Haltestellensituation für die rechtzeitige Wahrnehmung wiederanfahrender Busse auch für im Pulk fahrende Kraftfahrzeuge

Maßnahme 1: Prüfung der Einrichtung partieller ÖV-Sonderfahrstreifen bei Busbuchten vor LSA-Knoten zur Vermeidung von Auffahrunfällen beim Wiedereinfädeln

Kaphaltestellen für Busse

Problemlage 2: Überschreiten-Unfälle: Die UKR resultiert zum Großteil aus Überschreiten-Unfällen (73 %), wobei der MIV als Hauptverursacher dominiert (55 % der UKR) und Fußgänger mehrheitlich als 2. Beteiligte auftreten (51 % der UKR).

Maßnahme 2: Prüfung der Anordnung von Querungshilfen (F-LSA, Mittelinsel, FGÜ) zur Verbesserung der Verkehrssicherheit querender Fußgänger/Fahrgäste im Haltestellenbereich, diese sollten für eine hohe Akzeptanz nicht weiter als 20 m von der Halteposition des Busses abgerückt sein.

Haltestellen am Fahrbahnrand für Busse

Problemlage 2: Überschreiten-Unfälle: Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke haben insgesamt die niedrigste Gesamt-UKR_{U(P, SS)}, allerdings die höchste UKR_{U(P, SS)} der Überschreiten-Unfälle.

Aus den Detailanalysen ergeben sich für Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke niedrige Aufkommen im Querverkehr (max. 50 Fußgänger/h bzw. maximal 10 Fahrgäste/h), wobei der überwiegende Anteil der Querungen (76 %) nicht im Zusammenhang mit dem ÖV steht. Unfallfreie Haltestellen weisen eine größere Spannweite bei geringen Belastungen an Fußgängern auf (0 bis 45 Fg/h), während unfallbelastete Hal-

testelle mehr als 35 Fg/h aufweisen, dort kam es auch zu mehr Interaktionen zwischen Fußgängern und Kfz-Führern. An unfallbelasteten Haltestellen liegt zumeist ein mittleres bis hohes Kfz-Aufkommen von 850 bis 1250 Kfz/h vor. Die Akzeptanz von Querungshilfen nimmt mit zunehmender Entfernung ab, dabei war kein Zusammenhang zwischen Akzeptanz der Querungshilfe und dem Unfallgeschehen feststellbar.

- Empfehlung 2a: Überprüfung der Sichtbeziehungen zwischen Fahrzeugverkehr und querenden Fußgängern.
- Empfehlung 2b: Bei höheren Fußverkehrsstärken im Querverkehr (ab 35 Fg/h) sollte unabhängig vom Fahrgastaufkommen die Einrichtung von Querungshilfen geprüft werden.
- Maßnahme 2: Anlage von Querungshilfen (z.B. LSA, Mittelinseln, FGÜ) möglichst in Gehrichtung der Fußgänger und mit geringem Abstand zwischen Querungshilfe und Halteposition der ÖV-Fahrzeuge, dabei sind ggf. auch nicht haltestellenbezogene Querungen zu berücksichtigen.
- Problemlage 3: Konflikte Fahrgäste und Radfahrer: Zwischen aussteigenden Fahrgästen und Radfahrern steigt das Risiko für Konflikte bei beengten Platzverhältnissen und Führung des Radverkehrs im Seitenraum.
- Empfehlung 3: Sicherstellung ausreichender Flächen für den Radverkehr (Vermeidung gemeinsamer Geh- und Radwege sowie von Radwegen hinter zu schmalen Warteflächen)
- Maßnahme 3: Führung des Radverkehrs möglichst auf Fahrbahnniveau (Radfahrstreifen, Mischverkehr mit und ohne Schutzstreifen)

6.2 Problemlagen und Empfehlungen für Straßenbahnhaltestellen

Haltestellen am Fahrbahnrand für Straßenbahnen

- Problemlage 4: Überschreiten-Unfälle: Über zwei Drittel des Unfallrisikos resultiert aus Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern als Hauptverursacher, wobei die von Fußgängern verursachten Unfälle dominieren. Zum Teil werden diese durch eine geringe Akzeptanz von Querungsstellen aufgrund deren Abrückung von der Haltestelle begünstigt.
- Empfehlung 4: Überprüfung der Sichtbeziehungen zwischen Fahrzeugverkehr und querenden Fußgängern.
- Bei höheren Fußverkehrsstärken im Querverkehr (ab 35 Fg/h) sollte unabhängig vom Fahrgastaufkommen die Einrichtung von Querungshilfen geprüft werden.
- Maßnahme 4: Anlage von Querungshilfen (z.B. LSA, Mittelinseln, FGÜ) möglichst in Gehrichtung der Fußgänger und mit geringem Abstand zwischen Querungshilfe und Halteposition der ÖV-Fahrzeuge (Vermeidung von Abständen über 20 m). Dabei sind ggf. auch nicht haltestellenbezogene Querungen zu berücksichtigen. Bei linienhaftem Querungsbedarf sollten linienhafte Maßnahmen zur Sicherung der Querungen geprüft werden (z.B. Reduktion der Geschwindigkeit, Einbau von Mittelstreifen).

Maßnahme 6: (abgeleitet aus den Problemlagen bzw. Beobachtungsergebnissen für Kaphaltestellen der Straßenbahn sowie Bushaltestellen am Fahrbahnrand): Führung des Radverkehrs außerhalb des Gleisbereichs bei gleichzeitiger Prüfung möglicher Konflikte zwischen Radfahrern und Fußgängern (z.B. angehobene Radfahrbahn mit Führung des Radverkehrs am Bord vor dem Wartebereich, wobei eine Gestaltung zu wählen ist, die keinen Vorrang von Radfahrern vor Ein- und Aussteigern suggeriert); zugleich Sicherstellung ausreichender Flächen für den Radverkehr (Vermeidung gemeinsamer Geh- und Radwege sowie von Radwegen hinter zu schmalen Warteflächen)

Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel

Problemlage 5: Fehlende Zeitinsel: Die UKR bei Haltestellen mit Zeitinsel liegt um etwa 25 % niedriger als bei Haltestellen ohne Zeitinsel. Die UKR der Überschreiten-Unfälle an Haltestellen mit Zeitinsel ist nur halb so groß wie an Haltestellen ohne Zeitinsel, ursächlich dafür sind u.a. auch Unfälle zwischen Kfz und ein- oder aussteigenden Fahrgästen.

Bei Haltestellen ohne Zeitinsel sind Kollisionen mit Fußgängern das maßgebende Sicherheitsproblem; der größte Teil der UKR resultiert aus Unfällen mit Fußgängern als 2. Beteiligter (55 %).

Maßnahme 5: Einsatz von Zeitinseln als Regellösung zur Sicherung des Fahrgastwechsels.

Problemlage 6: Auffahrunfälle an Haltestellen mit Zeitinsel: Auffahrunfälle bilden einen relevanten Teil des Unfallgeschehens (23 % der UR).

Empfehlung 6: Besonderes Augenmerk auf die rechtzeitige Sichtbarkeit der Signalgeber legen, insbesondere auch für im Pulk fahrende Kfz.

Problemlage 7: Fahrunfälle: Die UKR der Fahrunfälle ist an Haltestellen mit Zeitinsel etwas höher als an Haltestellen ohne Zeitinsel.

Empfehlung 7: Erkennbarkeit der Haltestellensituation (z. B. durch Poller mit Leitbake Z 605 StVO am Beginn der Haltestelle) sicherstellen.

Kaphaltestellen für Straßenbahnen

Problemlage 8: Überschreiten-Unfälle: Entgegen den Erkenntnissen bisheriger Untersuchungen resultiert 67 % der UKR aus Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern als Hauptverursacher. Dabei stellen Kollisionen mit Fußgängern (Unfallart 6) das maßgebende Sicherheitsproblem dar (49 % der UKR). 22 % der UKR bilden durch den MIV verursachte Unfälle mit Fußgängerbeteiligung.

Ergebnisse der Detailanalysen: Sinkende Akzeptanz signalisierter Querungshilfen durch Fußgänger bei Entfernungen von über 20 m (bezogen auf den Abstand zwischen Querungshilfe und ÖV-Fahrzeugfront bzw. -heck). Dabei können bereits geringe Unterschiede in der Lage einer LSA in Relation zur Gehrung der Fußgänger einen deutlichen Einfluss auf

die Nutzung der LSA haben. Bei linienhaftem Querungsbedarf ist die Akzeptanz signalisierter Querungshilfen durchgehend gering.

Maßnahme 8a: Anlage von Querungshilfen (z.B. LSA) möglichst in Gehrichtung der Fußgänger, dabei sind die nicht-haltestellenbezogenen Querungen zu berücksichtigen. Vermeidung von Abständen über 20 m zwischen Querungshilfe und Halteposition der ÖV-Fahrzeuge.

Maßnahme 8b: Bei linienhaftem Querungsbedarf sollten linienhafte Maßnahmen zur Sicherung der Querungen geprüft werden (z.B. Reduktion der Geschwindigkeit, Einbau von Mittelstreifen).

Problemlage 9: Alleinunfälle von Radfahrern: Entgegen den Erkenntnissen der Literatur resultiert 67 % der UKR aus Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern als Hauptverursacher, wobei Alleinunfälle von Radfahrern die hohe UKR maßgeblich beeinflussen. Bei diesen Unfällen handelt es sich häufig um Stürze infolge des Überfahrens der Gleise bzw. vereinzelt auch des Bordsteins.

Zur Flächenwahl der Radfahrer war im Rahmen der Detailanalyse festzustellen:

- 50 % der Radfahrer fahren bereits bei Annäherung an die Haltestelle im Seitenraum (auf für den Radverkehr freigegebenen Gehwegen)
- 60 % der Radfahrer fahren im Haltestellenbereich im Seitenraum (d.h. 10 % der Radfahrer wechseln von der Fahrbahn in den Seitenraum)
- 40 % der Radfahrer fahren im Haltestellenbereich auf der Fahrbahn, davon überfahren die meisten vor oder hinter der Haltestelle die Gleise (87 %)
- Es ist kein Zusammenhang zwischen der Fahrlinie der Radfahrer bzw. der Anzahl an Gleis- und Bordüberfahrten und dem Unfallgeschehen nachweisbar

Maßnahme 9: Führung des Radverkehrs außerhalb des Gleisbereichs bei gleichzeitiger Prüfung möglicher Konflikte zwischen Radfahrern und Fußgängern (z.B. angehobene Radfahrbahn mit Führung des Radverkehrs am Bord vor dem Wartebereich, wobei eine Gestaltung zu wählen ist, die keinen Vorrang von Radfahrern vor Ein- und Aussteigern suggeriert).

Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage

Problemlage 10: Überschreiten-Unfälle im Gleisbereich: Diese in früheren Untersuchungen beschriebene Problematik kann nicht bestätigt werden, womöglich ist dies auf eine mittlerweile verbesserte Signalisierung der Querungsstellen zurückzuführen.

Empfehlung 10: Bzgl. der Querung besonderer Bahnkörper ist auf eine möglichst plausible Signalisierung (der Gleisanlagen) zu achten (z. B. Vermeidung langer Sperrzeiten vor und nach Durchfahrt einer Straßenbahn).

Problemlage 11: Überschreiten-Unfälle: Unfallbegünstigender Einfluss der Überschreiten-Unfälle infolge von Sichtbehinderungen durch parkende Kfz.

Maßnahme 11: Prüfung des Verzichts auf Parkstände an unsignalisierten Querungsstellen und verkehrsorganisatorische oder bauliche Maßnahmen zur Verhinderung des Falschparkens.

Problemlage 12: Überschreiten-Unfälle: Unfallbegünstigender Einfluss durch Querungen von Laufeinsteigern und Rotlichtverstöße von Fußgängern, u.U. verstärkt durch ungünstige Signalisierung für Fußgänger.

Maßnahme 12: Nach Möglichkeit abgestimmte Signalisierung der Fußgängerfurten mit einfahrenden ÖV-Fahrzeugen zur Verhinderung von Unfällen mit Laufeinsteigern bzw. Rotläufern.

Problemlage 13: Überstauung von Querungsstellen: Konflikte bei Querung von Fußgängern durch Rückstau, vor allem mit Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen sowie beim Wiederauffahren gestauter Kfz bei Grün für Fußgänger.

Empfehlung 13: Verhinderung der Überstauung von Fußgängerfurten z.B. durch abgestimmte Signalisierung, Stauraumüberwachung mit frühzeitiger Sperrung der Kfz-Ströme an der betreffenden Furt.

Problemlage 14: Auffahrunfälle: Auffahrunfälle verursachen einen relevanten Teil des Unfallgeschehens (28 % der UR)

Empfehlung 14: Sicherstellung der rechtzeitigen Sichtbarkeit der Signalgeber, insbesondere auch für im Pulk fahrende Kfz und zugleich auch Sicherstellung eines angepassten Geschwindigkeitsniveaus.

Haltestellen mit Seitenbahnsteigen an separaten ÖV-Trassen

Problemlage 11: Überschreiten-Unfälle: 60 % der UKR resultiert aus Überschreiten-Unfällen. Haltestellen mit parkenden Kfz weisen eine höhere UKR für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung auf.

Maßnahme 11: Prüfung des Verzichts auf Parkstände an unsignalisierten Querungsstellen und verkehrsorganisatorische oder bauliche Maßnahmen zur Verhinderung des Falschparkens.

Problemlage 10: Überschreiten-Unfälle im Gleisbereich: indirekt abgeleitet aus den Ergebnissen bei Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage.

Empfehlung 10: Bzgl. der Querung besonderer Bahnkörper ist auf eine möglichst plausible Signalisierung (der Gleisanlagen) zu achten (z. B. Vermeidung langer Sperrzeiten vor und nach Durchfahrt einer Straßenbahn)

Weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit an Haltestellen

Neben den typspezifischen Empfehlungen können folgende Maßnahmen die Sicherheit an Haltestellen des ÖV allgemein verbessern:

- Ergänzung bzw. Anpassung der bisher primär auf ÖV-Beschleunigung ausgelegten Förderrichtlinien, so dass auch Umbaumaßnahmen, die allein der Verbesserung der Verkehrssicherheit dienen, analog zu Maßnahmen der ÖV-Beschleunigung gefördert werden können.

- Förderung des Einsatzes des Sicherheitsaudits als verbindliches Element der Planung von Verkehrsanlagen bspw. als Element der für die Planfeststellung notwendigen Unterlagen, zumindest aber als Voraussetzung für die Förderung kommunaler Baumaßnahmen.

Literatur

ANGENENDT, W., WILKEN, M.: (1997): *Gehwege mit Benutzungsmöglichkeit für Radfahrer*, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 737, Bonn

ANGENENDT, W., BLASE, A., BRÄUER, D., DRAEGER, W., KLÖCKNER, D., WILKEN, M.: (2000): *Radverkehrsführung an Haltestellen*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 76, Bergisch Gladbach

ANGENENDT, W., BRÄUER, D., KLÖCKNER, D., COSSÉ, L., ROETERINK, R., SPRUNG, M., WILKEN, M.: (2002): *Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 96, Bergisch Gladbach

AURICH, A.: (2014): *Modelle zur Beschreibung der Verkehrssicherheit innerörtlicher Hauptverkehrsstraßennetze unter besonderer Berücksichtigung der Umfeldnutzung*, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der Fakultät für Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der Technischen Universität Dresden, Heft 14, Dresden

BAIER, R., BENTHAUS, D., KLEMP, A., SCHÄFER, K.-H., MAIER, R., ENKE, M., SCHÜLLER, H.: (2007): *Potenziale zur Verringerung des Unfallgeschehens an Haltestellen des ÖPNV/ÖPSV*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit Heft M 190, Bergisch Gladbach

BARK, A., KRÄHLING, D., KUTSCHERA, R., BAIER, M. M., BAIER, R., KLEMP-KOHNEN, A., SCHUCKLISS, L., MAIER, R., BERGER, R.: (2017): *Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und Landstraßenknotenpunkten*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 283, Bergisch Gladbach

BENTHAUS, D.: (2006): *Verkehrssicherheit an Verknüpfungshaltestellen des großstädtischen ÖPNV*, Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen, Aachen

BRÄNDLI, H., KOBI, R.: (1989): *Sicherheit an Bus- und Tramhaltestellen*, IVT Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Straßen- und Eisenbahnbau der ETH Zürich, Zürich

BOSTRAB (1987): *Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen, Straßenbahn-Bau- und Betriebsverordnung*, redaktioneller Stand 22. November 2012

BURNHAM, K. P., ANDERSON, D. R.: (2002): *Model Selection and Multimodel Inference (2nd Edition)*. New York: Springer.

CAFISIO, S.; GRAZIANO, A.; PAPPALARDO, G.: (2013): *Road safety issues for bus transport management*. In: Accident Analysis and Prevention 60, Seite 324-333

CAMERON, I. C., HARRIS, N. J., KEHOE, N. J.: (2000): *Tram-related injuries in Sheffield*. In: Injury (International Journal of the Care of the Injured), Elsevier

CASTANIER, C.; PARAN, F.; DELHOMME, P.: (2012): Risk of crashing with a tram: Perceptions of pedestrians, cyclists, and motorists. In: Transportation Research Part F 15, S. 387-394

CHUN KEONG GOH, K., CURRIE, G., SARVI, M., LOGAN, D.: (2013): *Bus accident analysis of routes with/without bus priority*, Accident Analysis and Prevention 65, Seite 18-27

CURRIE, G.: (2010): *Safety at Kerbside Tram Stops – Accident Analysis and Mitigation*, Transportation Research Board, Light Rail Transit Research Paper Number 11-1640, Auckland

DIREKT (1997): *Bürgerfreundliche und behindertengerechte Gestaltung von Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs*, direkt Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in Gemeinden, Bundesministerium für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg

DITTEMER, T.: (1990): *ÖPNV-Haltestellen mit Kap, Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit untersucht an Straßenbahnhaltestellen*, Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Verkehrswesen, Kaiserslautern

- FGSV (2002): *Empfehlungen für Fußgängeranlage EFA*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION FHWA (2008). *Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report*. McLean, VA: Turner-Fairbank Highway Research Center.
- FGSV (2003): *Merkblatt für die Gestaltung von Anlagen des schienengebundenen öffentlichen Verkehrs*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- FGSV (2006): *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RASt*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- FGSV (2010): *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- FGSV (2012): *Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen M Uko*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- FGSV (2013): *Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs EAÖ*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- FGSV (2015): *Richtlinien für Lichtsignalanlagen – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr RiLSA*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- GREIPE, P.: (2003): *Accident prediction models for urban roads*. In: Accident Analysis and Prevention (Volume 25).
- GRIESSBACH, A., SEILER, N., BRANNOLTE, U., PLANK-WIEDENBECK, U. BAKABA, J.-E., ORTLEPP, J.: (2016): *Maßnahmen zur Reduzierung von Unfällen mit Straßenbahnen*, Unfallforschung der Versicherer UDV, Berlin
- HAMANN, R.: (1985): *Fußgängersicherheit an Haltestellen*, Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Bereich Unfallforschung, Buch 120, Bergisch Gladbach
- HANTSCHHEL, S.: (2007): *Sinnvolle Expositinsgrößen zur Erklärung der Sicherheitsgrade unterschiedlicher Haltestellenformen*, Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik, Technische Universität Dresden, Studienarbeit, Dresden
- HAUER, E., BAMFO, J.: (1997): *Two tools for finding what function links the dependent variable to the explanatory variables*. Ontario: Department of Civil Engineering.
- HAUTZINGER, H., PFEIFFER, M., SPAHN, V.: (März 2010): *Unfallauswertung für verkehrszeichengeregelte Landstraßenkreuzungen und -einmündungen*. Straßenverkehrstechnik , S. 123-131.
- HELLER, G. V. (2017): *Analyse und Einstufung der Verkehrssicherheit von Haltestellen insbesondere mit dem Verkehrsträger Straßenbahn*, Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik Technische Universität Dresden, Dresden
- HEDELIN, A., BJÖRNSTIG, U., BRISMAR, B.: (1996): *Trams- A Risk Factor For Pedestrians*, Accident Analysis and Prevention, Volume 28
- KOLLMUS, B.: (2013): *Sicherheitsbeurteilung der ÖPNV-Haltestelle „Altleuben“ in Dresden*, Professur für Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung, Technische Universität Dresden, Dresden
- KRUSZYNA, M., RYCHLEWSKI, J.: (2013): *Influence of approaching tram on behaviour of pedestrians in signalised crosswalks in Polan*, Accident Analysis and Prevention, Volume 55, Seite 185– 191
- LAURESHYN, A., SVENSSON, A., HYDEN, C. (2010). *Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation*. Accident Analysis and Prevention 42, S. 1637-1646

- LERNER, M., KRANZ, T., SCHEPERS A.: (2012): *Bewertung der Straßenverkehrsunfälle, Entwicklung der Unfallkosten in Deutschland 2005 bis 2010 – Unfallkostensätze 2010*, Zeitschrift für Verkehrssicherheit Heft 4/2012, Seite 188-191
- LINNENBERG, E.: (1989): *Verkehrsgerechte Lage von Haltestellen im Straßenraum unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit*, Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Bereich Unfallforschung, Buch 203, Bergisch Gladbach
- LORD, D.: (2006): *Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: Examining the effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter*. In: *Accident Analysis and Prevention* (Volume 38)
- LU, J., PIRINCCIOGLU, F., PERNIA, J. (2004). *Safety Evaluation of Right - Turns followed by U-Turns at Signalized Intersection (six or more lanes) as an Alternative to Direct Left Turns: Conflict Data Analysis*. Florida Department of Transportation, Tallahassee
- MAHER, M. J., SUMMERSGILL, I.: (1996): *A comprehensive methodology for the fitting of predictive accident models*. In: *Accident Analyses and Prevention* (Volume 28).
- MAIER, R., BERGER, R., SCHÜLLER, H., HEINE, A.: (2013): *Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 226, Bergisch Gladbach
- MAYCOCK, G., HALL, R. D.: (1984): *Accidents at 4-arm roundabouts*. Corwthorne: Transport Research Laboratory (Report No. LR 1120).
- MIAOU, S.-P., & LUM, H.: (1993): *Modelling vehicle accidents and highway geometric design relationships*. In: *Accident Analyses and Prevention* (Volume 25).
- NAZNIN, F.; CURRIE, G.; LOGAN, D.; SARVI, M.: (2016): *Safety impacts of platform tram stops on pedestrians in mixed traffic operation: A comparison group before–after crash study*. In: *Accident Analysis and Prevention* 86, S. 1-8
- PARK, S., TRIEU, V.: (2014): *Transit Bus and Pedestrian Safety Analysis in the Context of Operator Improvements and Traffic Volume Assessment*, Department of Civil and Environmental Engineering, Villanova University, Villanova USA
- SCHÜLLER, H.: (2010): *Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstraßen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Straßengestaltung*, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der Fakultät für Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der Technischen Universität Dresden, Heft 12, Dresden
- SCHÜLLER, H.; SCHÄFER, K. H.: (2007): *Sicherheitspotenziale von unterschiedlichen Haltestellenformen in Stadtstraßen*, In: *Straßenverkehrstechnik*, Heft 10, Kirschbaum Verlag
- SCHÜLLER, H., PLESKER, M., ROßMERKEL, M., SCHADE, J., RÖßGER, L., REHBERG, K., MAIER, R.: (2017): *Systematische Untersuchung sicherheitsrelevanten Fußgängerverhaltens*, Unveröffentlichter Schlussbericht des Forschungsprojektes FE 82.0602/2013 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
- SCHREIBER, M.: (2014): *Typische Gefahren für Fußgänger und Radfahrer im innerstädtischen Verkehr*, Zeitschrift für Verkehrssicherheit Heft 4/2014, Seite 221-227
- SIMUNOVIC, L., COSIC, M., VUJCIC, T.: (2014): *The impact of bus stop location on pedestrian safety*, XII International Symposium „Road accidents prevention 2014“, Borsko Jezero
- TABACHNICK, B. G., FIDELL, L. S.: (2000): *Using Multivariate Statistics*. Boston: Allyn & Bacon
- TRB (1996): *Guidelines for the Location and Design of Bus Stops*, XII International Symposium „Road accidents prevention 2014“, Borsko Jezero

UNGER, R., EDER, C., MAYR, J.M., WERNIG, J.: (2002): *Child pedestrian injuries at tram and bus stops*, Injury, International Journal of the Care of the Injured, Nr. 33 (2002), Seite 485–488

VAN DER HORST, A. R. A. (1990). *A time-based analysis of road user behaviour in normal and critical encounters*. Delft: Dissertation, Technische Universität Delft, 1990.

VOORHEES, A. M., BAKER JR., M.: (2011): *Pedestrian Safety at Bus Stops Study*, New Jersey Bicycle and Pedestrian Resource Center, New Brunswick

VÖV (1988): *Haltestellen für Busse und Straßenbahnen – Anordnung, Gestaltung, Bemessung und Ausstattung*, Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (VÖV)

WRETSTRAND, A., HOLMBERG, B., BERNTMAN, M.: (2014): *Safety as a key performance indicator: Creating a safety culture for enhanced passenger safety, comfort, and accessibility*, Research in Transportation Economics, Volume 48, Seite 109-115

WMATA (2009): *Guidelines – Design and Placement of Transit Stops*, Transport Research Board, Report 19, Washington D. C.

ZEGEER, C., HUMMER, J., REINFURT, D., HERF, L., HUNTER, W.: (1987): *Safety effects of cross-section design for two-lane roads - Volume I*. Washington D.C.: Federal Highway Administration.

Anhang

Anhang 1: Makroskopische Analyse

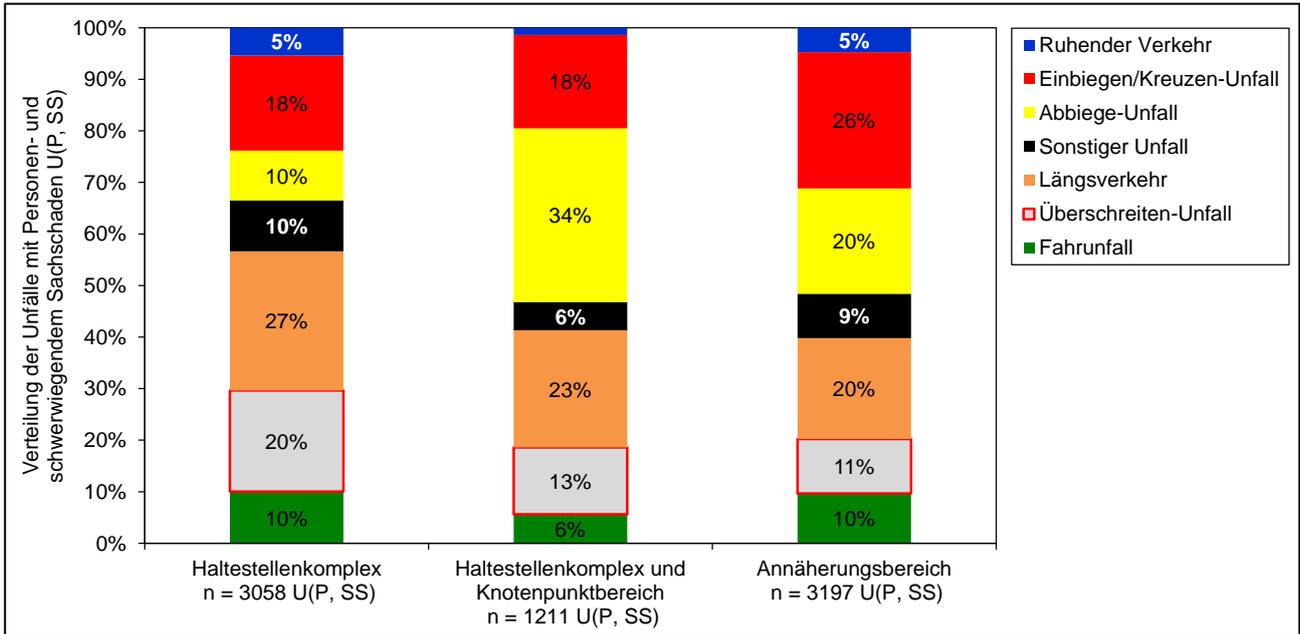


Abbildung 102: Verteilung der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden über alle Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich

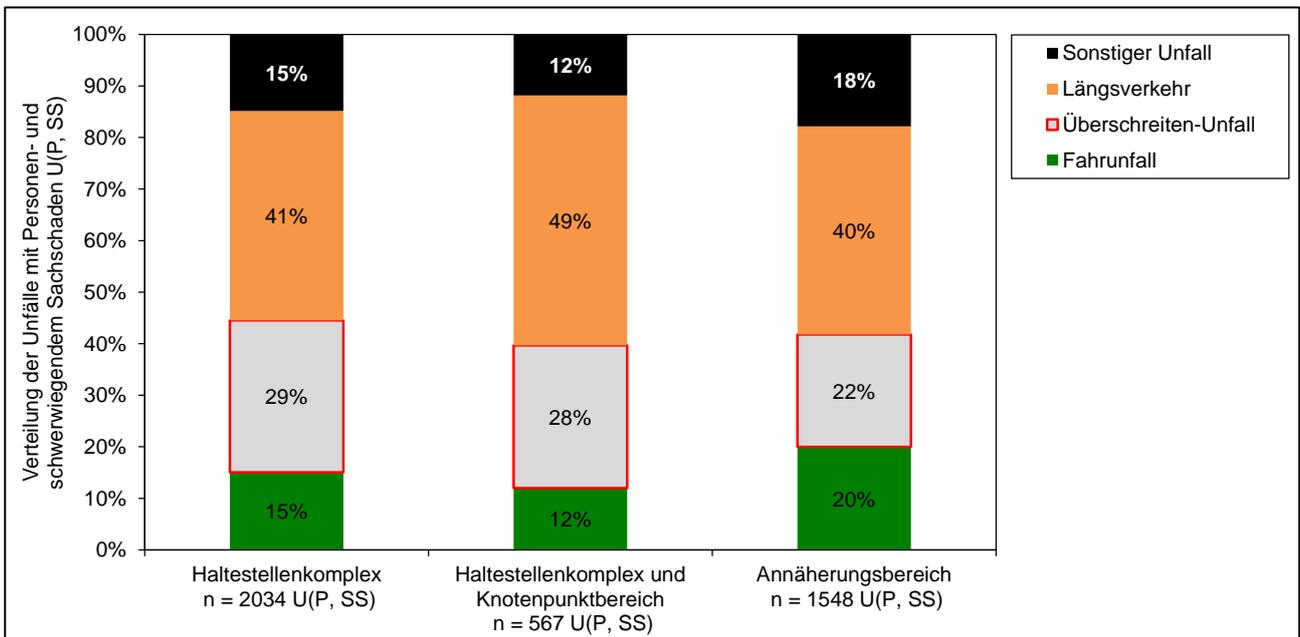


Abbildung 103: Verteilung der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden über die relevanten Unfalltypen im Haltestellenkomplex, im Haltestellenkomplex und Knotenpunktbereich sowie im Annäherungsbereich

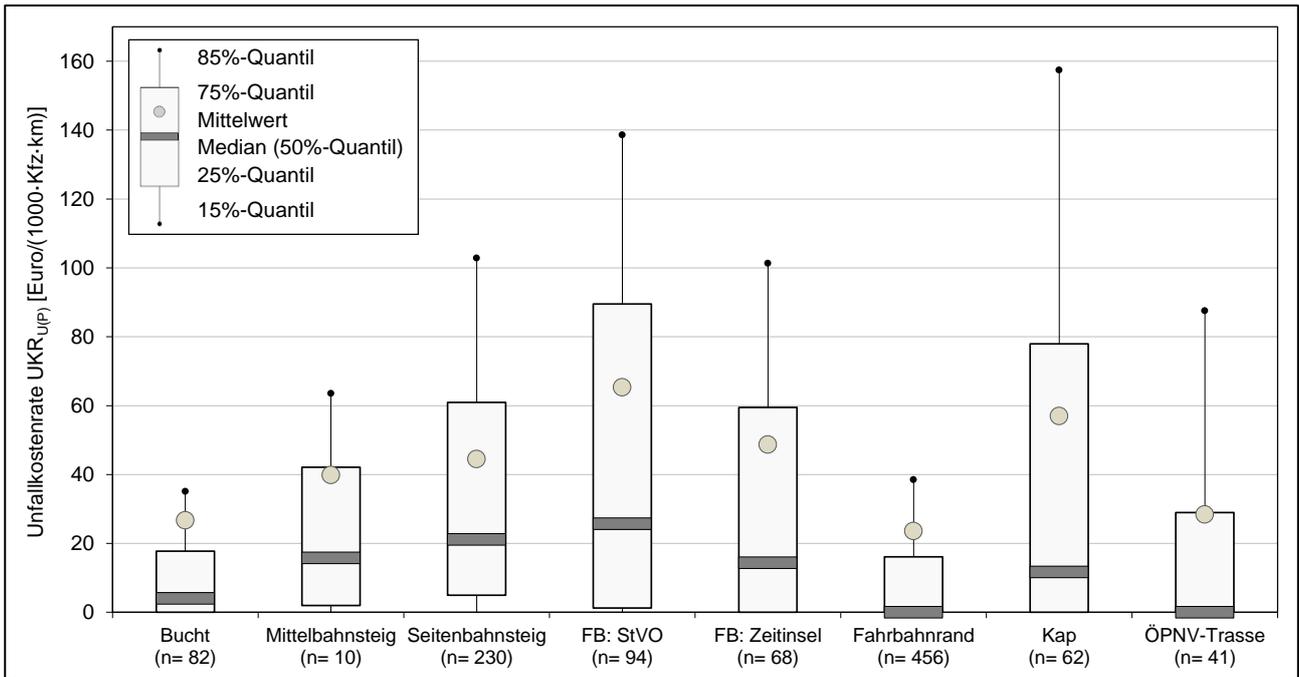


Abbildung 104: Verteilung der Unfallkostenraten für Unfälle mit Personenschaden nach Haltestellenform (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

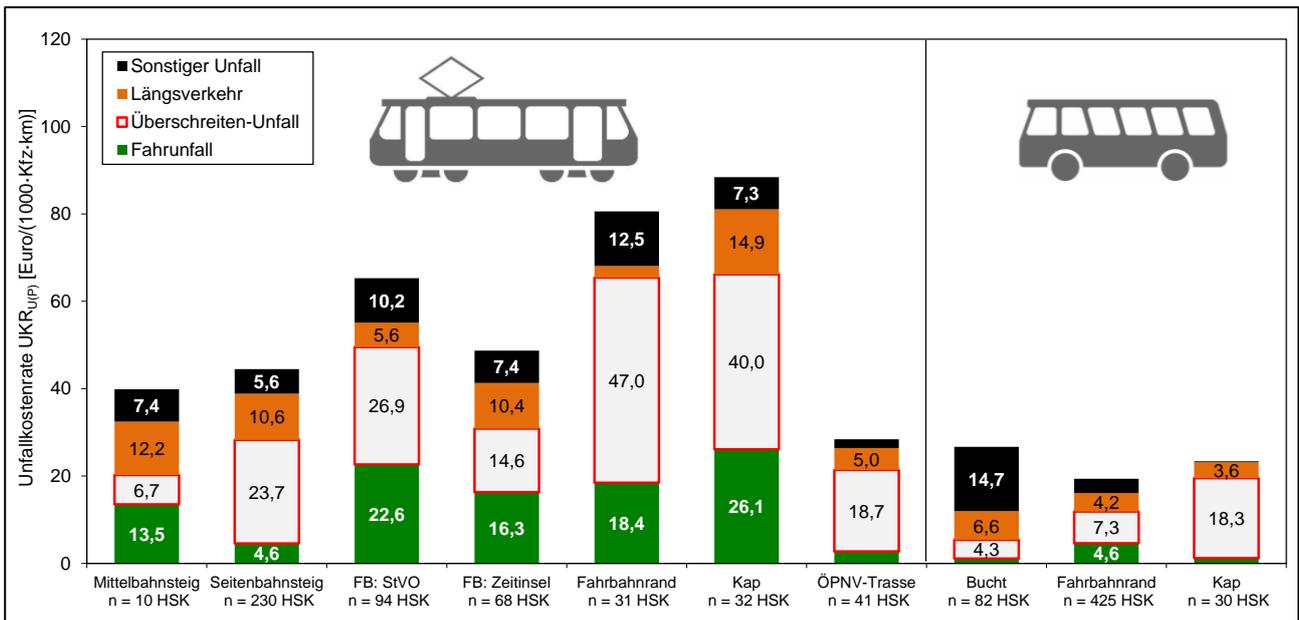


Abbildung 105: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfalltyp und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

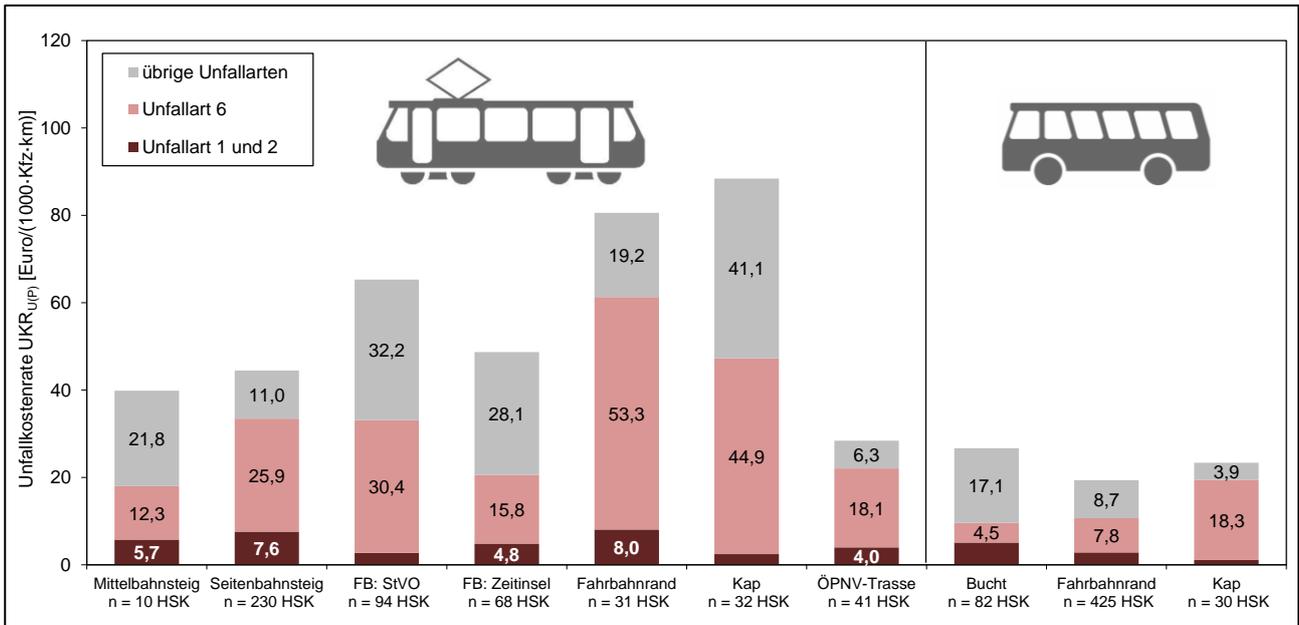


Abbildung 106: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Unfallart und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

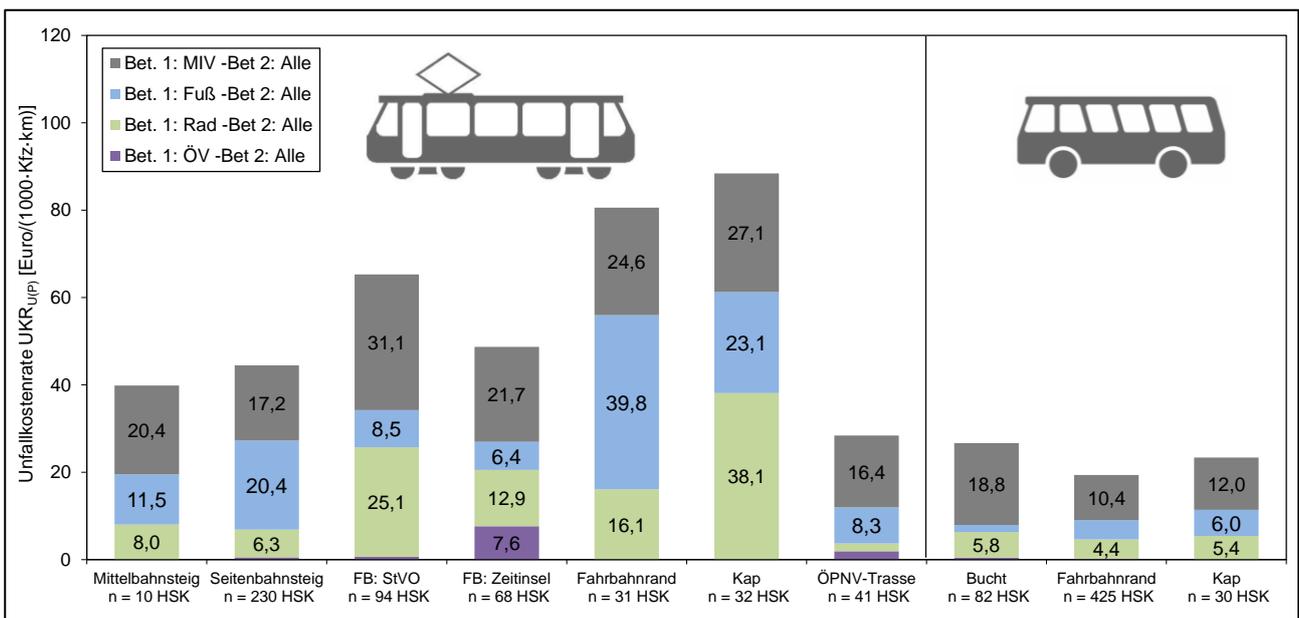


Abbildung 107: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personenschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Hauptverursachers (Beteiligter 1) und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

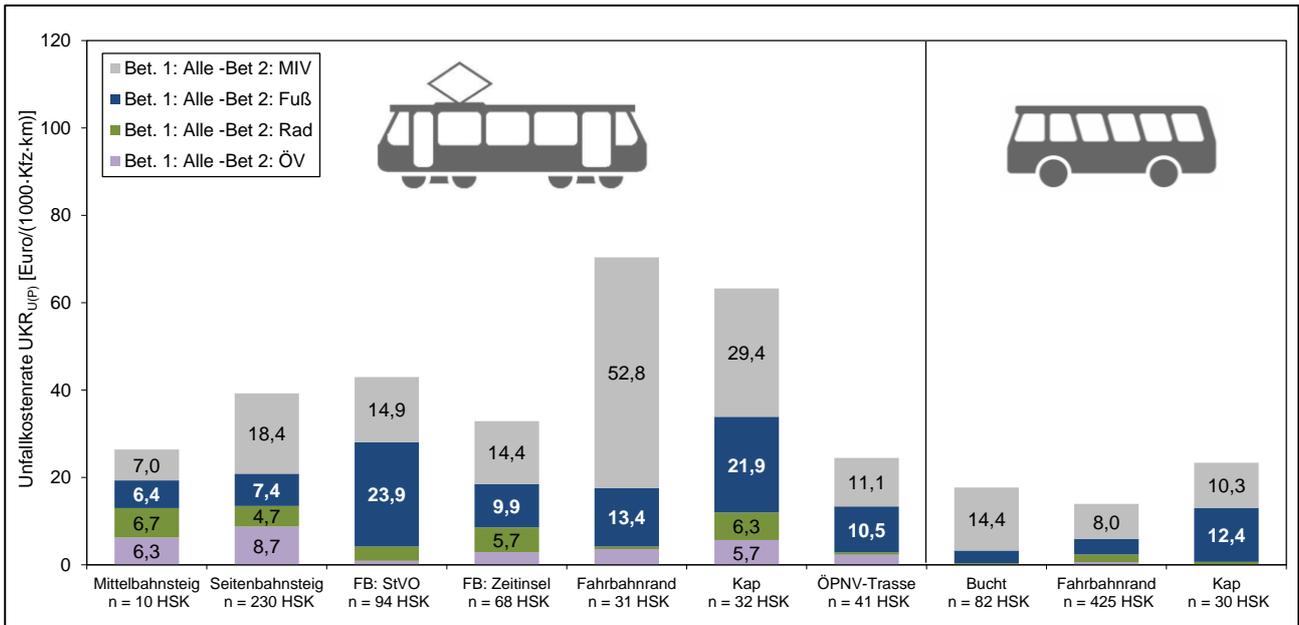


Abbildung 108: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Haltestellenform, Verkehrsbeteiligungsart des Unfallbeteiligten (Beteiligter 2) und Verkehrsmittel (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

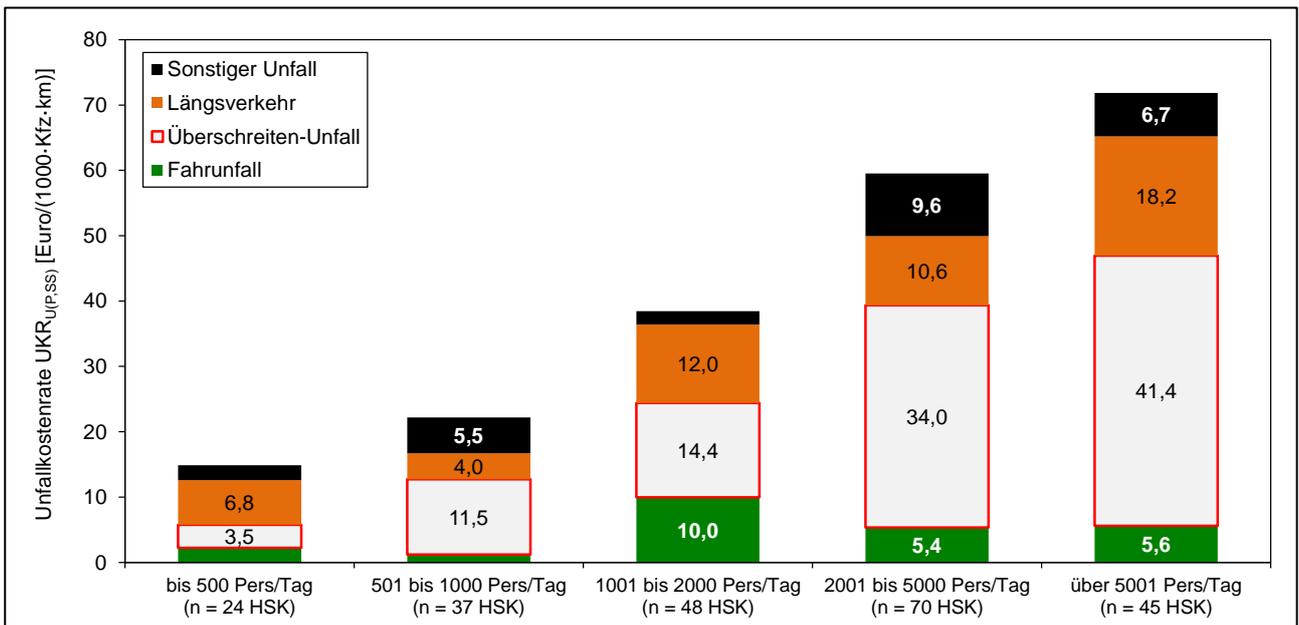


Abbildung 109: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Fahrgastaufkommen und Unfalltyp für die Haltestellenform „Seitenbahnsteig“ (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

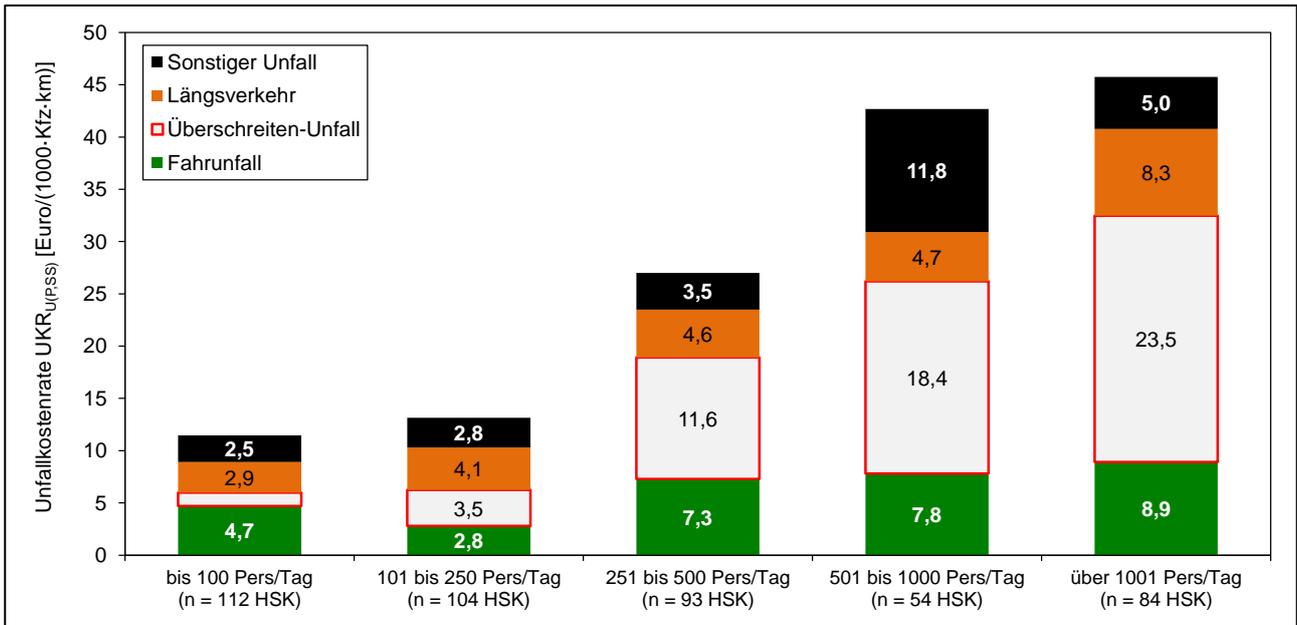


Abbildung 110: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Fahrgastaufkommen und Unfalltyp für die Haltestellenform „Fahrbahnrand“ (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

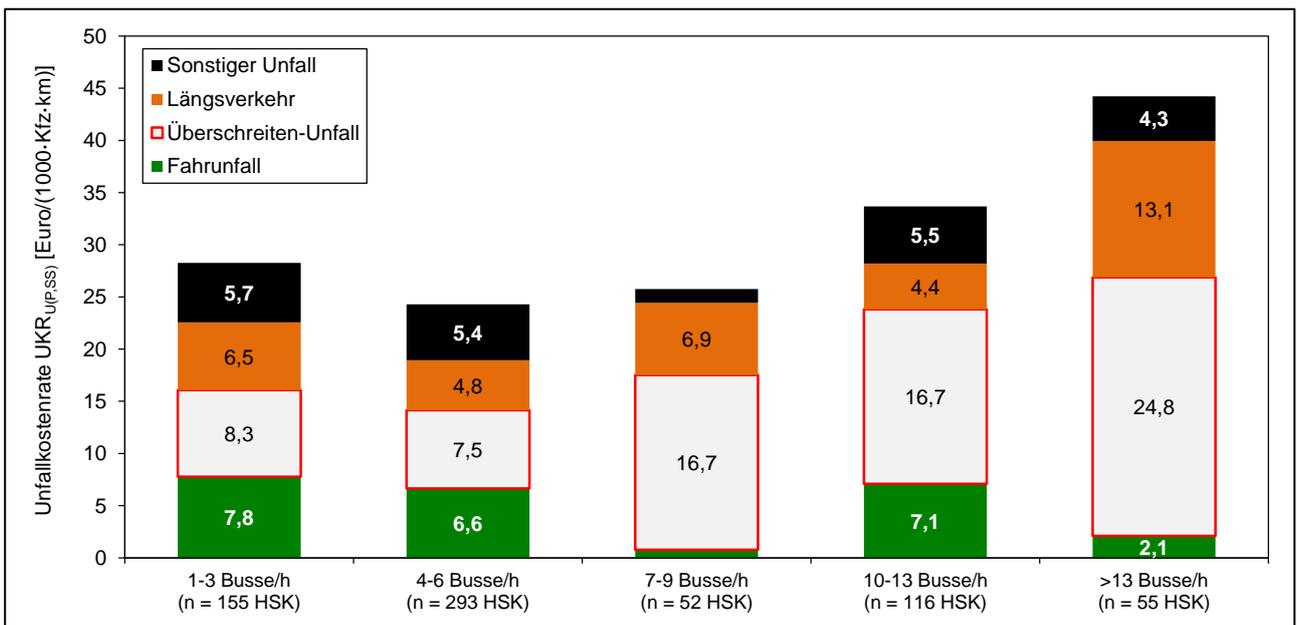


Abbildung 111: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Verkehrsstärke der Busse sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

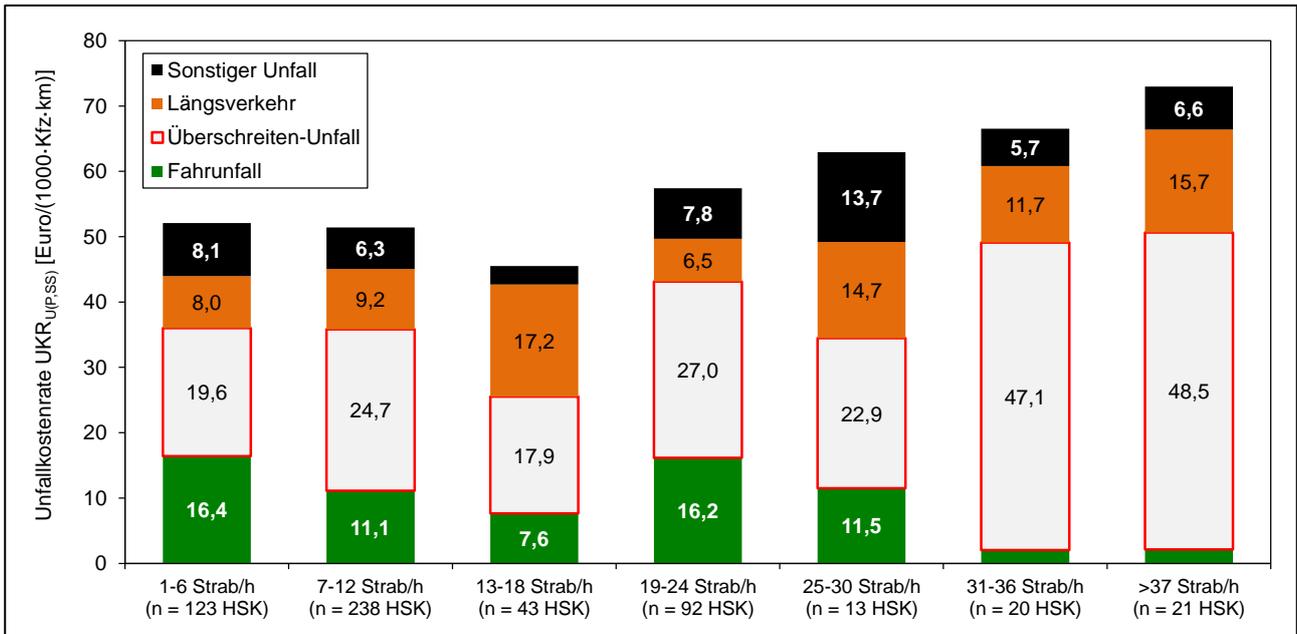


Abbildung 112: Mittlere Unfallkostenraten der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden nach Verkehrsstärke der Straßenbahnen sowie Unfalltyp (nur Unfälle des Typs 1, 4, 6 und 7)

Anhang 2: Teilmodelle der multivariaten Analyse

Modell 1.0

Dieses erste Modell umfasst die größte Teilmenge der Unfälle ($n = 3069$ Unfälle) – siehe Tabelle 36. 376 der 1084 in das Modell eingehenden HSK waren im Untersuchungszeitraum unfallfrei bzgl. der U(P).

Im Modell können alle fünf Grundgrößen berücksichtigt werden. Zusätzlich hat die Lage des HSK an VKP einen signifikanten, sicherheitsreduzierenden Einfluss. Dies ist vermutlich auf den Einbezug eines Teils des Unfallgeschehens der Verkehrsknotenpunkte – und damit auf die gewählte Abgrenzung, die durch Knotenpunkte begünstigtes Unfallgeschehen nicht vollständig ausschließen kann – zurückzuführen.

In Bezug auf das abschließende Modell zeigt sich eine höhere Sicherheit der Busbuchten gegenüber den anderen Haltestellenformen ($b = -0,373$; $p < 0,05$). Andere Haltestellenformen weisen keine signifikanten Effekte auf. Bei Straßenbahnhaltstellen und gemischten Haltestellen ereignen sich mehr Unfälle als an reinen Bushaltstellen ($b = 0,172$; $p < 0,05$), unabhängig vom höheren Fahrgastaufkommen an Straßenbahnhaltstellen schneiden diese also ungünstiger als Bushaltstellen ab. Bei beiden genannten Variablen verbessert sich jedoch die Anpassungsgüte nicht bzw. nicht ausreichend, um sie in das Modell aufzunehmen.

Tabelle 36: Modelle 1.0 für U(P)

Modell 1.0	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-4,910	0,043	-4,995	-4,825		1,635	1084,20	5499,23	1083	5,078
Modell DTV & Fahrgäste	k	-13,506 ****	,597	-14,676	-12,335	,000	1,033	1081,57	3691,07	1081	3,414
	DTV_In	,698 ****	,064	,573	,822	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,284 ****	,026	,234	,334	,000					
abschließendes Modell	k	-13,603 ****	,596	-14,771	-12,435	,000	0,900	1078,47	3353,11	1077	3,113
	DTV_In	,692 ****	,064	,567	,817	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,240 ****	,029	,184	,296	,000					
	Zahl_THS	-,191 *	,075	-,337	-,044	,020					
	AKP	,485 ****	,075	,338	,631	,000					
	Umfeldnutzung	,061 ****	,016	,031	,092	,000					
	VKP	,181 *	,077	,031	,332	,027					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ **** $p < 0,0001$)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Modell 2.0

Im Modell 2.0 werden die betrachteten Unfälle auf die Typen 1, 4, 6 und 7 beschränkt. Dadurch werden die überwiegend knotenpunktspezifischen Unfalltypen 2 (Abbiege-Unfälle) und 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfälle) sowie der regelmäßig nicht mit Haltestellen in Verbindung zu bringende Unfalltyp 5 (Unfälle durch ruhenden Verkehr) ausgeschlossen. Berücksichtigt werden die Kategorien 1 bis 4 (Unfälle mit Personenschäden sowie schwerwiegende Sachschäden).

Auch in diesem Modell können alle Grundgrößen berücksichtigt werden – siehe Tabelle 37. Der DTV gewinnt gegenüber dem Modell 1.0 an Bedeutung, dagegen nimmt der Einfluss von Anschlussknotenpunkten deutlich ab. Letzteres ist vor allem auf den Ausschluss der knotenpunktspezifischen Unfalltypen zurückzuführen.

Zusätzlich wurde die Variable *Mitteltrennung* mit einem signifikanten unfallreduzierenden Effekt aufgenommen. Naheliegend ist die Annahme, dass dies vor allem auf eine höhere Sicherheit beim Queren durch Fußgänger zurückzuführen ist (34 % der hier betrachteten Unfälle weisen eine Beteiligung von Fußgängern auf).

Tabelle 37: Modelle 2.0 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7

Modell 2.0	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-5,288	0,039	-5,364	-5,213		1,020	1084,95	3005,65	1083	2,775
Modell DTV & Fahrgäste	k	-14,538 ****	,543	-15,601	-13,474	,000	0,540	1085,52	2037,55	1081	1,885
	DTV_In	,779 ****	,062	,657	,901	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,263 ****	,027	,210	,315	,000					
abschließendes Modell	k	-15,339 ****	,592	-16,499	-14,180	,000	0,465	1079,75	1911,19	1077	1,775
	DTV_In	,851 ****	,067	,719	,982	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,255 ****	,029	,197	,313	,000					
	Zahl_THS	-,200 **	,070	-,337	-,062	,006					
	AKP	,235 ***	,069	,099	,371	,001					
	Umfeldnutzung	,057 ****	,014	,029	,085	,000					
	Mitteltrennung	-,170 *	,076	-,319	-,021	,026					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

In diesem Modell treten ebenfalls signifikante Effekte bei Variablen auf, die aufgrund einer nur geringfügigen Verbesserung der Anpassungsgüte nicht aufgenommen werden. So zeigt sich erneut – wie bereits im Modell 1.0 – die höhere Sicherheit der Busbuchten ($b = -0,373$; $p < 0,01$). Die bereits in der deskriptiven Analyse auffällige höhere Unfallbelastung von Kaphaltestellen ist zwar tendenziell ebenfalls erkennbar, wird jedoch knapp nicht signifikant ($b = 0,297$; $p < 0,1$).

Straßenbahnhaltestellen und gemischt genutzte Haltestellen sind unsicherer als reine Bushaltestellen ($b = 0,230$; $p < 0,01$). Die Ergebnisse des Modells weisen zudem darauf hin, dass das Netzelement, an dem die Haltestelle liegt (Variable *Stecke* und *VKP*) keinen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat. Dies bestätigt die Korrektheit des Ausschlusses der knotenpunktspezifischen Unfalltypen.

Bereits in diesem Modell wird – trotz des verhältnismäßig geringen Anteils der Fußgängerunfälle bzw. der Überschreiten-Unfälle (Typ 4) – das Merkmal FGÜ mit einem deutlich höheren Unfallaufkommen signifikant ($b = 0,687$; $p < 0,01$). Eine Aufnahme in das Modell erfolgt allerdings aufgrund der sehr geringen Zahl an HSK mit FGÜ nicht.

Modell 2.1

Das Modell 2.1 umfasst alle Straßenbahnhaltestellen, als abhängige Variable dienen wiederum die Unfälle der Typen 1, 4, 6 und 7 der Kategorien 1 bis 4 (Unfälle mit Personenschäden sowie schwerwiegendem Sachschaden).

Zusätzlich zu den fünf Grundgrößen enthält das abschließende Modell 2.1 die Variablen *Parken_zf* sowie *Mitteltrennung* – siehe Tabelle 38. An Haltestellen mit ein- oder zweiseitigem Parken ereignen sich mehr Unfälle als an Haltestellen ohne Parkmöglichkeiten. Unterschiede zwischen HSK mit einseitigem und HSK mit zweiseitigem Parken sind nicht feststellbar. Wie bereits beim vorhergehenden Modell 2.0 hat die Existenz einer Mitteltrennung einen unfallreduzierenden Effekt, wobei dieser geringfügig stärker ausfällt als beim Modell 2.0 für Straßenbahn- und Bushaltestellen.

Tabelle 38: Modelle 2.1 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen

Modell 2.1	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-5,054	0,043	-5,138	-4,970		0,595	525,44	1343,03	525	2,558
Modell DTV & Fahrgäste	k	-12,113 ****	,673	-13,433	-10,794	,000	0,435	525,17	1062,12	523	2,031
	DTV_In	,524 ****	,068	,391	,657	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,270 ****	,040	,192	,349	,000					
abschließendes Modell	k	-13,400 ****	,721	-14,813	-11,986	,000	0,330	520,79	930,38	518	1,796
	DTV_In	,645 ****	,073	,502	,788	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,272 ****	,046	,181	,363	,000					
	Umfeldnutzung	,048 **	,017	,015	,081	,004					
	Zahl_THS	-,284 ***	,085	-,450	-,118	,001					
	AKP	,229 **	,076	,080	,378	,005					
	Parken_zf	,217 **	,080	,060	,374	,011					
Mitteltrennung	-,206 *	,081	-,365	-,047	,019						

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Modell 2.1a

In der Untersuchung von BAIER et al. (2007) schnitten Haltestellen mit Seitenbahnsteig unter den Haltestellenformen der Straßenbahn am schlechtesten ab, in der deskriptiven Analyse zeigt sich dies dagegen nicht. Um diesen Aspekt weiter zu untersuchen wird ein Modell erstellt, das ausschließlich Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit Seitenbahnsteig umfasst – siehe Tabelle 39. Grundgedanke ist, dass das seit der damaligen Untersuchung womöglich geänderte Sicherheitsniveau auf Unterschiede in der Gestaltung zwischen Haltestellen dieser Form (z. B. LSA-Sicherung von Fahrbahn und Gleis) zurückzuführen ist oder die Differenzen bzgl. Verkehrssicherheit überwiegend durch den Einfluss anderer Gestaltungsmerkmale erklärt werden können.

Alle fünf Grundgrößen können im Modell berücksichtigt werden, wenn auch der Modelleffekt der Variable *Umfeldnutzung* nur knapp signifikant wird (p = 0,048).

Als weitere Effekte – ohne ausreichende Verbesserung der Anpassungsgüte – treten auf:

- Haltestellen mit versetzter Anordnung sind sicherer als Haltestelle mit gegenüberliegender Anordnung ($b = -0,492$; $p < 0,05$)
- Haltestellen mit LSA-Regelung des nächstgelegenen Knotenpunktes sind tendenziell sicherer ($b = -0,266$), der Parameter wird jedoch knapp nicht signifikant ($p = 0,051$)
- Bei anderen Variablen – insbesondere hinsichtlich der Sicherung von Fahrbahn und Gleisen – sind keine signifikanten Effekte feststellbar.

Tabelle 39: Modelle 2.1a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen

Modell 2.1a	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-4,965	0,059	-5,082	-4,849		0,470	217,39	543,36	217	2,504
Modell DTV & Fahrgäste	k	-14,687 ****	1,097	-16,837	-12,538	,000	0,217	215,89	370,47	215	1,723
	DTV_In	,708 ****	,103	,505	,911	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,354 ****	,046	,264	,444	,000					
abschließendes Modell	k	-15,432 ****	1,131	-17,649	-13,216	,000	0,200	212,63	345,93	212	1,632
	DTV_In	,778 ****	,108	,566	,989	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,340 ****	,049	,244	,436	,000					
	Zahl_THS	-,241 *	,112	-,462	-,021	,042					
	AKP	,282 **	,099	,087	,477	,008					
	Umfeldnutzung	,044 *	,019	,006	,081	,048					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ **** $p < 0,0001$)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Modell 2.1b

Wie bereits in der Literaturanalyse beschrieben, ergab die Untersuchung von BAIER et al. (2007) ein höheres Sicherheitsniveau der Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn ohne Zeitinsel gegenüber den Haltestellen mit Zeitinsel. Durch die Bildung eines Modells unter Berücksichtigung nur dieser beiden Haltestellenformen soll dieses Ergebnis überprüft und ggf. mögliche Gründe für dieses Resultat gefunden werden – siehe Tabelle 40.

Außer den beiden Expositionsgrößen *DTV* und *Fahrgäste_HSK* kann nur noch die Variable *Umfeldnutzung* berücksichtigt werden. Anders als bei den meisten anderen Modellen hat die Existenz eines AKP keinen Einfluss auf das Unfallgeschehen der betrachteten Unfalltypen.

Beide Haltestellenformen weisen im abschließenden Modell ein vergleichbares Sicherheitsniveau auf, das Ergebnis von BAIER et al. (2007) kann daher bzgl. der Unfallhäufigkeit – vermutlich auch aufgrund der Berücksichtigung der Grundgrößen – nicht mehr bestätigt werden.

Tabelle 40: Modelle 2.1b für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn

Modell 2.1b	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-4,981	0,0814	-5,1400	-4,821		0,685	161,30	442,40	161	2,748
Modell DTV & Fahrgäste	k	-12,720 ****	1,3338	-15,334	-10,106	,000	0,470	159,13	334,36	159	2,103
	DTV_In	,605 ****	0,1449	,321	,889	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,271 **	0,0885	,098	,445	,000					
abschließendes Modell	k	-12,693 ****	1,320	-15,280	-10,106	,000	0,435	158,50	320,15	158	2,026
	DTV_In	,586 ****	,142	,307	,865	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,242 **	,087	,072	,412	,002					
	Umfeldnutzung	,066 *	,026	,015	,117	,020					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Die wünschenswerte Berücksichtigung der Sperrung auch der Gegenrichtung in der Analyse ist komplex, da mit wenigen Ausnahmen (4 HSK) an allen Haltestellen mit Zeitinsel eine signalgesicherte Quermöglichkeit für den Fußverkehr besteht und zumindest bei Fußgänger-LSA (die meist zur Signalisierung der Zeitinseln genutzt werden) gemäß RiLSA beim Anhalten einer Richtung des Kfz-Verkehrs stets auch die andere Richtung angehalten werden muss (RiLSA, Kapitel 2.3.1.5). Damit ist die Gefahr von Unfällen zwischen Fahrgästen und Kfz-Verkehr in entgegengesetzter Richtung deutlich reduziert, sofern die Vorgaben der RiLSA eingehalten werden. Andererseits führt das Anhalten der Gegenrichtung dort zu einer (in Bezug auf Unfällen zwischen Kfz) potentiell unfallbegünstigenden Unterbrechung im Verkehrsfluss. Zudem gilt die beschriebene Sperrung des Gegenverkehrs bei Halt eines ÖV-Fahrzeugs meist nur für eine THS, nur bei 2 THS im HSK mit Zeitinsel existieren an beiden Enden der Haltestellen gesicherte Quermöglichkeiten. Vereinzelt wird die Zeitinsel auch durch Knotenpunkt-LSA hergestellt, in diesem Fall gilt die o.g. Vorgabe der RiLSA nicht und ist häufig auch technisch (zumindest für einbiegende Fahrzeuge) nur schwer umsetzbar. Parameter der Signalisierung wurden im Rahmen des Projektes jedoch nicht erhoben.

Versetzte Teilhaltestellen sind unsicherer als Haltestellen mit gegenüberliegenden THS (b = 0,518; p < 0,01). Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die mit *Lage_THS* stark korrelierende Variable *Zahl_THS* (gegenüberliegende THS befinden sich ausnahmslos in HSK mit zwei Teilhaltestellen) in diesem Modell aufgrund fehlender signifikanter Wirkung nicht berücksichtigt ist. Haltestellen an Querschnitten mit mehr Fahrstreifen sind tendenziell unfallauffälliger (b = 0,130; p < 0,10).

Modell 2.2

Auch aufgrund der bei diesem Modell deutlich geringeren Anzahl an Haltestellen wie auch der deutlich geringeren Anzahl an Unfälle können nicht alle Grundgrößen aufgenommen werden - siehe Tabelle 41. Vielmehr zeigen nur der DTV sowie das Fahrgastaufkommen signifikante Effekte. Die Bebauungsdichte beschreibt das Unfallgeschehen in diesem Modell besser als die Umfeldnutzung.

Die Variable *Querungshilfe_allgemein*, die die Existenz einer Querungshilfe unabhängig von ihrer Art beschreibt (LSA, Mittelinsel, Mittelstreifen, FGÜ) zeigt deutlich unfallerhöhende Effekte. Dies ist auf ein erhöhtes Unfallgeschehen sowohl bei LSA, wie auch bei FGÜ zurückzuführen.

Auffällig ist der Regressionskoeffizienten des DTV nahe 1,0. Die Zahl der Unfälle steigt also mit dem DTV nicht degressiv, sondern fast linear an, damit bleibt die Unfallrate über alle Bereiche des DTV in etwa konstant.

Tabelle 41: Modelle 2.2 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Bushaltestellen

Modell 2.2	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-5,707	0,072	-5,847	-5,566		1,720	554,37	1435,97	553	2,597
Modell DTV & Fahrgäste	k	-17,728 ****	,914	-19,520	-15,937	,000	0,570	552,55	850,58	551	1,544
	DTV_In	1,172 ****	,104	,968	1,377	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,152 ***	,041	,072	,232	,000					
abschließendes Modell	k	-15,860 ****	1,018	-17,855	-13,864	,000	0,475	550,05	809,98	549	1,475
	DTV_In	1,039 ****	,107	,829	1,250	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,100 *	,041	,019	,180	,020					
	Querungshilfe_allg	,471 **	,164	,149	,793	,003					
	Bebauungsdichte	,277 *	,134	,015	,538	,031					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

In Bezug auf das abschließende Modell haben Busbuchten ein höheres Sicherheitsniveau als Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen ($b = -0,326$; $p < 0,05$; nur geringfügige Verbesserung der Anpassungsgüte). Widersprüchlich sind die Ergebnisse bzgl. der Art der Nutzung des Umfeldes: während sich an HSK mit mindestens einseitiger Nutzung ausschließlich durch Einzelhandel (*UF_EH*) signifikant weniger Unfälle ereignen ($b = -0,481$; $p < 0,01$), tritt bei der gemischten Randnutzung von Wohnbebauung mit Geschäftsbesatz (*UF_WEH*) ein erhöhtes Unfallgeschehen auf ($b = 0,270$; $p < 0,05$). Überbreite Fahrstreifen sind – entgegen der üblicherweise in der Literatur vertretenen Ansicht – tendenziell sicherer ($b = -0,250$; $p < 0,10$). Dies bestätigt die diesbezügliche Aussage der deskriptiven Analyse (vgl. Kapitel 4.3.4).

Modell 2.2a

In allen bisherigen Modellen mit Berücksichtigung von Bushaltestellen (Modelle 1.0, 2.0 und 2.2) ergaben sich Sicherheitsvorteile für Busbuchten. Ursächlich dafür kann einerseits ein stetigerer Verkehrsablauf sein, der in geringerem Maße durch Fahrstreifenwechsel oder Bremsvorgänge sonstiger Kfz infolge eines haltenden Busses beeinflusst wird. Andererseits werden Busbuchten aufgrund der in den technischen Regelwerken vorgesehenen Einsatzgrenzen vor allem an breiten Querschnitten mit vielen Fahrstreifen verwendet, an denen Querungen von Fußgängern – selbst bei verhältnismäßig niedrigem DTV – in geringerem Maße außerhalb von LSA durchgeführt werden als an schmaleren Querschnitten mit ähnlichem DTV. Auch aus diesem Grund soll im Folgenden ein Modell erarbeitet werden, das diese Problematik durch den Ausschluss breiter Querschnitte umgeht.

Dieses Modell umfasst dementsprechend alle zweistreifigen Straßen, der Einbezug von Querschnitten mit drei Fahrstreifen gewährleistet die Berücksichtigung von Haltestellen an Knotenpunkten mit zusätzlichem Abbiegestreifen an ansonsten zweistreifigen Straßen.

Da dieses Modell nicht die Variable *Fahrgäste_HSK_In* beinhaltet, wird auf die Angabe weiterer Teilmodelle in Tabelle 42 verzichtet. In das Modell aufgenommen werden können nur die Expositionsgröße *DTV* sowie die Grundgröße *Umfeldnutzung*. Wie bereits beim Modell 2.2 mit allen Bushaltestellen liegt auch hier der Koeffizient der Variable *DTV_In* über 1,0, damit steigt die Unfallrate bei steigendem DTV.

Tabelle 42: Modelle 2.2a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 an Bushaltestellen und Fahrbahnen mit 2 bzw. 3 Fahrstreifen

Modell 2.2a	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-6,187	0,089	-6,362	-6,012		1,680	429,59	810,05	428	1,893
abschließendes Modell	k	-17,574 ****	1,450	-20,416	-14,731	,000	0,490	425,23	554,96	425	1,306
	DTV_In	1,166 ****	,162	,848	1,484	,000					
	Umfeldnutzung	,082 *	,036	,011	,153	,020					
	Querungshilfe_allg	,493 **	,183	,135	,852	,004					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

HSK mit vorhandener Querungshilfe (Variable *Querungshilfe_allg*) sind unsicherer. Dies ist vor allem auf die Querungshilfen LSA und FGÜ zurückzuführen, HSK mit Mitteltrennung (Mittelinsel oder zwei Fahrbahnen) sind dagegen bzgl. des abschließenden Modells signifikant sicherer (b = -0,651; p < 0,05).

Die o.g. Sicherheitsvorteile von Busbuchten zeigen sich in diesem Modell nicht. Dies bestätigt die Annahme, dass diese Sicherheitsvorteile zum Teil auf weniger ungesicherte Querungen infolge des Einsatzes an breiten Querschnitten zurückzuführen ist, da an den hier untersuchten Querschnitten mit max. 3 Fahrstreifen die Querung ohne Signalschutz für Fußgänger unabhängig vom DTV subjektiv sicherer erscheint als an breiten Querschnitten. Grundsätzlich wird dieses Ergebnis auch durch die später folgenden Modelle 3.2 (Fußgängerunfälle an Bushaltestellen) sowie 3.2a (Fußgängerunfälle an Bushaltestellen mit max. 3 Fahrstreifen) bestätigt.

Modell 3.1

Bei den Modellen 3.X werden als Zielgröße U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 und 7 unter Beteiligung von Fußgängern gewählt. Die Reduktion auf Unfälle des Typs 4 (Überschreiten-Unfälle) wird als nicht zielführend angesehen, da auch Fußgängerunfälle anderen Typs auf haltestellenspezifische Verkehrsabläufe zurückzuführen sind und die Zahl der Fußgängerunfälle in Relation zur Zahl der Haltestellen bereits gering ist, womit eine weitere Reduktion die multivariate Betrachtung erschwert.

Tabelle 43: Modelle 3.1 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen

Modell 3.1	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-6,037	0,057	-6,148	-5,926		0,665	525,28	881,11	525	1,678
Modell DTV & Fahrgäste	k	-12,680 ****	0,823	-14,292	-11,068	,000	0,350	523,50	701,30	523	1,341
	DTV_In	,328 ****	0,081	,170	,486	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,460 ****	0,048	,366	,554	,000					
abschließendes Modell	k	-13,722 ****	,823	-15,334	-12,110	,000	0,265	521,96	655,91	521	1,259
	DTV_In	,430 ****	,081	,271	,589	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,451 ****	,051	,350	,552	,000					
	Umfeldnutzung	,093 ****	,021	,053	,134	,000					
	Sicherung_Fb_vorh	-,468 ***	,125	-,714	-,222	,000					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Neben den Expositionsgrößen *DTV* und *Fahrgäste* kann die Grundgröße *Umfeldnutzung* mit aufgenommen werden – siehe Tabelle 43. Zusätzlich zeigt die Variable *Sicherung_Fb_vorhanden* einen signifikanten Einfluss: An Straßenbahnhaltestellen mit einer technischen Scherung der Fahrbahn (Fußgänger-LSA oder Knotenpunkt-LSA, ein- oder zweiseitig) ereignen sich weniger Fußgängerunfälle als an Straßenbahnhaltestellen ohne technische Sicherung. Die sachlogisch naheliegende Korrelation zwischen *DTV* und dem Vorhandensein einer LSA ist mit $r = 0,29$ noch ausreichend schwach ausgeprägt, so dass die Aufnahme beider Variable im Modell vertretbar ist. Zudem ändert sich der Koeffizient der Variable *DTV_In* durch die Aufnahme der weiteren Variable *Sicherung_Fb_vorhanden* in das Modell nur unwesentlich.

Bezogen auf das abschließende Modell sind Haltestellen auf freier Strecke signifikant unfallauffälliger als Haltestellen an AKP oder VKP ($b = 0,460$; $p < 0,01$; $n = 32$ HSK). Bei den Haltestellenformen wird nur die Form separate Trasse signifikant, diese ist deutlich sicherer als die anderen Haltestellenformen ($b = -0,624$; $p < 0,05$). Beide Variable führen nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Anpassungsgüte, so dass auf eine Aufnahme in das Modell verzichtet wird.

Die Vorteile der technischen Scherung für das Fußgängerunfallgeschehen wird auch bei zwei weiteren Variablen deutlich: Im Modell ohne die Variable *Sicherung_Fb_vorhanden* zeigt die Variable *VKP* einen signifikanten, unfallreduzierenden Effekt ($b = -0,260$; $p < 0,01$). Dieser Effekt wird durch die Aufnahme der Sicherung der Fahrbahn als Variable ausgeglichen, offensichtlich resultieren Vorteile von Haltestellen an VKP hinsichtlich der Fußgängerunfälle aus der an VKP fast immer vorhandenen Sicherung durch LSA. Ähnliches gilt für die Variable *KP_LSA* (Reglung des nächstgelegenen Knotenpunktes durch LSA gegenüber Regelung per Verkehrszeichen) in Bezug auf das abschließende Modell ($b = -0,327$; $p < 0,05$). Die Auswirkung der (separaten) Sicherung der Gleise lässt sich aus diesem Modell nicht ableiten, da das Vorhandensein einer derartigen Sicherung stark mit der Sicherung der allgemeinen Fahrbahn korreliert ($r = 0,854$). Die Sicherung der Fahrbahn schließt oftmals auch eine Sicherung der Gleise mit ein, hier wäre ein Modell nur mit denjenigen Haltestellen nötig, bei denen eine Sicherung der Fahrbahn nicht zwangsläufig mit einer Sicherung der Gleise

einhergeht (separate ÖV-Trasse und Seitenbahnsteig, vgl. auch Modell 3.1a zu Haltestellen mit Seitenbahnsteigen).

Modell 3.1a

Die Ergebnisse dieses Modells (siehe Tabelle 44) sind hinsichtlich der in das Modell aufgenommenen Variablen wie auch deren Koeffizienten weitgehend vergleichbar mit dem Modell 3.1 (Fußgängerunfälle an allen Straßenbahnhaltestellen). Die Einflüsse der Variablen auf das Unfallgeschehen sind (mit Ausnahme der Umfeldnutzung) etwas stärker ausgeprägt, die statistische Absicherung der Ergebnisse dagegen etwas schlechter, was angesichts der deutlich geringeren Fallzahl erwartbar ist.

Tabelle 44: Modelle 3.1a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen mit Seitenbahnsteigen

Modell 3.1a	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-5,961	0,083	-6,125	-5,798		0,675	217,85	398,61	217	1,837
Modell DTV & Fahrgäste	k	15,226 ****	1,422	-18,014	-12,438	,000	0,243	215,50	277,64	215	1,291
	DTV_In	,438 ***	,125	,194	,682	,002					
	Fahrgäste_HSK_In	,626 ****	,065	,499	,753	,000					
abschließendes Modell	k	15,477 ****	1,361	-18,144	-12,810	,000	0,16	213,13	257,11	213	1,207
	DTV_In	,484 ****	,120	,248	,720	,001					
	Fahrgäste_HSK_In	,606 ****	,068	,473	,738	,000					
	Umfeldnutzung	,089 **	,029	,033	,145	,002					
	Sicherung_Fb_vorhanden	-,544 *	,215	-,964	-,123	,024					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Modell 3.1b

Das Modell 3.1 b enthält nur die Expositionsgrößen DTV und Fahrgäste – siehe Tabelle 45. Zwei weitere Variable zeigen signifikante Effekte, verbessern die Anpassungsgüte jedoch nicht ausreichend für eine Aufnahme in das Modell: Haltestellen auf freier Strecke sind – wie beim Modell 3 – signifikant unfallauffälliger als Haltestellen an AKP und VKP (b = 0,610; p < 0,05).

Tabelle 45: Modelle 3.1b für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Straßenbahnhaltestellen auf der Fahrbahn

Modell 3.1b	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-5,968	0,102	-6,167	-5,769		0,620	161,61	256,12	161	1,591
abschließendes Modell	k	-14,527 ****	1,781	-18,017	-11,036	,000	0,270	159,86	201,99	159	1,270
	DTV_In	,655 ***	,186	,290	1,020	,001					
	Fahrgäste_HSK_In	,318 **	,099	,124	,513	,001					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Ebenfalls unfallauffällig sind – wie beim Modell 2.1b – Haltestellen mit versetzter Anordnung ($b = 0,512$; $p < 0,05$). Womöglich spielen hier allerdings auch Effekte der (nicht signifikanten) Variable *Zahl_THS* eine Rolle, da Haltestellen mit gegenüberliegender Anordnung – anders als Haltestellen mit versetzter Anordnung – in der Analyse stets in HSK mit zwei THS liegen.

Modell 3.2

Auch aufgrund der im Vergleich zur Zahl der Haltestellen nur geringen Zahl an Unfällen können neben den beiden Expositionsgrößen *DTV* und *Fahrgäste* nur die Umfeldnutzung als Variable in das Modell eingeführt werden – siehe Tabelle 46.

Tabelle 46: Modelle 3.2 für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Bushaltestellen

Modell 3.2	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung			
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte	
Nullmodell	k	-7,067	0,111	-7,284	-6,849		2,680	554,28	890,67	553	1,611	
Modell DTV & Fahrgäste	k	-	****	1,548	-20,384	-14,318	,000	1,38	550,97	717,67	551	1,302
	DTV_In	,818	****	,179	,468	1,169	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,415	****	,069	,279	,551	,000					
abschließendes Modell	k	-	****	1,486	-19,619	-13,795	,000	0,993	549,86	678,13	550	1,233
	DTV_In	,705	****	,175	,362	1,047	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,370	****	,073	,227	,512	,000					
	Umfeldnutzung	,142	**	,048	,048	,237	,002					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ **** $p < 0,0001$)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Auffällig ist die deutlich höhere Sicherheit von Busbuchten ($b = -0,627$; $p < 0,05$; keine Aufnahme in das Modell aufgrund nur geringer Verbesserung der Anpassungsgüte). Sicherer sind auch Haltestellen an VKP ($b = -0,49$; $p < 0,05$), womöglich ist dies wie bereits bei den Straßenbahnhaltestellen (Modell 3.1) auf die dort in der Regel vorhandene technische Sicherung der Fahrbahnquerung zurückzuführen, wenn auch die Variable *Sicherung_Fb_vorhanden* im Modell nicht signifikant wird. Auffällig sind die Ergebnisse für die Variable *Zahl_THS*, die auf ein ähnliches Unfallaufkommen an Haltestellen mit ein und zwei THS hindeuten.

Modell 3.2a

Auch in diesem Modell (siehe Tabelle 47) – bei dem sich wiederum wenige Unfälle auf viele Haltestellen verteilen – können nur die drei Grundgrößen *DTV*, *Fahrgäste* und *Umfeldnutzung* aufgenommen werden. Wie in Zusammenhang mit Modell 2.2a bereits erläutert, steigt die Zahl der Unfälle mit steigendem *DTV* überproportional an.

Tabelle 47: Modelle 3.2a für U(P, SS) der Typen 1, 4, 6 oder 7 und Fußgängerbeteiligung an Bushaltestellen und Fahrbahnen mit 2 oder 3 Fahrstreifen

Modell 3.2a	Parameter	Koeffizienten ^a	Standardfehler	95% Konfidenzintervall		p ^b	neg. Binomialverteilung		Poissonverteilung		
				Min.	Max.		Verteilungsparameter	Pearson-Abweichung	Pearson-Abweichung	df	Anpassungsgüte
Nullmodell	k	-7,390	0,156	-7,695	-7,085		4,800	430,34	750,52	429	1,749
Modell DTV & Fahrgäste	k	-21,237 ****	3,176	-27,461	-15,013	,000	1,355	427,06	536,50	427	1,256
	DTV_In	1,244 ***	,364	,531	1,958	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,415 ***	,107	,206	,625	,000					
abschließendes Modell	k	-20,786 ****	3,082	-26,826	-14,746	,000	0,910	426,02	505,79	426	1,187
	DTV_In	1,136 **	,356	,439	1,833	,000					
	Fahrgäste_HSK_In	,373 **	,116	,146	,599	,001					
	Umfeldnutzung	,168 **	,064	,042	,293	,006					

^a Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; Wald-Test der Koeffizienten (* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 **** p < 0,0001)
^b Signifikanztest der Modelleffekte (Likelihood-Ratio-Test)

Anhang 3: Detailanalyse

Tabelle 48: Fallzahlen der Haltestellenformen und der Führungsformen des Radverkehrs (gemeinsame Führung: Gemeinsamer Geh- und Radweg sowie Gehweg mit Radfahrer frei; getrennte Führung: Radweg vor oder hinter Wartebereich; markierte Führung: Schutzstreifen sowie Radfahrstreifen)

Haltestellenform	Radverkehrsführung				Gesamt
	Fahrbahn, Mischverkehr	Seitenraum, gemeinsame Führung	Seitenraum, getrennte Führung	Markierte Führung	
Fahrbahnrand	212	39	103	71	425
Kap	32	19	10	1	62
Bucht	15	16	32	13	76
Fahrbahn/StVO	58	11	16	8	93
Fahrbahn/Zeitinsel	32	0	18	8	58
Fahrbahn/Seitenbahnst.	42	14	88	46	190
separate ÖPNV-Trasse	19	3	7	0	29
differierend	37	11	8	8	64
Gesamt	447	113	282	155	997

Tabelle 49: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung

Führungsform	Anzahl HSK	U(SP)	U(LV)	mittlere Unfalldichte Alleinunfälle Radfahrer		
				U(SP) [U/(km * a)]	U(LV) [U/(km * a)]	U(P) [U/(km * a)]
Fahrbahn, Mischverkehr	442	18	40	0,10	0,24	0,34
Seitenraum, gemeinsame Führung	110	8	25	0,18	0,62	0,80
Seitenraum, getrennte Führung	273	9	29	0,09	0,24	0,33
markierte Führung	149	1	24	0,01	0,40	0,41
differierend	110	3	17	0,08	0,71	0,79
Alle Führungsformen	1084	39	135	0,09	0,35	0,44

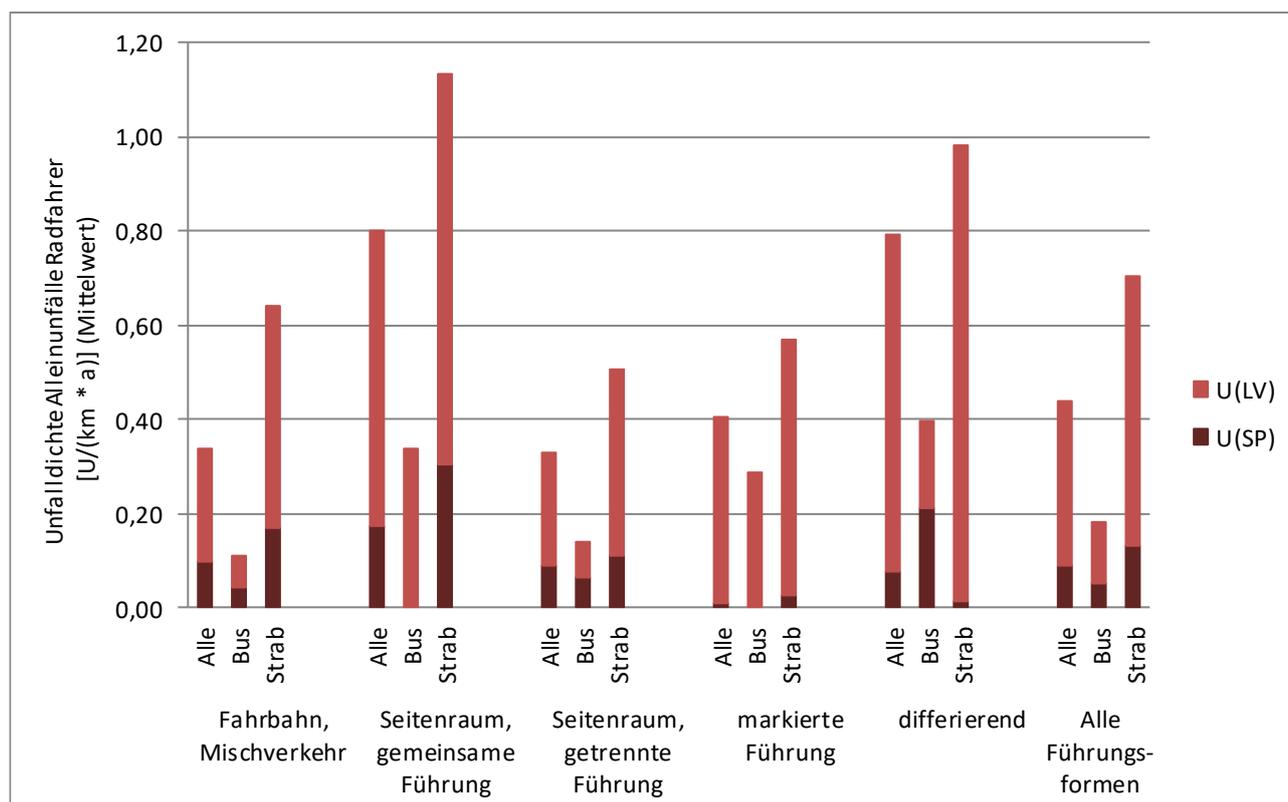


Abbildung 113: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Radverkehrsführung, differenziert nach Verkehrsmittel an der Haltestelle

Tabelle 50: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Haltestellenform

Haltestellenform	Anzahl HSK	U(SP)	U(LV)	mittlere Unfalldichte Alleinunfälle Radfahrer		
				U(SP) [U/(km * a)]	U(LV) [U/(km * a)]	U(P) [U/(km * a)]
Fahrbahnrand	439	7	23	0,06	0,18	0,23
Kap	63	5	17	0,23	1,27	1,50
Bucht	77	2	4	0,06	0,16	0,22
Fahrbahn/StVO	94	13	31	0,34	0,86	1,20
Fahrbahn/Zeitinsel	68	3	11	0,12	0,40	0,52
Fahrbahn/Seitenbahnsteig	222	8	40	0,06	0,35	0,41
separate ÖPNV-Trasse	38	0	2	0,00	0,13	0,13
differierend	83	1	7	0,01	0,20	0,21
Gesamtergebnis	1084	39	135	0,09	0,35	0,44

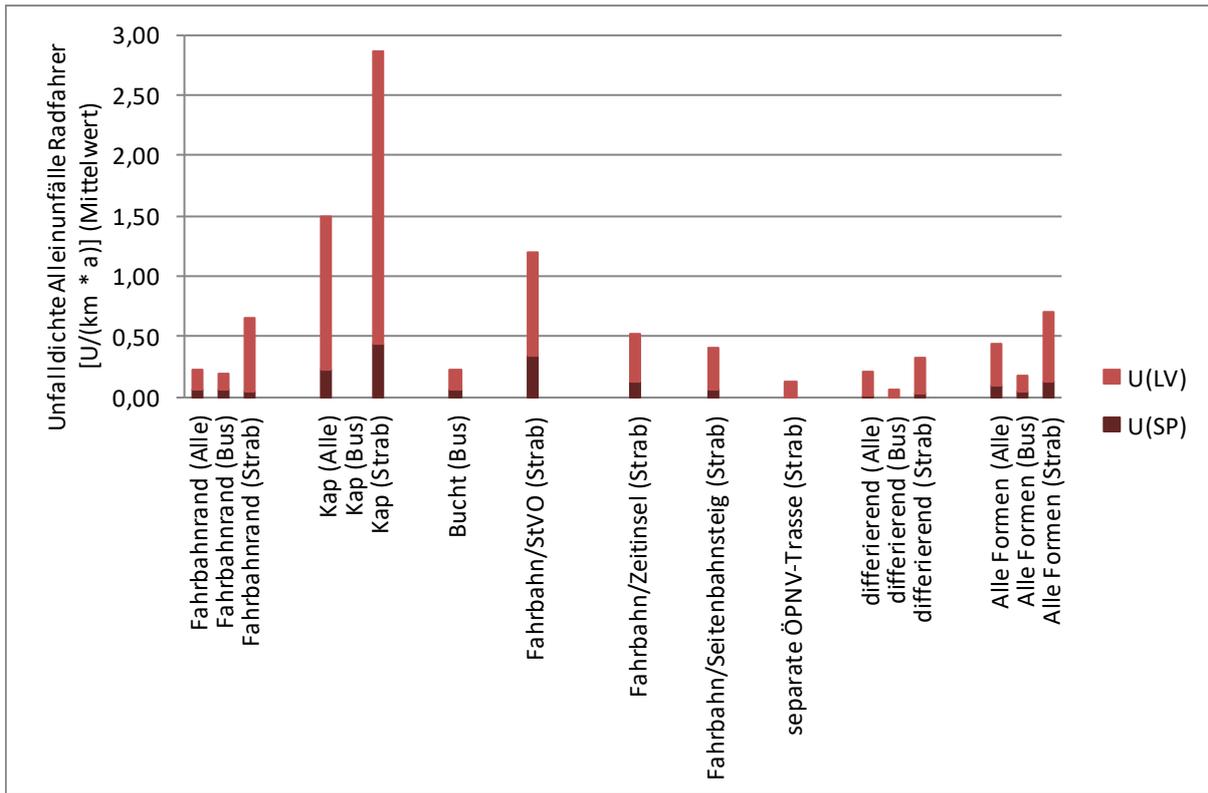


Abbildung 114: Alleinunfälle von Radfahrern in Abhängigkeit der Haltestellenform, differenziert nach Verkehrsmittel an der Haltestelle

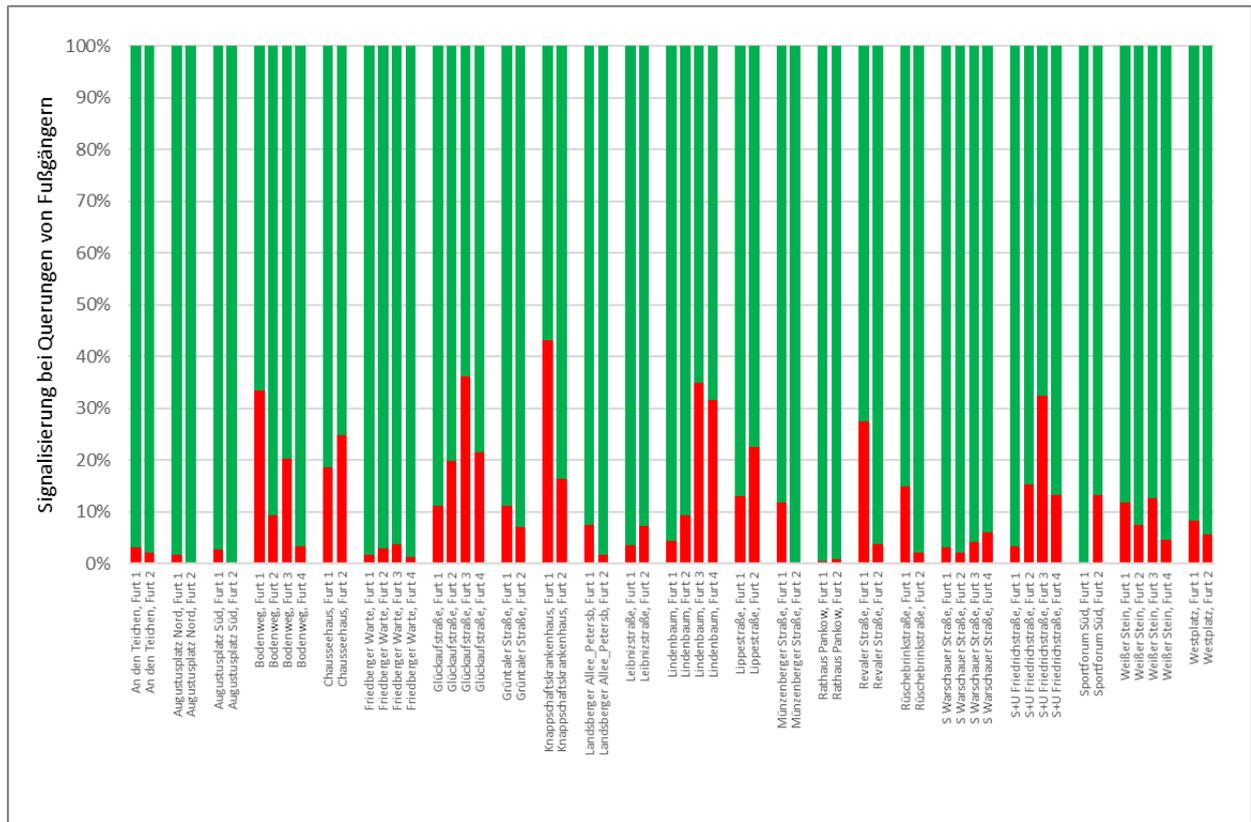


Abbildung 115: Zustand der Signalisierung bei querenden Fußgängern je Furt an Haltestellen mit Seitenbahnsteig

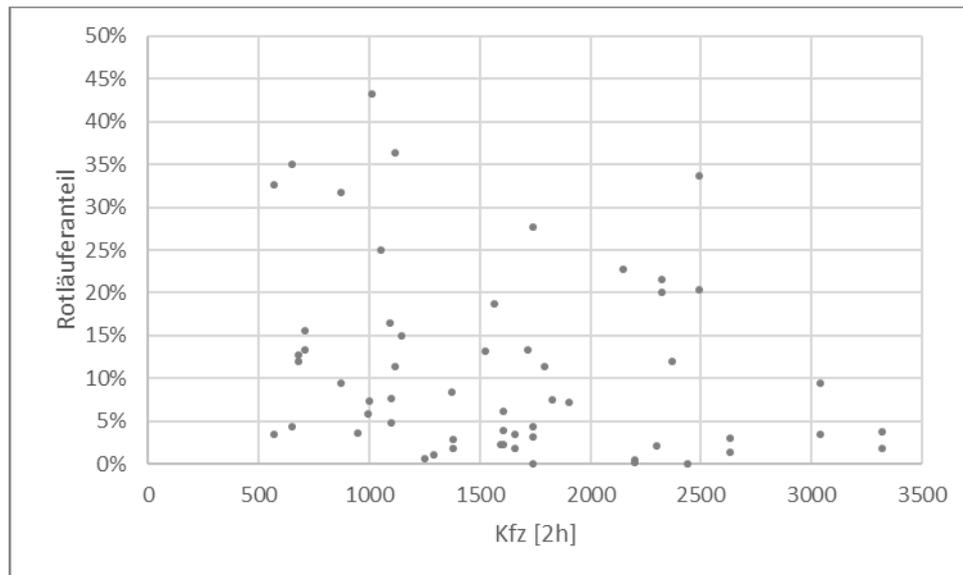


Abbildung 116: Rotlichtverstöße von Fußgängern in Abhängigkeit des Kfz-Aufkommens an Haltestellen mit Seitenbahnsteig

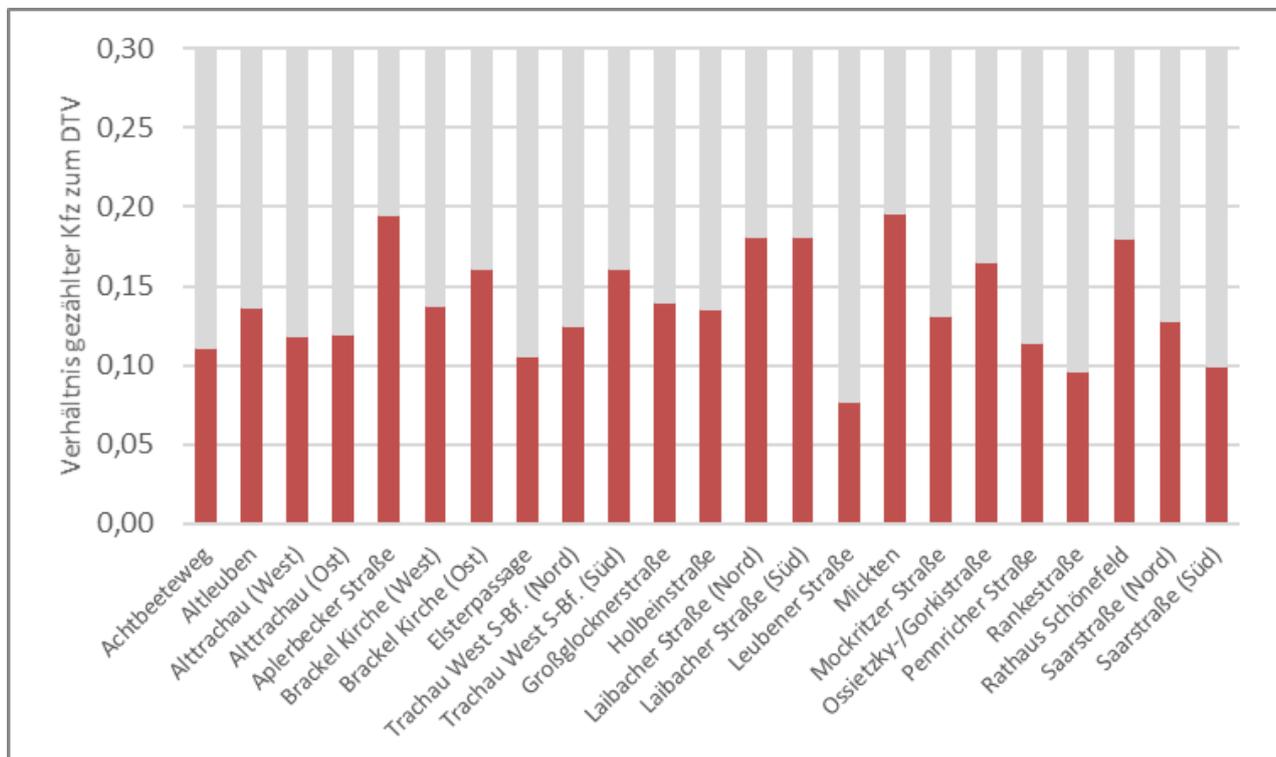


Abbildung 117: Anteil im Erhebungszeitraum gezählter Kfz (2 h) am DTV an Haltestellenkaps (y-Achse geschnitten)

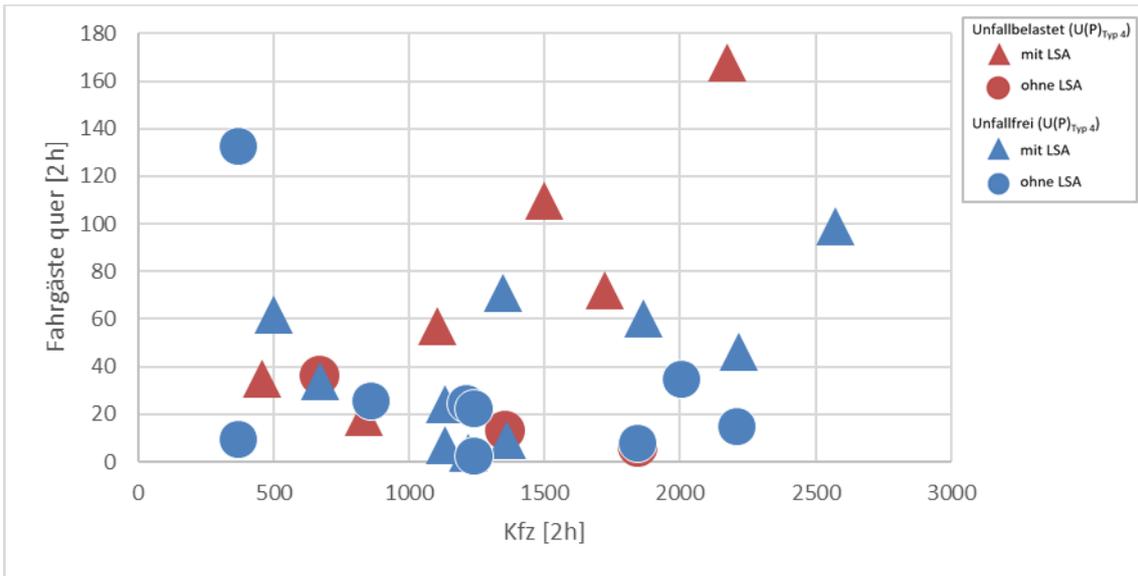


Abbildung 118: Einsatzbereiche der untersuchten Kaphaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fahrgastquerverkehr und der Existenz einer LSA

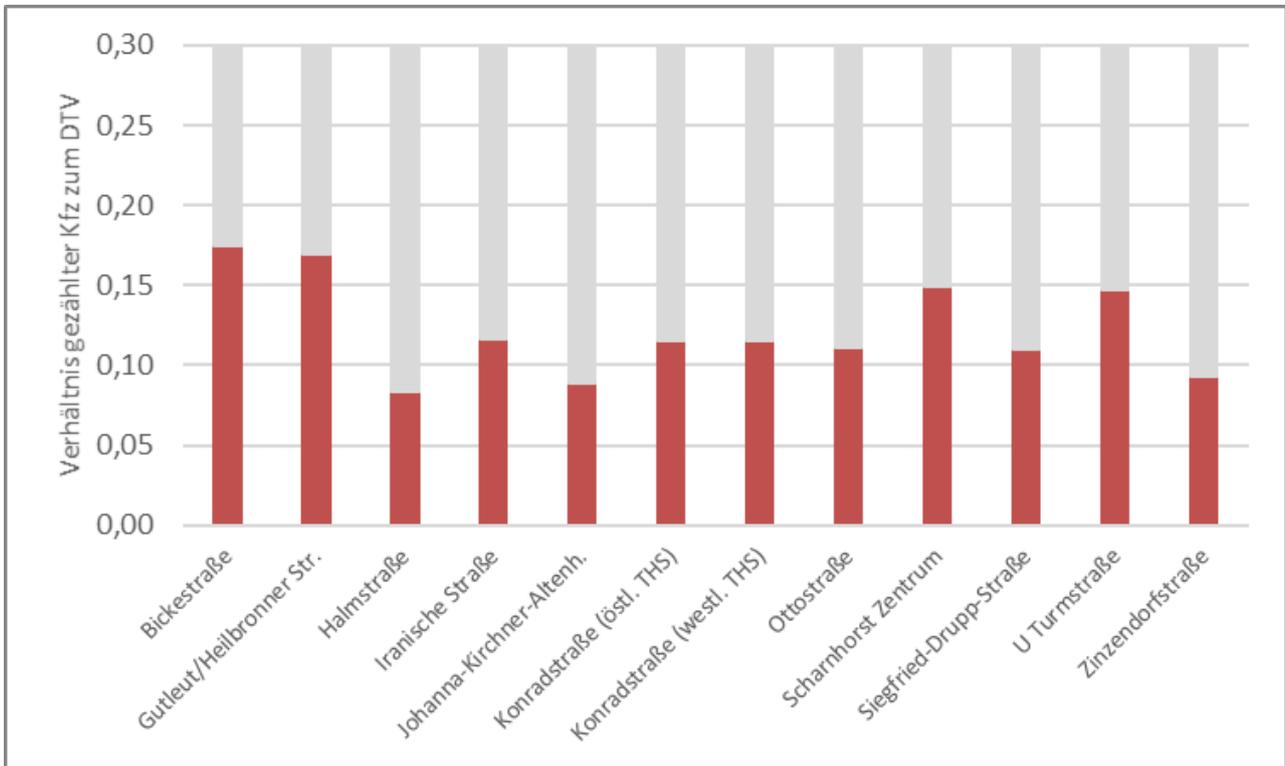


Abbildung 119: Anteil im Erhebungszeitraum gezählter Kfz (2 h) am DTW (y-Achse geschnitten) an Bushaltestellen

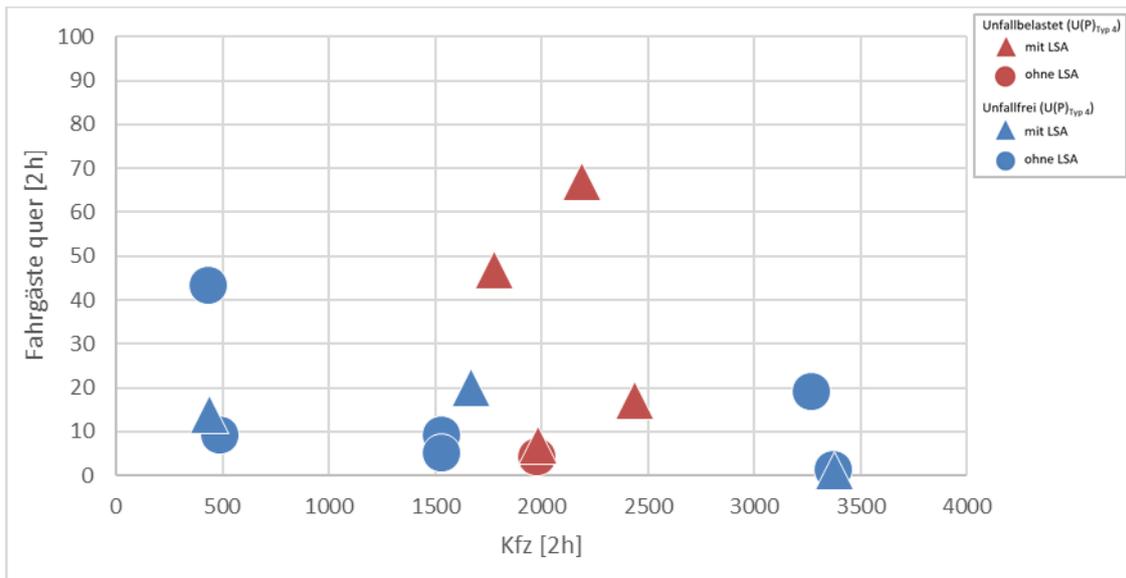


Abbildung 120: Einsatzbereiche der untersuchten Bushaltestellen in Abhängigkeit von Kfz- und Fahrgastquerverkehr und der Existenz einer LSA

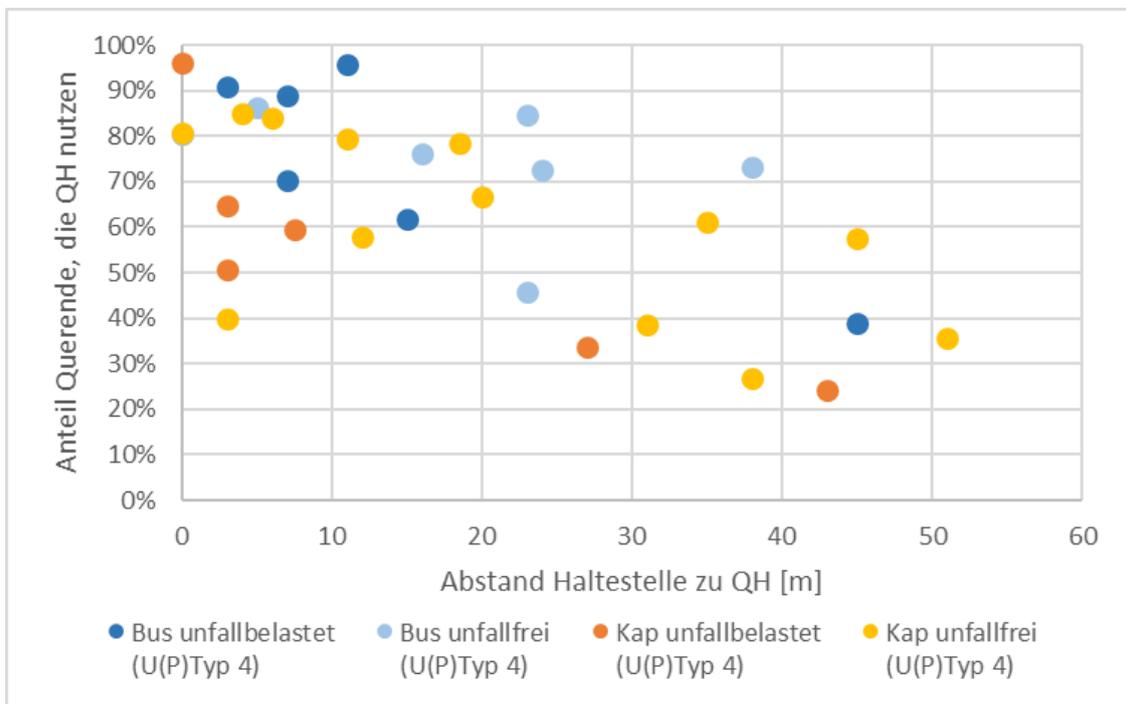


Abbildung 121: Nutzung von Querungshilfen (QH) in Abhängigkeit von deren Abstand zur Haltestelle

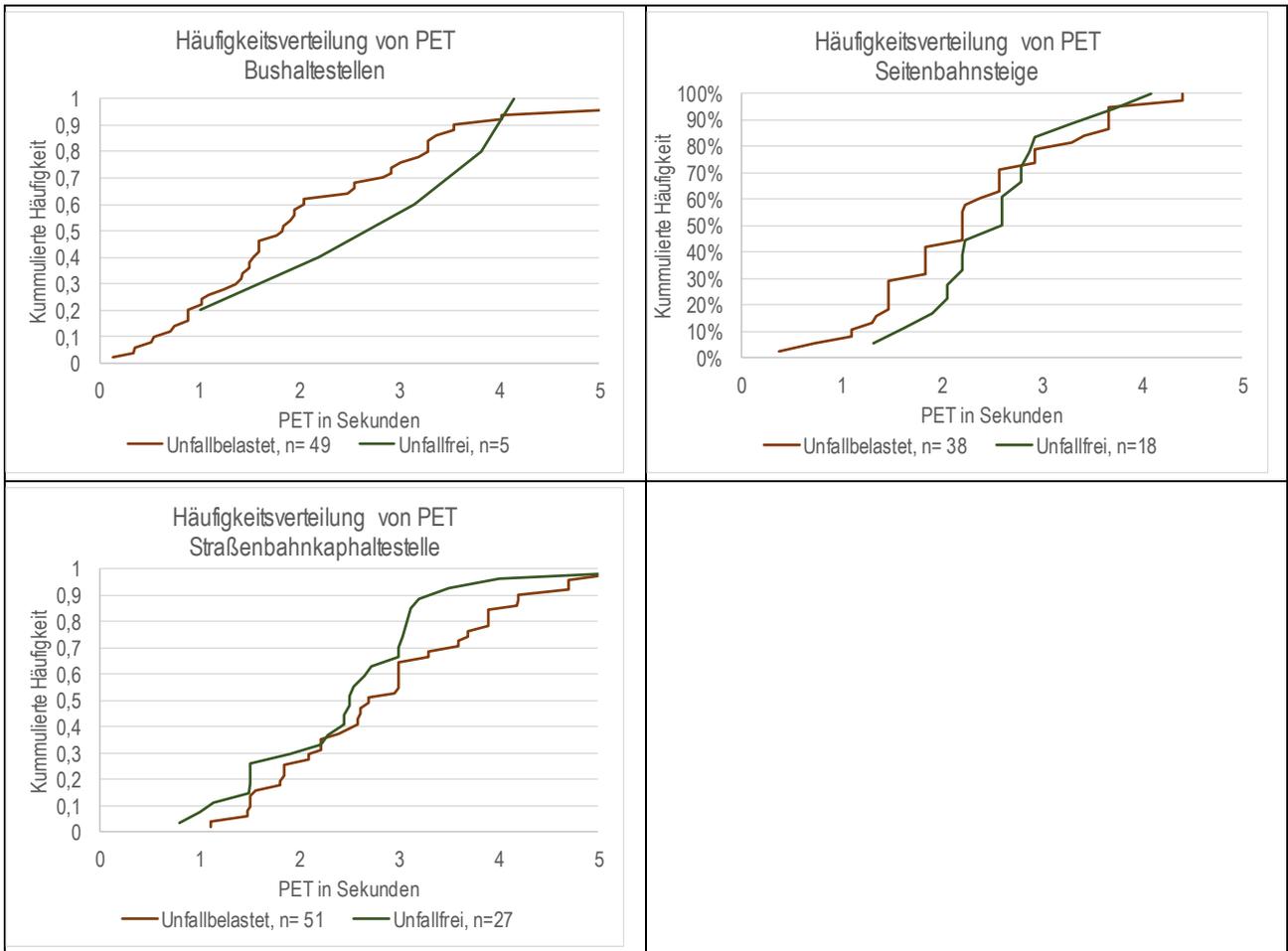


Abbildung 122: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz insgesamt und je nach Haltestellenform, unfallbelastete und unfallfreie Haltestellen im Vergleich

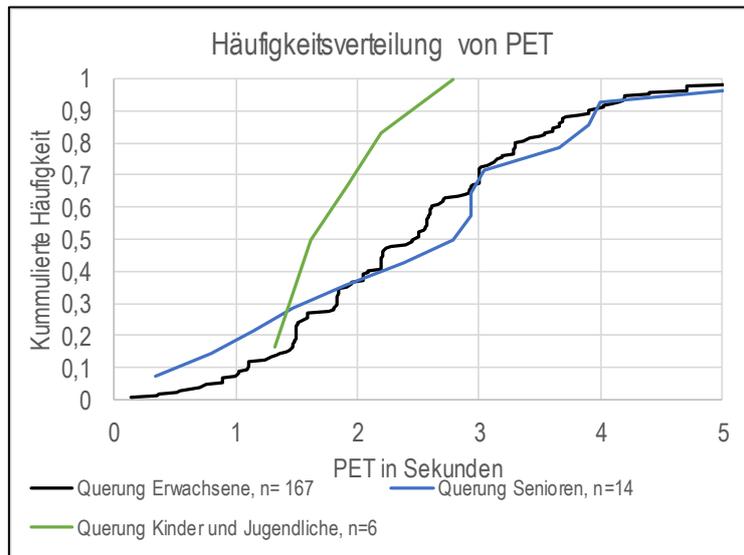
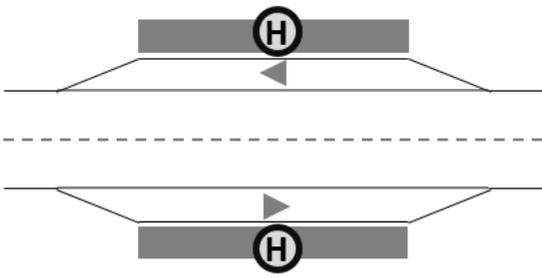
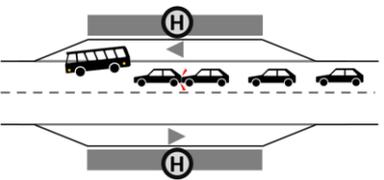
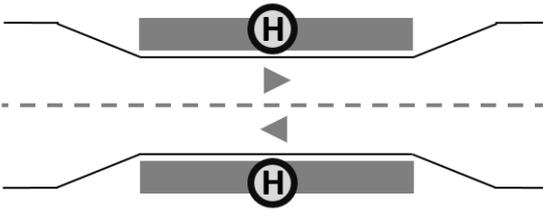
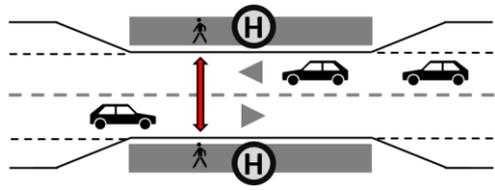


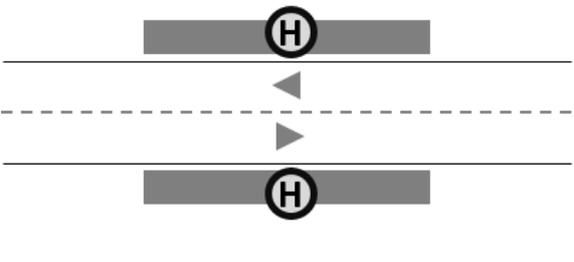
Abbildung 123: Häufigkeitsverteilung der PET bei Fußgängerquerungen vor Kfz, Vergleich der Verteilung der PET für unterschiedliche Altersgruppen

Anhang 4: Faktenblätter der Haltestellentypen

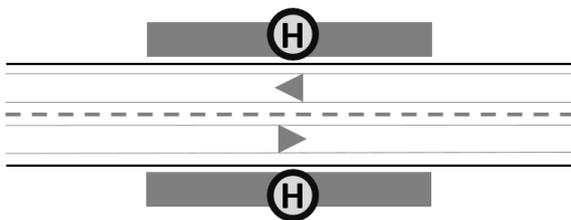
Faktenblatt 1: Busbuchten	Verkehrsmittel: Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 1 von 1																								
																										
Erkenntnisse aus der Literatur																										
<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Unfallkosten als an Fahrbahnrand- und Kaphaltestellen (Baier 2007) • Vorrangig durch Unfälle im Längsverkehr zu erklären (Schüller/Schäfer 2007) ► (E1, M1)¹ 																										
Erkenntnisse der makroskopischen Analyse	N = 82 Haltestellen																									
<ul style="list-style-type: none"> • Vergleichbares Sicherheitsniveau wie Kaphaltestellen für Busse (repräsentiert durch $UKR_{U(P,SS)}$) • Fast 50 % der Haltestellen sind im fünfjährigen Betrachtungszeitraum unfallfrei (bzgl. Unfälle der Typen 1, 4, 6 und 7) • Verkehrsart MIV dominiert bei Hauptverursachern (71 %) und bei den weiteren Unfallbeteiligten (82 %); knapp 50 % des Unfallgeschehens resultiert aus Auffahrunfällen ► (E1, M1) 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10⁶·Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>82</td> <td>1,95</td> <td>66.300</td> <td>50.300</td> <td>39,21</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>82</td> <td>1,21</td> <td>39.200</td> <td>51.200</td> <td>27,01</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10 ⁶ ·Kfz·km]	U(P,SS)	82	1,95	66.300	50.300	39,21	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	82	1,21	39.200	51.200	27,01						
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10 ⁶ ·Kfz·km]																					
U(P,SS)	82	1,95	66.300	50.300	39,21																					
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	82	1,21	39.200	51.200	27,01																					
Einsatzbereiche																										
<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzbereiche nach RASt 06: Einsatz ab 750 Kfz/h pro Richtung bei einbahnig zweistreifigen Straßen und einer Busfolgezeit < 10 Minuten • Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv: 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Verkehrsteilnehmerart</th> <th>Min</th> <th>10 %-Perzentil</th> <th>Median</th> <th>90 %-Perzentil</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kfz (DTV im Querschnitt)</td> <td>3.500</td> <td>6.470</td> <td>13.200</td> <td>32.600</td> <td>60.500</td> </tr> <tr> <td>Busse (pro h je Richtung)</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Fahrgäste (pro Tag)</td> <td>3</td> <td>30</td> <td>185</td> <td>2.638</td> <td>13.608</td> </tr> </tbody> </table>			Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max	Kfz (DTV im Querschnitt)	3.500	6.470	13.200	32.600	60.500	Busse (pro h je Richtung)	2	3	6	12	28	Fahrgäste (pro Tag)	3	30	185	2.638	13.608
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max																					
Kfz (DTV im Querschnitt)	3.500	6.470	13.200	32.600	60.500																					
Busse (pro h je Richtung)	2	3	6	12	28																					
Fahrgäste (pro Tag)	3	30	185	2.638	13.608																					
Typische Problemlagen																										
<p>(P1) Auffahrunfälle</p> 																										
Empfehlungen																										
<p>(E1) Überprüfung der Erkennbarkeit der Haltestellensituation für die rechtzeitige Wahrnehmung wiederanfahrender Busse auch für im Pulk fahrende Kraftfahrzeuge</p> <p>(M1) Prüfung der Einrichtung partieller ÖV-Sonderfahrstreifen bei Busbuchten vor LSA-Knoten zur Vermeidung von Auffahrunfällen beim Wiedereinfädeln</p>																										

¹ Die Problemlagen (P) sowie die daraus abgeleiteten Empfehlungen (E) und konkreten Maßnahmen (M) sind über alle Haltestellentypen durchnummeriert.

Faktenblatt 2: Kaphaltestellen für Busse	Verkehrsmittel: Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 1 von 1																								
																										
Erkenntnisse aus der Literatur																										
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bevorzugt einzusetzende Bushaltestellenform gemäß VÖV (1988) und Baier (2007)</i> • <i>Gemeinsam mit Haltestellen am Fahrbahnrand sicherste Haltestellenform in Baier (2007)</i> • Sicherheitsvorteile aufgrund guter Sichtbeziehungen zwischen Fahrzeugverkehr auf der Fahrbahn und querenden Fußgängern, zusätzlicher Flächenverfügbarkeit im Seitenraum, direkte Führung des MIV, geringfügige Verschwenkung der Fahrlinie von Bussen 																										
Erkenntnisse der makroskopischen Analyse		N = 30 Haltestellen																								
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vergleichbares Sicherheitsniveau wie Busbuchten (repräsentiert durch $UKR_{U(P,SS)}$), Sicherheitsvorteile aus der Literatur können nicht bestätigt werden</i> • UKR resultiert zum Großteil aus Überschreiten-Unfällen (73 %), wobei der MIV als Hauptverursacher dominiert (55 % der UKR) und Fußgänger die Mehrheit der 2. Beteiligten stellen (51 % der UKR) <ul style="list-style-type: none"> ► (M2) 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>UKR_{U(P,SS)} [€/10⁶·Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>30</td> <td>1,17</td> <td>31.900</td> <td>27.300</td> <td>42,18</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>30</td> <td>0,57</td> <td>23.100</td> <td>36.500</td> <td>25,10</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]	U(P,SS)	30	1,17	31.900	27.300	42,18	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	30	0,57	23.100	36.500	25,10						
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]																					
U(P,SS)	30	1,17	31.900	27.300	42,18																					
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	30	0,57	23.100	36.500	25,10																					
Einsatzbereiche																										
<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzbereiche nach RASt 06: bis 750 Kfz/h pro Richtung bei einbahnig zweistreifigen Straßen und einer Busfolgezeit ≥ 10 Minuten; sowie bis 650 Kfz/h pro Richtung bei einer Busfolgezeit ≤ 10 Minuten • Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv: 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Verkehrsteilnehmerart</th> <th>Min</th> <th>10 %-Perzentil</th> <th>Median</th> <th>90 %-Perzentil</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kfz (DTV im Querschnitt)</td> <td>1.200</td> <td>2.500</td> <td>6.200</td> <td>11.350</td> <td>18.400</td> </tr> <tr> <td>Busse (pro h je Richtung)</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Fahrgäste (pro Tag)</td> <td>27</td> <td>53</td> <td>184</td> <td>502</td> <td>1.123</td> </tr> </tbody> </table>			Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max	Kfz (DTV im Querschnitt)	1.200	2.500	6.200	11.350	18.400	Busse (pro h je Richtung)	2	3	5	6	12	Fahrgäste (pro Tag)	27	53	184	502	1.123
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max																					
Kfz (DTV im Querschnitt)	1.200	2.500	6.200	11.350	18.400																					
Busse (pro h je Richtung)	2	3	5	6	12																					
Fahrgäste (pro Tag)	27	53	184	502	1.123																					
Typische Problemlagen																										
<p>(P2) Überschreiten-Unfälle</p> 																										
Empfehlungen																										
<p>(M2) Prüfung der Anordnung von Querungshilfen (F-LSA, Mittelinsel, FGÜ) zur Verbesserung der Verkehrssicherheit querender Fußgänger/Fahrgäste im Haltestellenbereich (für hohe Akzeptanz nicht weiter als 20 m von der Halteposition des Busses abgerückt)</p>																										

Faktenblatt 3: Haltestellen am Fahrbahnrand für Busse	Verkehrsmittel: Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 1 von 2																		
																				
Erkenntnisse aus der Literatur																				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gemeinsam mit Kaphaltestellen sicherste Haltestellenform in Baier (2007)</i> • Vermeidung von Konflikten durch Führung des Radverkehrs auf Fahrbahnniveau (Mischverkehr mit und ohne Schutzstreifen oder Radfahrstreifen) (ERA 2010, Angenendt 2000) ► (E3) • Problematik der Überschreitunfälle durch Fußgänger, u.a. begünstigt durch fehlende geeignete Überquerungsanlagen sowie umwegebehaftete Anbindung der Haltestelle für Fußgänger im Bereich der freien Strecke (Grießbach 2016) ► (M2) 																				
Erkenntnisse der makroskopischen Analyse		N = 425 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Leicht höheres Sicherheitsniveau als die übrigen Bushaltestellenformen (repräsentiert durch UKR_{U(P,SS)})</i> • <i>Fast 50 % der Haltestellen waren im fünfjährigen Betrachtungszeitraum unfallfrei</i> • <i>Kein erhöhtes Unfallrisiko durch überbreite Fahrstreifen</i> • <i>Bushaltestellen am Fahrbahnrand allgemein: MIV dominiert als Hauptverursacher (60 % der UKR) und als 2. Beteiligter (60 % der UKR)</i> • <i>Bushaltestellen am Fahrbahnrand auf der freien Strecke: haben insgesamt die niedrigste Gesamt-UKR_{U(P,SS)}, allerdings die höchste UKR_{U(P,SS)} der Überschreiten-Unfälle ► (E2, M2)</i> 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>UKR_{U(P,SS)} [€/10⁶·Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>425</td> <td>1,73</td> <td>52.000</td> <td>31.000</td> <td>41,84</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>425</td> <td>0,98</td> <td>32.300</td> <td>33.600</td> <td>20,73</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]	U(P,SS)	425	1,73	52.000	31.000	41,84	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	425	0,98	32.300	33.600	20,73
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]															
U(P,SS)	425	1,73	52.000	31.000	41,84															
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	425	0,98	32.300	33.600	20,73															
Erkenntnisse der Verhaltensanalyse (Haltestellen auf freier Strecke)		N = 15 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Niedrige Aufkommen im Querverkehr (max. 50 Fußgänger/h bzw. maximal 10 Fahrgäste/h), wobei der überwiegende Anteil der Querungen (76 %) nicht im Zusammenhang mit dem ÖV steht. Unfallfreie Haltestellen weisen eine größere Spannweite bei geringen Belastungen an Fußgängern auf (0 bis 45 Fg/h); unfallbelasteten Haltestellen weisen mehr als 35 Fg/h auf (dort auch mehr Interaktionen); an unfallbelasteten Haltestellen liegt zumeist ein mittleres bis hohes Kfz-Aufkommen von 850 bis 1250 Kfz/h vor ► (E2, M2)</i> • <i>Die Akzeptanz von Querungshilfen nimmt mit zunehmender Entfernung ab, dabei war kein Zusammenhang zwischen Akzeptanz der Querungshilfe und dem Unfallgeschehen feststellbar ► (M2)</i> • <i>Bei höheren Geschwindigkeiten werden kleinere PET durch querende Fußgänger gewählt</i> • <i>Querungen vor oder hinter dem haltenden Bus wurden nur an zwei Haltestellen in größerer Zahl beobachtet</i> • <i>Im Mittel querten 11 % der Fußgänger bei Rot (kein Unterschied zwischen unfallbelasteten und unfallfreien Haltestellen), dabei weisen Haltestellen an Knotenpunkt-LSA die niedrigsten Rotläuferanteile auf</i> • <i>Konflikte zwischen Fußgängern und Radfahrern im Seitenraum nur an Haltestellen mit Radverkehrsführung im Seitenraum beobachtet (v. a. an Haltestellen mit gemeinsamen Geh- und Radwegen ohne Wartefläche sowie Haltestellen mit Radwegen hinter schmaler Wartefläche) ► (E3)</i> 																				

Faktenblatt 3: Haltestellen am Fahrbahnrand für Busse	Verkehrsmittel: Bus	Seite 2 von 2
	Führung ÖV: Mischverkehr	
	Lage Wartebereich: Seitenlage	



Einsatzbereiche

- Einsatzbereiche nach RAS 06: bis 750 Kfz/h pro Richtung bei einbahnig zweistreifigen Straßen und einer Busfolgezeit ≥ 10 Minuten
- Einsatzbereiche nach EAÖ:

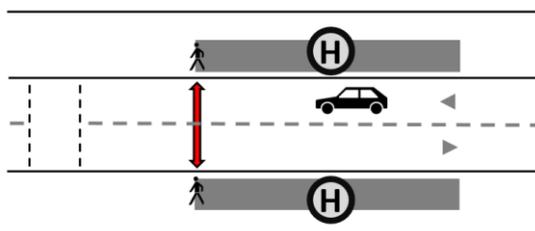
Taktfolgezeit	Zweistreifige Hauptverkehrsstraße	Vierstreifige Hauptverkehrsstraße
2 Minuten	bis ca. 500 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1 500 Kfz/h und Richtung
5 Minuten	bis ca. 630 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1 500 Kfz/h und Richtung
10 Minuten	bis ca. 710 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1 800 Kfz/h und Richtung
15 Minuten	bis ca. 710 Kfz/h und Richtung	bis ca. 1 800 Kfz/h und Richtung

- Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv:

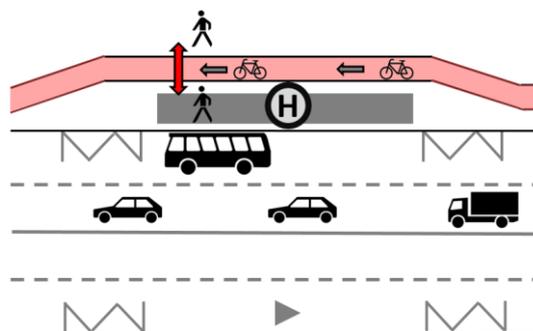
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max
Kfz (DTV im Querschnitt)	1.200	3.800	9.100	22.900	72.800
ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	1	3	6	12	30
Fahrgäste (pro Tag)	3	41	229	1.469	105.221

Typische Problemlagen

(P2) Überschreitunfälle, z.T. begünstigt durch geringe Akzeptanz von Querungsstellen aufgrund deren Abrückung von der Haltestelle

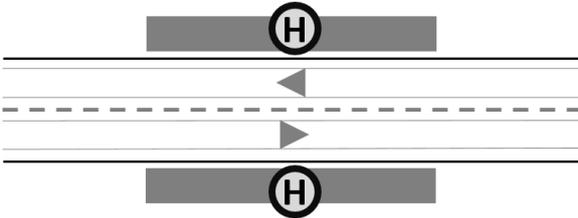
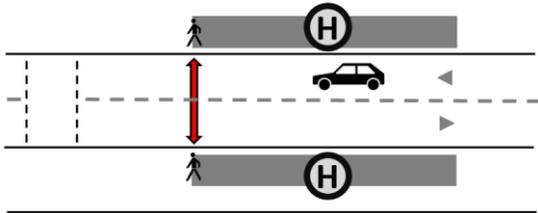


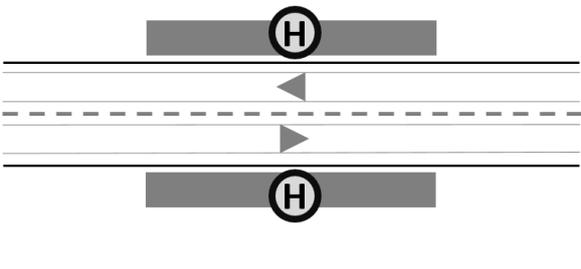
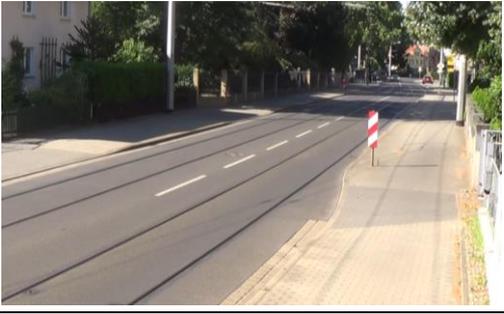
(P3) Konflikte zwischen Aussteigern und Radfahrern bei beengten Platzverhältnissen

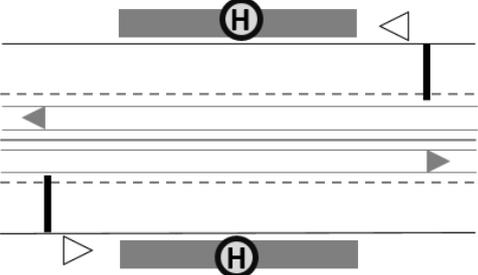


Empfehlungen

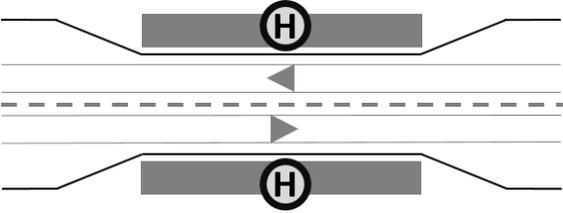
- (E2a) Überprüfung der Sichtbeziehungen zwischen Fahrzeugverkehr und querenden Fußgängern
- (E2b) Bei höheren Fußverkehrsstärken im Querverkehr (ab 35 Fg/h) sollte unabhängig vom Fahrgastaufkommen die Einrichtung von Querungshilfen geprüft werden
- (M2) Anlage von Querungshilfen (z.B. LSA, Mittelseln, FGÜ) möglichst in Gehrichtung der Fußgänger und mit geringem Abstand zwischen Querungshilfe und Halteposition der ÖV-Fahrzeuge, dabei sind ggf. auch nicht haltestellenbezogene Querungen zu berücksichtigen
- (E3) Sicherstellung ausreichender Flächen für den Radverkehr (Vermeidung gemeinsamer Geh- und Radwege sowie von Radwegen hinter zu schmalen Warteflächen)
- (M3) Führung des Radverkehrs möglichst auf Fahrbahnniveau (Radfahrstreifen, Mischverkehr mit und ohne Schutzstreifen)

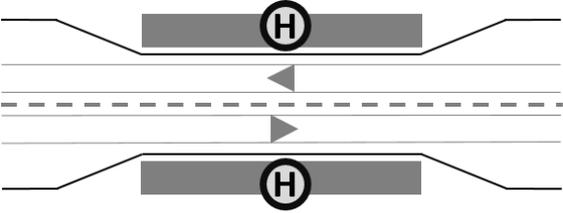
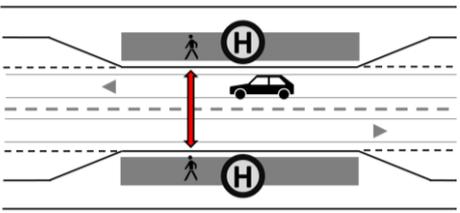
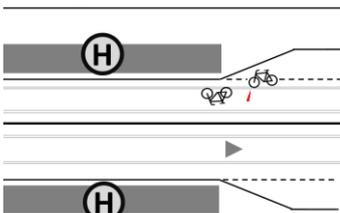
<p>Faktenblatt 4: Haltestellen am Fahrbahnrand für Straßenbahnen und Busse</p>	<p>Verkehrsmittel: Straßenbahn und Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage</p>	<p>Seite 1 von 2</p>																								
																										
<p>Erkenntnisse aus der Literatur</p>																										
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gemeinsam mit Kaphaltestellen sicherste Haltestellenform in Baier (2007)</i> • Vermeidung von Konflikten durch Führung des Radverkehrs auf Fahrbahnniveau (Mischverkehr mit und ohne Schutzstreifen oder Radfahrstreifen) (ERA 2010, Angenendt 2000) ➤ (M6) • Problematik der Überschreitenunfälle durch Fußgänger, u.a. begünstigt durch fehlende geeignete Überquerungsanlagen sowie umwegebehaftete Anbindung der Haltestelle für Fußgänger im Bereich der freien Strecke (Grießbach 2016) ➤ (M4) 																										
<p>Erkenntnisse der makroskopischen Analyse</p>		<p>N = 31 Haltestellen</p>																								
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nach Kaphaltestellen geringstes Sicherheitsniveau im Vergleich zu den übrigen Haltestellenformen (repräsentiert durch UKR_{U(P,SS)})</i> • Über zwei Drittel des Unfallrisikos aus Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern als Hauptverursacher, wobei die von Fußgängern verursachten Unfälle dominieren ➤ (M4) 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>UKR_{U(P,SS)} [€/10⁶·Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>31</td> <td>2,39</td> <td>106.300</td> <td>43.200</td> <td>104,05</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>31</td> <td>1,48</td> <td>83.500</td> <td>54.4000</td> <td>80,57</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]	U(P,SS)	31	2,39	106.300	43.200	104,05	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	31	1,48	83.500	54.4000	80,57						
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]																					
U(P,SS)	31	2,39	106.300	43.200	104,05																					
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	31	1,48	83.500	54.4000	80,57																					
<p>Einsatzbereiche</p>																										
<ul style="list-style-type: none"> • Keine Angabe in den Regelwerken • Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv: 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Verkehrsteilnehmerart</th> <th>Min</th> <th>10 %-Perzentil</th> <th>Median</th> <th>90 %-Perzentil</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kfz (DTV im Querschnitt)</td> <td>1.100</td> <td>1.900</td> <td>8.300</td> <td>13.700</td> <td>17.700</td> </tr> <tr> <td>ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>15</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Fahrgäste (pro Tag)</td> <td>281</td> <td>437</td> <td>972</td> <td>2.726</td> <td>4.524</td> </tr> </tbody> </table>			Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max	Kfz (DTV im Querschnitt)	1.100	1.900	8.300	13.700	17.700	ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	6	6	8	15	18	Fahrgäste (pro Tag)	281	437	972	2.726	4.524
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max																					
Kfz (DTV im Querschnitt)	1.100	1.900	8.300	13.700	17.700																					
ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	6	6	8	15	18																					
Fahrgäste (pro Tag)	281	437	972	2.726	4.524																					
<p>Typische Problemlagen</p>																										
<p>(P4) Überschreitenunfälle, z.T. begünstigt durch geringe Akzeptanz von Querungsstellen aufgrund deren Abrückung von der Haltestelle</p> 																										

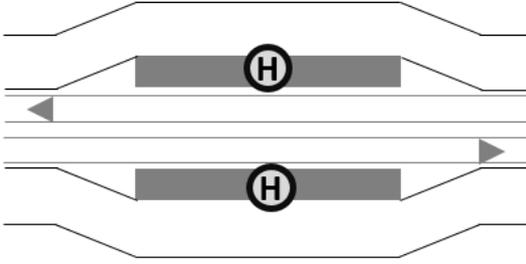
Faktenblatt 4: Haltestellen am Fahrbahnrand für Straßenbahnen und Busse	Verkehrsmittel: Straßenbahn und Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 2 von 2
		
Empfehlungen <p>(E4) Überprüfung der Sichtbeziehungen zwischen Fahrzeugverkehr und querenden Fußgängern</p> <p>(E4) Bei höheren Fußverkehrsstärken im Querverkehr (ab 35 Fg/h) sollte unabhängig vom Fahrgastaufkommen die Einrichtung von Querungshilfen geprüft werden</p> <p>(M4) Anlage von Querungshilfen (z.B. LSA, Mittelinseln, FGÜ) möglichst in Gehrichtung der Fußgänger und mit geringem Abstand zwischen Querungshilfe und Halteposition der ÖV-Fahrzeuge (Vermeidung von Abständen über 20 m), dabei sind ggf. auch nicht haltestellenbezogene Querungen zu berücksichtigen; Bei linienhaftem Querungsbedarf sollten linienhafte Maßnahmen zur Sicherung der Querungen geprüft werden (z.B. Reduktion der Geschwindigkeit, Einbau von Mittelstreifen)</p>		

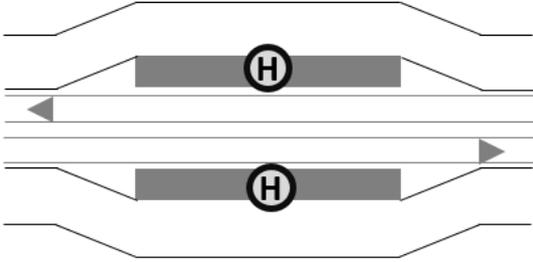
Faktenblatt 5: Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel	Verkehrsmittel: Straßenbahn Führung ÖV: Besonderer Bahnkörper in Mittellage oder Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 1 von 2																		
																				
Erkenntnisse aus der Literatur																				
<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Verkehrssicherheit als Haltestellen mit Seitenbahnsteigen, geringere Verkehrssicherheit als Haltestellen am Fahrbahnrand und Kaphaltestellen (Baier 2007) • Vorteile im Hinblick auf barrierefreie Gestaltung durch angehobene Fahrbahn (Angenendt 2002) • Prinzipiell sichere Haltestellenform, selten Kollisionen zwischen MIV und Fahrgästen (Angenendt 2002) • Höhere Verkehrssicherheit an Haltestellen ohne Zeitinsel im Vergleich zu Haltestellen mit Zeitinsel (womöglich zurückzuführen auf Defizite in der Gestaltung der Zeitinsel, z. B. Sichtbarkeit der Signalgeber, Abstimmung der Zeitinsel mit der Türöffnung, frühzeitiges Betreten der Fahrbahn durch Fahrgäste) (Baier 2007) 																				
Erkenntnisse der makroskopischen Analyse		N = 162 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • UKR bei Haltestellen mit Zeitinsel etwa 25 % niedriger als bei Haltestellen ohne Zeitinsel; UKR der Überschreiten-Unfälle an Haltestellen mit Zeitinsel nur halb so groß wie an Haltestellen ohne Zeitinsel ► (M5) <p><i>Mit Zeitinsel:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittleres Sicherheitsniveau im Vergleich zu den übrigen Haltestellenformen (repräsentiert durch $UKR_{U(P,SS)}$) • Auffahrunfälle bilden relevanten Teil des Unfallgeschehens (23 % der UR) ► (E6) • UKR der Fahrunfälle ist an Haltestellen mit Zeitinsel etwas höher als ohne Zeitinsel ► (E7) <p><i>Ohne Zeitinsel:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Geringstes Sicherheitsniveau im Vergleich zu den übrigen Haltestellenformen (zusammen mit Haltestellenkap für Straßenbahnen) • Kollisionen mit Fußgängern maßgebendes Sicherheitsproblem; Größter Teil der UKR resultiert aus Unfällen mit Fußgängern als 2. Beteiligter (55 %) ► (E5) • Hoher Anteil der UKR auf Alleinunfälle von Radfahrern zurückzuführen (30 %) 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10⁶·Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>162</td> <td>4,35</td> <td>164.600</td> <td>35.700</td> <td>94,04</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>162</td> <td>2,67</td> <td>104.500</td> <td>38.500</td> <td>59,09</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10 ⁶ ·Kfz·km]	U(P,SS)	162	4,35	164.600	35.700	94,04	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	162	2,67	104.500	38.500	59,09
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10 ⁶ ·Kfz·km]															
U(P,SS)	162	4,35	164.600	35.700	94,04															
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	162	2,67	104.500	38.500	59,09															

<p>Faktenblatt 5: Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel</p>	<p>Verkehrsmittel: Straßenbahn Führung ÖV: Besonderer Bahnkörper in Mittellage oder Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage</p>	<p>Seite 2 von 2</p>																								
<p>Einsatzbereiche</p>																										
<ul style="list-style-type: none"> Keine Angabe in den Regelwerken Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv: 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Verkehrsteilnehmerart</th> <th>Min</th> <th>10 %-Perzentil</th> <th>Median</th> <th>90 %-Perzentil</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kfz (DTV im Querschnitt)</td> <td>2.500</td> <td>5.065</td> <td>13.600</td> <td>22.285</td> <td>37.446</td> </tr> <tr> <td>ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>24</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>Fahrgäste (pro Tag)</td> <td>90</td> <td>401</td> <td>1.195</td> <td>3.566</td> <td>34.134</td> </tr> </tbody> </table>			Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max	Kfz (DTV im Querschnitt)	2.500	5.065	13.600	22.285	37.446	ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	3	6	12	24	48	Fahrgäste (pro Tag)	90	401	1.195	3.566	34.134
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max																					
Kfz (DTV im Querschnitt)	2.500	5.065	13.600	22.285	37.446																					
ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	3	6	12	24	48																					
Fahrgäste (pro Tag)	90	401	1.195	3.566	34.134																					
<p>Typische Problemlagen an Straßenbahnhaltestellen in Mittellage mit und ohne Zeitinsel</p>																										
<p>(P5) Unfälle zwischen Kfz und ein- oder aussteigenden Fahrgästen</p>	<p>(P6) Auffahrunfälle</p>																									
<p>Empfehlungen</p>																										
<p>(M5) Einsatz von Zeitinseln als Standard zur Sicherung des Fahrgastwechsels (E6) Besonderes Augenmerk auf die rechtzeitige Sichtbarkeit der Signalgeber legen, insbesondere auch für im Pulk fahrende Kfz (E7) Erkennbarkeit der Haltestellensituation (z. B. durch Poller mit Leitbake Z 605 StVO am Beginn der Haltestelle) sicherstellen</p>																										

Faktenblatt 6: Kaphaltestellen für Straßenbahnen	Verkehrsmittel: Straßenbahn und Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 1 von 2																		
																				
Erkenntnisse aus der Literatur																				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gemeinsam mit Haltestellen am Fahrbahnrand sicherste Haltestellenform in Baier (2007)</i> • <i>Sicherheitsvorteile aufgrund guter Sichtbeziehungen zwischen Fahrbahnverkehr und querenden Fußgängern, zusätzlicher Flächenverfügbarkeit im Seitenraum und direkter Führung des MIV</i> • Radverkehrsführung: <ul style="list-style-type: none"> ○ Besonderes Augenmerk auf Konflikte zwischen Radfahrern und Fahrgästen ○ Führung auf Fahrbahnniveau zur Vermeidung von Konflikten im Seitenraum ○ Vermeidung des spitzwinkligen Querens der Gleise (Cameron 2000) ○ Führung möglichst geradlinig durch Haltestellenbereich über angehobene Radfahrbahn ○ Keine besondere Gefährdung durch angehobene Radfahrbahnen (Kollmus 2013) 																				
Erkenntnisse der makroskopischen Analyse		N = 32 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Geringstes Sicherheitsniveau im Vergleich zu den übrigen Haltestellenformen (repräsentiert durch UKR_{U(P,SS)}; allerdings beeinflusst durch einige stark unfallauffällige Haltestellen), Sicherheitsvorteile aus der Literatur können nicht bestätigt werden</i> • Entgegen den Erkenntnissen der Literatur resultiert 67 % der UKR aus Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern als Hauptverursacher ► (M8, M9) • Kollisionen mit Fußgängern (Unfallart 6) maßgebendes Sicherheitsproblem (49 % der UKR); 22 % der UKR bilden durch den MIV verursachte Unfälle mit Fußgängerbeteiligung ► (M8) • Alleinunfälle von Radfahrern beeinflussen hohe UKR maßgeblich (häufig Stürze infolge des Überfahrens der Gleise bzw. vereinzelt auch des Bordsteins) ► (M9) 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UKU(P,SS)]</th> <th>UKR_{U(P,SS)} [€/10⁶·Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>32</td> <td>2,81</td> <td>128.700</td> <td>52.200</td> <td>109,53</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>32</td> <td>2,25</td> <td>106.700</td> <td>50.800</td> <td>90,85</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UKU(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]	U(P,SS)	32	2,81	128.700	52.200	109,53	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	32	2,25	106.700	50.800	90,85
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UKU(P,SS)]	UKR _{U(P,SS)} [€/10 ⁶ ·Kfz·km]															
U(P,SS)	32	2,81	128.700	52.200	109,53															
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	32	2,25	106.700	50.800	90,85															
Erkenntnisse der Verhaltensanalyse (1/2)		N = 28 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • Niedriges Fußverkehrsaufkommen im Längs- und Querverkehr, wobei der Fußgängerquerverkehr von nicht haltestellenbezogenen Querungen dominiert wird (68 %), dieser Anteil ist bei stärkerer Umfeldnutzung höher • Sinkende Akzeptanz signalisierter Querungshilfen durch Fußgänger bei Entfernungen von über 20 m (bezogen auf den Abstand zwischen Querungshilfe und ÖV-Fahrzeugfront bzw. -heck), dabei können bereits geringe Unterschiede in der Lage einer LSA in Relation zur Gehrichtung der Fußgänger einen deutlichen Einfluss auf die Nutzung der LSA haben ► (M8) • Rotläuferanteil liegt im Mittel bei 7 % (kein Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen feststellbar), wobei der Rotläuferanteil an Knotenpunkt-LSA durchgehend niedriger ist als an Fußgänger-LSA • Bei linienhaftem Querungsbedarf durchgehend geringe Akzeptanz signalisierter Querungshilfen ► (M8b) • Querungen direkt vor oder hinter dem haltenden ÖV-Fahrzeug sind selten (kein Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen feststellbar), tendenziell mehr hinter dem ÖV-Fahrzeug gequert als davor 																				

Faktenblatt 6: Kaphaltestellen für Straßenbahnen	Verkehrsmittel: Straßenbahn und Bus Führung ÖV: Mischverkehr Lage Wartebereich: Seitenlage	Seite 2 von 2																								
																										
Erkenntnisse der Verhaltensanalyse (2/2)		N = 28 Haltestellen																								
<ul style="list-style-type: none"> • Zur Flächenwahl der Radfahrer ist festzustellen: ► (M9) <ul style="list-style-type: none"> ○ 50 % der Radfahrer fahren bereits bei Annäherung an die Haltestelle im Seitenraum (auf für den Radverkehr freigegebenen Gehwegen) ○ 60 % der Radfahrer fahren im Haltestellenbereich im Seitenraum (d.h. 10 % der Radfahrer wechseln von der Fahrbahn in den Seitenraum) ○ 40 % der Radfahrer fahren im Haltestellenbereich auf der Fahrbahn, davon überfahren die meisten vor oder hinter der Haltestelle die Gleise (87 %) ○ Kein Zusammenhang zwischen der Fahrlinie der Radfahrer bzw. der Anzahl an Gleis- und Bordüberfahrten und dem Unfallgeschehen nachweisbar 																										
Einsatzbereiche																										
<ul style="list-style-type: none"> • Keine Angabe in den Regelwerken • Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv: 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Verkehrsteilnehmerart</th> <th>Min</th> <th>10 %-Perzentil</th> <th>Median</th> <th>90 %-Perzentil</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kfz (DTV im Querschnitt)</td> <td>3.600</td> <td>5.340</td> <td>10.900</td> <td>13.985</td> <td>23.000</td> </tr> <tr> <td>ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>24</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Fahrgäste (pro Tag)</td> <td>342</td> <td>597</td> <td>1.277</td> <td>4.127</td> <td>7.885</td> </tr> </tbody> </table>			Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max	Kfz (DTV im Querschnitt)	3.600	5.340	10.900	13.985	23.000	ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	6	6	12	24	36	Fahrgäste (pro Tag)	342	597	1.277	4.127	7.885
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max																					
Kfz (DTV im Querschnitt)	3.600	5.340	10.900	13.985	23.000																					
ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	6	6	12	24	36																					
Fahrgäste (pro Tag)	342	597	1.277	4.127	7.885																					
Typische Problemlagen																										
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(P8) Überschreiten-Unfälle</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>(P9) Alleinunfälle von Radfahrern infolge von Gleisüberfahrten</p>  </div> </div>																										
Empfehlungen																										
<p>(M8a) Anlage von Querungshilfen (z.B. LSA) möglichst in Gehrichtung der Fußgänger, dabei Berücksichtigung der nicht-haltestellenbezogenen Querungen; Vermeidung von Abständen über 20 m zwischen Querungshilfe und Halteposition der ÖV-Fahrzeuge</p> <p>(M8b) Bei linienhaftem Querungsbedarf sollten linienhafte Maßnahmen zur Sicherung der Querungen geprüft werden (z.B. Reduktion der Geschwindigkeit, Einbau von Mittelstreifen)</p> <p>(M9) Führung des Radverkehrs außerhalb des Gleisbereichs bei gleichzeitiger Prüfung möglicher Konflikte zwischen Radfahrern und Fußgängern (z.B. angehobene Radfahrbahn mit Führung des Radverkehrs am Bord vor dem Wartebereich, wobei eine Gestaltung zu wählen ist, die keinen Vorrang von Radfahrern vor Ein- und Aussteigern suggeriert)</p>																										

Faktenblatt 7: Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage	Verkehrsmittel: Straßenbahn (und Bus) Führung ÖV: besonderer Bahnkörper in Mittellage (ggf. Mischverkehr) Lage Wartebereich: Mittellage	Seite 1 von 3																		
																				
Erkenntnisse aus der Literatur																				
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vorzugsvariante für Straßenbahnhaltestellen bei Führung in Mittellage gemäß VÖV (1988)</i> • Unsichere Haltestellenform, aufgrund vermehrt auftretende Überschreiten-Unfälle im Gleisbereich (Baier 2007) ► (E10) • Ursächlich dafür ist u.a. die Wahrnehmung einer reduzierten Gefährlichkeit der Gleisquerung im Vergleich zur Fahrbahnquerung (Castanier 2012) • Durch Fußgänger verursachte Überschreitenunfälle, u.a. begünstigt durch fehlende Abstimmung der Freigabezeiten an Lichtsignalanlagen auf einlaufende ÖV-Fahrzeuge ► (M12) 																				
Erkenntnisse der makroskopischen Analyse		N = 230 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mittleres Sicherheitsniveau im Vergleich zu den übrigen Haltestellenformen (repräsentiert durch $UKR_{U(P,SS)}$)</i> • 50 % der UKR auf Überschreiten-Unfällen (Typ 4) zurückzuführen ► (M11, M12, M13) • 45 % der UKR resultiert aus Unfällen mit einem Fußgänger als 1. Beteiligter • Auffahrunfälle als relevanter Teil des Unfallgeschehens (28 % der UR) ► (E14) • Parken im Haltestellenbereich hat einen negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit der Fußgänger • Problematik der Überschreiten-Unfälle im Gleisbereich kann nicht bestätigt werden ► (E10) 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10⁶-Kfz·km]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>230</td> <td>6,14</td> <td>234.100</td> <td>41.300</td> <td>66,61</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>230</td> <td>3,67</td> <td>157.000</td> <td>46.300</td> <td>45,71</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10 ⁶ -Kfz·km]	U(P,SS)	230	6,14	234.100	41.300	66,61	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	230	3,67	157.000	46.300	45,71
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/10 ⁶ -Kfz·km]															
U(P,SS)	230	6,14	234.100	41.300	66,61															
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	230	3,67	157.000	46.300	45,71															
Erkenntnisse der Verhaltensanalyse		N = 22 Haltestellen																		
<ul style="list-style-type: none"> • Höchstes Fußverkehrsaufkommen im Längs- und Querverkehr, wobei der überwiegende Teil (über 80 %) der Querungen von Fußgängern auf Fahrgäste zurückzuführen ist • Querungen außerhalb der Querungsstellen wurden nur an zwei Haltestellen beobachtet (hinsichtlich der Konflikte und des Unfallgeschehens sind diese aber nicht als sicherheitskritisch einzustufen) • Keine Unterschiede zwischen den Rotläuferanteilen an unfallfreien und unfallbelasteten Haltestellen • Rotläuferanteil nimmt mit steigender Fahrstreifenanzahl ab • Konflikte zwischen querenden Fußgängern und MIV aufgrund von <ul style="list-style-type: none"> ○ Querungen durch Rückstau (Konflikte mit Kfz auf 2. Fahrstreifen; Anfahren gestauter Kfz) ○ Laufeinstiegern ○ Rotlichtverstößen von Fußgängern (u. U. begünstigt durch Signalisierung) ► (M11, M12, M13) • Keine Konflikte zwischen querenden Verkehrsteilnehmern und ÖV-Fahrzeugen beobachtet 																				

<p>Faktenblatt 7: Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage</p>	<p>Verkehrsmittel: Straßenbahn (und Bus)</p> <p>Führung ÖV: besonderer Bahnkörper in Mittellage (ggf. Mischverkehr)</p> <p>Lage Wartebereich: Mittellage</p>	<p>Seite 2 von 3</p>
		

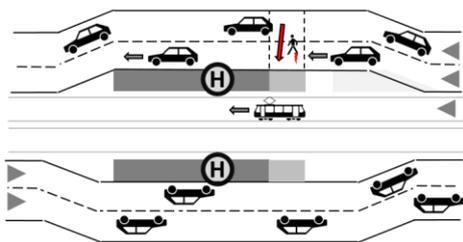
Einsatzbereiche

- Keine Angabe in den Regelwerken
- Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv:

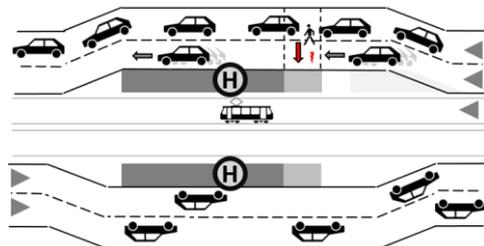
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max
Kfz (DTV im Querschnitt)	2.500	9.190	19.022	35.212	79.600
ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	3	6	18	42	84
Fahrgäste (pro Tag)	60	473	2.028	7.103	30.054

Typische Problemlagen

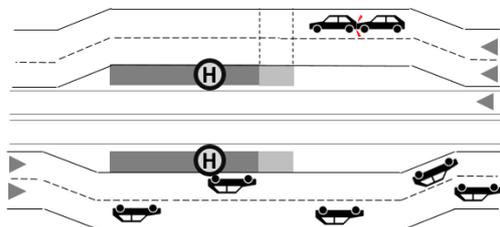
(P11, P12) Unfälle des Typs 4, u.a. durch Querungen von Laufesteigern, Rotlichtverstöße von Fußgängern, Sichtbehinderungen durch parkende Kfz

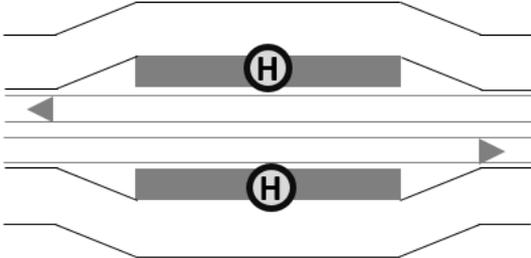


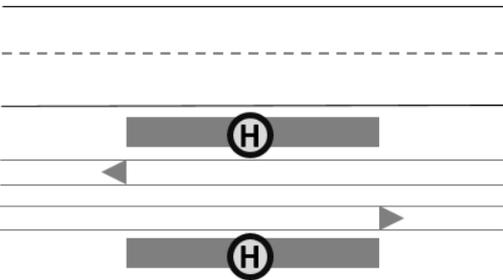
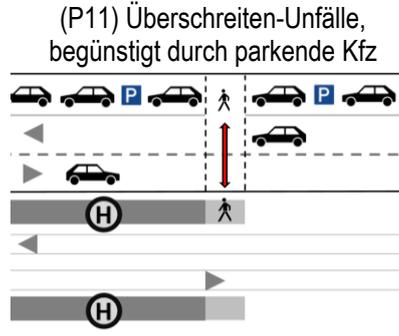
(P13) Querung von Fußgängern durch Rückstau mit Konflikt auf zweitem Fahrstreifen



(P14) Auffahrunfälle



<p>Faktenblatt 7: Haltestellen mit Seitenbahnsteigen in Mittellage</p>	<p>Verkehrsmittel: Straßenbahn (und Bus) Führung ÖV: besonderer Bahnkörper in Mittellage (ggf. Mischverkehr) Lage Wartebereich: Mittellage</p>	<p>Seite 3 von 3</p>
		
<p>Empfehlungen</p> <p>(E10) Bzgl. der Querung besonderer Bahnkörper ist auf eine möglichst plausible Signalisierung (der Gleisanlagen) zu achten (z. B. Vermeidung langer Sperrzeiten vor und nach Durchfahrt einer Straßenbahn)</p> <p>(M11) Prüfung des Verzichts auf Parkstände an unsignalisierten Querungsstellen und verkehrsorganisatorische oder bauliche Maßnahmen zur Verhinderung des Falschparkens</p> <p>(M12) Nach Möglichkeit abgestimmte Signalisierung der Fußgängerfurten mit einfahrenden ÖV-Fahrzeugen zur Verhinderung von Unfällen mit Laufeinsteigern bzw. Rotläufern</p> <p>(M13) Verhinderung der Überstauung von Fußgängerfurten z.B. durch abgestimmte Signalisierung, Stauraumüberwachung mit frühzeitiger Sperrung der Kfz-Ströme an der betreffenden Furt</p> <p>(E14) Sicherstellung der rechtzeitigen Sichtbarkeit der Signalgeber, insbesondere auch für im Pulk fahrende Kfz; zugleich Sicherstellung eines angepassten Geschwindigkeitsniveaus</p>		

<p>Faktenblatt 8: Haltestellen mit Seitenbahnsteigen an separaten ÖV-Trassen</p>	<p>Verkehrsmittel: Straßenbahn (und Bus) Führung ÖV: besonderer Bahnkörper in Seitenlage (ggf. Mischverkehr) Lage Wartebereich: Seitenlage</p>	<p>Seite 1 von 1</p>																								
																										
<p>Erkenntnisse aus der Literatur</p>																										
<ul style="list-style-type: none"> keine spezifischen Aussagen in der Literatur (ähnliche Problematiken wie bei Seitenbahnsteigen hinsichtlich der Querung von Gleisen) ➔ (E10) 																										
<p>Erkenntnisse der makroskopischen Analyse</p>		<p>N = 41 Haltestellen</p>																								
<ul style="list-style-type: none"> Höchstes Sicherheitsniveau über alle Straßenbahnhaltestellenformen (repräsentiert durch $UKR_{U(P,SS)}$; vergleichbar mit Busbuchten und Kaphaltestellen für Busse) Fast 50 % der Haltestellen sind im fünfjährigen Betrachtungszeitraum unfallfrei 60 % der UKR resultiert aus Überschreiten-Unfällen Höhere UKR für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an Haltestellen mit parkenden Kfz ➔ (M11) 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kollektiv</th> <th>Anzahl [Hst]</th> <th>Unfälle [U/Hst]</th> <th>UK [€/Hst]</th> <th>Unfallschwere [UK/U(P,SS)]</th> <th>$UKR_{U(P,SS)}$ [€/(10⁶·Kfz·km)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U(P,SS)</td> <td>41</td> <td>2,17</td> <td>75.000</td> <td>51.800</td> <td>45,20</td> </tr> <tr> <td>U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7</td> <td>41</td> <td>1,54</td> <td>51.300</td> <td>53.800</td> <td>30,45</td> </tr> </tbody> </table>			Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/(10 ⁶ ·Kfz·km)]	U(P,SS)	41	2,17	75.000	51.800	45,20	U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	41	1,54	51.300	53.800	30,45						
Kollektiv	Anzahl [Hst]	Unfälle [U/Hst]	UK [€/Hst]	Unfallschwere [UK/U(P,SS)]	$UKR_{U(P,SS)}$ [€/(10 ⁶ ·Kfz·km)]																					
U(P,SS)	41	2,17	75.000	51.800	45,20																					
U(P,SS) der Typen 1, 4, 6, 7	41	1,54	51.300	53.800	30,45																					
<p>Einsatzbereiche</p>																										
<ul style="list-style-type: none"> Keine Angabe in den Regelwerken Einsatzbereiche im Untersuchungskollektiv: 																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Verkehrsteilnehmerart</th> <th>Min</th> <th>10 %-Perzentil</th> <th>Median</th> <th>90 %-Perzentil</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kfz (DTV im Querschnitt)</td> <td>3.000</td> <td>5.700</td> <td>9.900</td> <td>22.400</td> <td>50.200</td> </tr> <tr> <td>ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>12</td> <td>24</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Fahrgäste (pro Tag)</td> <td>11</td> <td>97</td> <td>891</td> <td>3.164</td> <td>8.894</td> </tr> </tbody> </table>			Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max	Kfz (DTV im Querschnitt)	3.000	5.700	9.900	22.400	50.200	ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	3	4	12	24	40	Fahrgäste (pro Tag)	11	97	891	3.164	8.894
Verkehrsteilnehmerart	Min	10 %-Perzentil	Median	90 %-Perzentil	Max																					
Kfz (DTV im Querschnitt)	3.000	5.700	9.900	22.400	50.200																					
ÖV-Fahrzeuge (pro h je Richtung)	3	4	12	24	40																					
Fahrgäste (pro Tag)	11	97	891	3.164	8.894																					
<p>Typische Problemlagen</p>																										
<p>(P11) Überschreiten-Unfälle, begünstigt durch parkende Kfz</p> 																										
<p>Empfehlungen</p>																										
<p>(E10) Bzgl. der Querung besonderer Bahnkörper ist auf eine möglichst plausible Signalisierung (der Gleisanlagen) zu achten (z. B. Vermeidung langer Sperrzeiten vor und nach Durchfahrt einer Straßenbahn)</p> <p>(M11) Prüfung des Verzichts auf Parkstände an unsignalisierten Querungsstellen und verkehrsorganisatorische oder bauliche Maßnahmen zur Verhinderung des Falschparkens</p>																										



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43 / 43G
10117 Berlin
Postfach 08 02 64
10002 Berlin

Tel. 030/2020-5000
Fax 030/2020-6000
berlin@gdv.org, unfallforschung@gdv.de

www.gdv.de, www.udv.de