Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.

Forschungsbericht Nr. 82

Verkehrssicherheit an Fußgängerquerungen

Hagen Schüller
Miriam Niestegge
Lukas Knörr
Matthias Medicus
Marcel Schreiber

Unfallforschung der Versicherer
GDV

Forschungsbericht Nr. 82

Verkehrssicherheit an Fußgängerquerungen

Bearbeitet durch:

PTV Transport Consult GmbH
Hagen Schüller
Miriam Niestegge
Lukas Knörr

PTV GROUP
the mind of movement

Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik der TUDresden
Matthias Medicus

iVST INTEGRIERTE VERKEHRSPLANUNG UND STRAßENVERKEHRSTECHNIK

Projektleitung bei der UDV:
Marcel Schreiber

Unfallforschung der Versicherer
GDV

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
YouTube: www.youtube.com/unfallforschung

Redaktion
Marcel Schreiber

Bildnachweise
UDV und siehe Quellenangaben

Erschienen
05/2022

ISBN-Nr.
978-3-948917-13-5

Inhalt

Abbildungsverzeichnis 6
Tabellenverzeichnis 12
Abkürzungsverzeichnis 14
1 Aufgabenstellung 16
2 Literaturanalyse 18
2.1 Gesetzes- und Planungsgrundlagen 18
2.1.1 Straßenverkehrsordnung 18
2.1.2 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung 19
2.1.3 Technische Regelwerke 20
2.1.4 Spezifische Vorgaben und Regelwerke für die unterschiedlichen Querungsanlagen 25
2.1.5 Barrierefreiheit 33
2.2 Fachliteratur 34
2.2.1 Geschwindigkeitsverhalten von Fußgängern 34
2.2.2 Charakterisierung des Fußgängerverhaltens 34
2.2.3 Einflüsse auf die Verkehrssicherheit beim Überschreiten der Fahrbahn 35
2.2.4 Verkehrssicherheit verschiedener Querungsanlagen 36
2.2.5 Barrierefreiheit an Überquerungsstellen 38
2.3 Fazit Literatur 39
3 Methodik der Untersuchung 40
3.1 Auswahl der Untersuchungsstellen 40
3.1.1 Untersuchungsraum 40
3.1.2 Aufteilung der Untersuchungskollektive und Aufnahmekriterien 41
3.2 Erhebung der Untersuchungsstellen 43
3.2.1 Sichtfeldbewertung 44
3.2.2 Erhebung des Umfeldfaktors 44
3.2.3 Charakteristik Untersuchungsstellen 45
3.3 Unfallanalyse 48
3.3.1 Untersuchungskollektiv Deutschland (Stufe 1) 48

3.3.2 Untersuchungskollektiv Anlagenebene (Stufe 2) 48
3.3.3 Untersuchungskollektiv Anlagenebene (Stufe 3) 51
3.3.4 Analysemethodik 52
3.4 Erhebung Verkehrsstärken und Verhalten 58
3.4.1 Videobeobachtung 58
3.4.2 Auswertung Videobeobachtung 59
3.5 Lokale Erhebung schutzbedürftiger Personen 61
4 Ergebnisse 64
4.1 Unfallanalyse für das Untersuchungskollektiv Deutschland (Stufe 1) 64
4.1.1 Entwicklung verunglückter Fußgänger 64
4.1.2 Zeitliche Einordnung 66
4.1.3 Überschreiten-Unfälle 68
4.1.4 Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern nach Altersgruppen 70
4.1.5 Unfallgegner 72
4.1.6 Unfallursachen 73
4.1.7 Fazit zur Unfallanalyse der Stufe 1 (Untersuchungskollektiv Deutschland) 73
4.2 Unfallanalyse für 360 Querungsstellen (Stufe 2) 74
4.2.1 Unfallkenngrößen 74
4.2.2 Unfalltypen 79
4.2.3 Altersgruppen 82
4.2.4 Zeitlicher Verlauf 84
4.2.5 Witterung und Lichtverhältnisse 85
4.2.6 Verkehrsstärken und Einflüsse des Umfelds 86
4.2.7 Infrastrukturelle und verkehrstechnische Einflüsse 89
4.2.8 Anlagespezifische Teilanalysen 93
4.2.9 Fazit zur Unfallanalyse der Stufe 2 97
4.3 Untersuchungskollektiv mit Verkehrsstärken (Stufe 3) 101
4.3.1 Längsverkehr 101
4.3.2 Querverkehr 103

4.3.3 Gefahrene Geschwindigkeit 105
4.3.4 Unfallanalyse für Querungsstellen mit Fußgängerquerverkehrsaufkommen 105
4.3.5 Fazit Stufe 3 116
4.4 Verhaltensanalysen 116
4.4.1 Querungsort 117
4.4.2 Interaktionen 119
4.4.3 Anhalteverhalten 127
4.4.4 Fazit Verhaltensanalysen 129
4.5 Beobachtung besonders schutzbedürftiger Personen 129
4.5.1 Verhalten und Ablauf der Querungen 130
4.5.2 Sicherungsverhalten 132
4.5.3 Verhalten der Kfz-Führer 135
4.5.4 Begleitung 137
4.5.5 Interaktionen 137
4.5.6 Nutzung von Handy und Hilfsmitteln 139
4.5.7 Fazit Erhebung schutzbedürftiger Personen 139
4.6 Prüfung der Einsatzgrenzen der Querungsanlagen 141
5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen für die Praxis 143
5.1 Fußgänger-LSA (FG-LSA) 144
5.2 FGÜ 145
5.3 Mittelinsel 147
5.4 Nullfall 147
5.5 Empfehlungen für die Praxis 148
6 Literatur 151
7 Anhang 156
7.1 Erhebungsmerkmale 156
7.2 Unfallcharakteristik Stufe 2 161
7.3 Anlagenvergleich Stufe 2 163
7.4 Exposition Stufe 2 167

7.5 Weitere Einflussgrößen Stufe 2 172
7.6 Anlagetyp-spezifische Analysen 174
7.7 Erhebungsstellen Stufe 3 176
7.8 Unfallmodelle Stufe 3 179
7.9 Erhebungsbogen für die Vor-Ort-Erhebung schutzbedürftiger Personen 180

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeichen 293 (links) und Zeichen 350 (rechts) zu „Fußgängerüberweg“ 19

Abbildung 2: Einsatzbereiche von Überquerungsanlagen an zweistreifigen Straßen (Quelle: RASt 2006) 22

Abbildung 3: Haltesichtweitendefinition (Quelle: RASt 2006)..... 23

Abbildung 4: Abmessungen und Markierungen von Fußgängerfurten nach RASt 2006 und RiLSA 2015 (Quelle: FGSV 2006, FGSV 2010) 27

Abbildung 5: Definition Anlagenbereich (25 m) und Nahbereich (75 m) am Beispiel von Fußgänger LSA (FG-LSA) und Fußgängerüberwegen (FGÜ)43

Abbildung 6: Grundlage für die Ableitung des Umfeldfaktors (SCHÜLLER 2010)..... 45

Abbildung 7: Unfalldichte über den DTV_{Kfz} für Gesamtkollektiv und Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) 55

Abbildung 8: Interaktionsbereiche für querende Fußgänger und Radfahrer 60

Abbildung 9: Entwicklung verunglückter Fußgänger innerhalb von Ortschaften (Quelle DESTATIS 2019) 64

Abbildung 10: Entwicklung verunglückter Fußgänger innerhalb von Ortschaften in den vergangenen zehn Jahren (Quelle: DESTATIS 2019). 65

Abbildung 11: Entwicklung verunglückter Fußgänger an FGÜ (Quelle: DESTATIS 2019) 66

Abbildung 12: Beteiligte Fußgänger bei Unfällen mit Personenschaden nach Monaten (Quelle DESTATIS 2019) 67

Abbildung 13: Verunglückte bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen (Quelle DESTATIS 2019)..... 67

Abbildung 14: Verunglückte bei unterschiedlichen Straßenzuständen (Quelle DESTATIS 2019)..... 67

Abbildung 15: Unfallkategorie von innerörtlichen Fußgängerunfällen mit/ohne Überschreiten der Fahrbahn (Quelle DESTATIS 2019) 68

Abbildung 16: Überschreiten-Unfälle nach Unfallkategorien (Quelle DESTATIS 2019) 69

Abbildung 17: Überschreiten-Unfälle nach Straßenart (Quelle DESTATIS 2019)..... 69

Abbildung 18: Verletzte Fußgänger nach Unfallschwere und Altersgruppe (Quelle DESTATIS 2019)..... 70

Abbildung 19: Anteil verunfallter Fußgänger und Bevölkerungsanteil an Altersgruppen (Quelle DESTATIS 2019) 71

Abbildung 20: Unfallgegner bei Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern (Quelle DESTATIS 2019)..... 72

Abbildung 21: Ursachen innerörtlicher Straßenverkehrsunfälle durch Fehlverhalten von Fußgängern (Quelle DESTATIS 2019)..... 73

Abbildung 22: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Verteilung der Unfallhäufigkeiten für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung je Anlagenbereich (25 Meter) für Teilkollektiv 1..... 75

Abbildung 23: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) im Anlagenbereich (25 Meter) 76

Abbildung 24: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 2 im Anlagenbereich (25 Meter) 77

Abbildung 25: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 1 im Nahbereich (75 Meter)..... 78

Abbildung 26: Unfalltypenverteilung der Anlagentypen (Gesamtkollektiv)79

Abbildung 27: Unfallcharakteristik der Anlagentypen (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)..... 80

Abbildung 28: Unfallcharakteristik der Anlagentypen (Teilkollektiv 2)..... 81

Abbildung 29: Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle und Beteiligung von Radfahrern im Anlagenbereich (Gesamtkollektiv) 82

Abbildung 30: Verteilung der Altersgruppen der Fußgänger (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)..... 83

Abbildung 31: Verteilung der Altersgruppen der Fußgänger für die als Unfallursache ein Fehlverhalten durch die Polizei aufgenommen wurde (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) 83

Abbildung 32: zeitliche Verteilung der Unfälle im Jahresverlauf (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)..... 84

Abbildung 33: Auftreten von Dunkelheit und Nässe bei Unfällen im Anlagebereich nach Anlagetypen (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)..... 86

Abbildung 34: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten sowie den Anteilen unfallfreier Anlagenbereiche für Teilkollektiv 1 in Bezug auf das Vorhandensein besonderer Verkehrserzeuger 88

Abbildung 35: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 1 im Anlagenbereich für das Merkmal Bushaltestelle im Anlagen- oder Nahbereich 90

Abbildung 36: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Gesamt- und Teilkollektiv 1 im Anlagenbereich in Bezug auf das Tempolimit 91

Abbildung 37: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten differenziert nach Sichtfeldbewertung für Teilkollektiv 1 für Sichtfelder 50 m (oben) und Sichtfelder 30 m (unten) 92

Abbildung 38: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten für FGÜ differenziert nach Ausstattungsmerkmalen für Teilkollektiv 1 95

Abbildung 39: Anlagenvergleich basierend auf Anteil unfallfreier Bereiche sowie den Anteilen der Unfälle bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen für FGÜ mit und ohne Zusatzbeleuchtung für Teilkollektiv 1 95

Abbildung 40: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten für FGÜ mit und ohne Mittelinsel für Teilkollektiv 1 96

Abbildung 41: Verkehrsaufkommen des Kfz-Verkehrs nach Querungshilfe 101

Abbildung 42: Fußgängerlängsverkehr nach Querungshilfe 102

Abbildung 43: Radfahrer im Längsverkehr nach Querungshilfe 102

Abbildung 44: Fußgänger im Querverkehr nach Querungshilfe 104

Abbildung 45: Radfahrer im Querverkehr nach Querungshilfe 104

Abbildung 46: v_{85} der gefahrenen Geschwindigkeiten 105

Abbildung 47: Vergleich der Unfallkollektive der Stufe 2 (360 Stellen) und Stufe 3 (100 Stellen) in Bezug auf die Anzahl der unfallbelasteten Querungsanlagen 107

Abbildung 48: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostenraten (FG-Querverkehr) für das Gesamtkollektiv im Anlagebereich 108

Abbildung 49: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostenraten (FG-Querverkehr) für das Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) im Anlagebereich 109

Abbildung 50: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostenraten (FG-Querverkehr) für das Teilkollektiv 2 im Anlagebereich 109

Abbildung 51: Unfallkostenrate im Anlagenbereich für Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) über die v85-Geschwindigkeit unterschieden nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit 110

Abbildung 52: Unfallkostenrate im Anlagenbereich für Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) über die v85-Geschwindigkeit unterschieden nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit 111

Abbildung 53: Anteil der Fußgängerquerungen bis zu 25m neben der Querungsanlage 118

Abbildung 54: Anteil der Radquerungen bis zu 25m neben der Querungsanlage 118

Abbildung 55: Anteil der Querenden mit Interaktionen..... 119

Abbildung 56: Interaktionsrate querender Fußgänger bei Querungen auf oder neben der Anlage 120

Abbildung 57: Interaktionsrate querender Radfahrer bei Querungen auf oder neben der Anlage 121

Abbildung 58: Interaktionsrate unterteilt nach Interaktionsort (Seitenraum und Fahrbahn) 122

Abbildung 59: Schwere der Interaktionen von querenden Fußgängern auf dem ersten Fahrstreifen..... 123

Abbildung 60: Schwere der Interaktionen von querenden Fußgängern auf dem zweiten Fahrstreifen..... 124

Abbildung 61: Schwere der Interaktionen von querenden Radfahrern auf dem ersten Fahrstreifen..... 125

Abbildung 62: Schwere der Interaktionen von querenden *Radfahrern* auf dem zweiten Fahrstreifen..... 125

Abbildung 63: Anhalteverhalten von querenden Fußgängern..... 128

Abbildung 64: Anhalteverhalten von querenden Radfahrern 128

Abbildung 65: Alter der beobachteten Fußgänger je Beobachtungsstelle 130

Abbildung 66: Wartezeiten aller querenden Fußgänger..... 132

Abbildung 67: Sicherungsverhalten querender Fußgänger..... 133

Abbildung 68: Sicherungsverhalten querender Kinder..... 134

Abbildung 69: Sicherungsverhalten querender Senioren..... 135

Abbildung 70: Prüfung der Auswahl der Querungsanlagen anhand der Einsatzgrenzen der RASt (FGSV 2006), oben: Querungsanlagen mit v_{zul}=50 km/h, unten: Querungsanlagen mit v_{zul}=30 km/h 142

Abbildung 71: Fotostandorte bei der Vor-Ort-Erhebung..... 160

Abbildung 72: Unfallcharakteristik der Anlagentypen differenziert nach freier Strecke und Anschlussknotenpunkt AKP (Gesamtkollektiv) 161

Abbildung 73: Unfallcharakteristik der Anlagentypen differenziert nach freier Strecke und Anschlussknotenpunkt AKP (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)..... 161

Abbildung 74: relative zeitliche Verteilung der Unfälle im Jahresverlauf (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) 162

Abbildung 75: Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern und Personenschaden im Anlagenbereich nach Art der Querungsanlage und Uhrzeit der Unfälle (Teilkollektiv 1) 162

Abbildung 76: Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern und Personenschaden im Anlagenbereich nach Art der Querungsanlage und Wochentagen (Teilkollektiv 1)..... 163

Abbildung 77: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostenraten (Teilkollektiv 1)..... 164

Abbildung 78: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten (Gesamtkollektiv) 165

Abbildung 79: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostenraten (Gesamtkollektiv) 166

Abbildung 80: Anlagenvergleich basierend auf Anzahl der Stellen entsprechend der Unfallhäufigkeit (Teilkollektiv 2)..... 166

Abbildung 81: Anlagenvergleich differenziert nach Lage in Standrandbereichen /Ortsdurchfahrten (OD) oder im Stadtgebiet (Stadtg.) basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 1) 169

Abbildung 82: Anlagenvergleich differenziert nach Lage am Anschlussknotenpunkt basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 1) 169

Abbildung 83: Anlagenvergleich differenziert nach Lage am Anschlussknotenpunkt basierend auf Unfallkostendichten (Gesamtkollektiv) 170

Abbildung 84: Anlagenvergleich differenziert nach Tempolimit basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 2)..... 173

Abbildung 85: Anlagenvergleich differenziert nach Tempolimit basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 1) 173

Abbildung 86: festgestellte polizeiliche Unfallursachen für Unfälle auf der Furt der FG-LSA 174

Abbildung 87: festgestellte polizeiliche Unfallursachen für Unfälle im Zu-/Ablauf der Furt der FG-LSA 174

Abbildung 88: Unfälle mit Personenschaden nach Unfalltypen im Anlagenbereich (Teilkollektiv 2 unter Berücksichtigung aller Auffahrunfälle) 175

Abbildung 89: festgestellte polizeiliche Unfallursachen für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an Mittelinseln 175

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesetzes- und Planungsgrundlagen bei der Nutzung und Anlage von Fußgängerquerungsanlagen 18

Tabelle 2: Anforderungen an die Sichtfelder an Querungsanlagen (Quelle: FGSV 2002, FGSV 2006) 25

Tabelle 3: Mindestentfernungen für Erkennbarkeit von Sicht auf FGÜ (Quelle: BMVBW 2001, FGSV 2006, FGSV 2020) 28

Tabelle 4: Einsatzbereiche für FGÜ nach den R-FGÜ 2001 (Quelle: BMVBW 2001)..... 29

Tabelle 5: Einsatzbereiche von FGÜ aus dem Leitfaden zu FGÜ des Landes BW (Quelle. MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN WÜRTTEMBERG 2019)..... 30

Tabelle 6: Zusammenfassung der Anforderungen an Mittelinseln 31

Tabelle 7: Systematik zur Auswahl der Erhebungsstellen (Zielvorstellung) 41

Tabelle 8: Finale Verteilung der Fußgänger-Querungsstellen auf die Teilkollektive 43

Tabelle 9: Charakteristik der Untersuchungsstellen – Teil 1 46

Tabelle 10: Charakteristik der Untersuchungsstellen – Teil 2 47

Tabelle 11: Stichprobenumfang der drei untersuchten Unfallkollektive auf Stufe 2, Unfälle der Jahre 2014-2018 51

Tabelle 12: Stichprobenumfang der Untersuchungskollektive auf Stufe 3 52

Tabelle 13: Definition Interaktionsstufen 61

Tabelle 14: Mittlere Anzahl Unfälle pro Jahr und Querungsanlage im Anlagenbereich (25 Meter) 75

Tabelle 15: Erhobene Fußgänger und Radfahrer im Querverkehr 103

Tabelle 16: Unfallkollektive für die Analyse Stufe 3 mit Fußverkehrsaufkommen 106

Tabelle 17: Rangfolgen der Anlagetypen nach Unfallhäufigkeit (geringer bis höher, MI = Mittelinsel) 114

Tabelle 18: Anteile der Querungen ohne Halt 131

Tabelle 19: Häufigkeit und Verhalten von Kfz bei Querungen..... 136

Tabelle 20: Zusammenfassung der Erkenntnisse zur FG-LSA 144

Tabelle 21: Zusammenfassung der Erkenntnisse zu FGÜ 146

Tabelle 22: Zusammenfassung der Erkenntnisse zu Mittelinseln 147

Tabelle 23: Zusammenfassung der Erkenntnisse Stellen ohne Querungsanlage 148

Tabelle 24: Merkmale der Erhebung – Hintergrundinformationen und Art der Querungsanlage 156

Tabelle 25: Merkmale der Erhebung - verkehrliche Merkmale..... 157

Tabelle 26: Merkmale der Erhebung - Bauliche Merkmale und Barrierefreiheit 159

Tabelle 27: untersuchte Teilkollektive für Überprüfung der Zusammenhänge mit Expositionskenngrößen..... 167

Tabelle 28: Regressionsparameter und Signifikanzniveaus (p) für verschiedene Expositionskenngrößen als Ergebnis der Analyse mit dem Ansatz der verallgemeinerten linearen Modelle 168

Tabelle 29: Regressionsparameter und Signifikanzniveaus (p) für den Anlagenvergleich unter Berücksichtigung der Expositionsgrößen als Ergebnis der Analyse mit dem Ansatz der verallgemeinerten linearen Modelle 171

Tabelle 30: Regressionsparameter und Signifikanzniveaus (p) für die Überprüfung weiterer Einflussmerkmale als Ergebnis der Analyse mit dem Ansatz der verallgemeinerten linearen Modelle 172

Tabelle 31: Einzelstellen des Untersuchungskollektives Stufe 3..... 176

Tabelle 32: Ausgewählte Modellergebnisse für Stufe 3 179

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
EFA	Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen
AKP	Anschlussknotenpunkt
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
FB	Fahrbahn
Fg	Fußgänger
FG-LSA	Fußgänger-Lichtsignalanlage
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FGÜ	Fußgängerüberweg
FZ	Fahrzeug
Gt	Getötete
HVKP	Hauptverkehrsknotenpunkt
HVS	Hauptverkehrsstraße
i.d.R.	in der Regel
i.O.	innerhalb von Ortschaften/innerorts
Kfz	Kraftfahrzeug
KP	Knotenpunkt
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	OpenStreetMap
Pkw	Personenkraftwagen
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
Rf	Radfahrer
R-FGÜ	Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen
Sächs-StVZustG	Sächsisches Straßenverkehrszuständigkeitsgesetzes

StVO	Straßenverkehrsordnung
U	Unfälle
UKD	Unfallkostendichte
UKR	Unfallkostenrate
U(LV)	Unfälle mit leichtem Personenschaden
U(P)	Unfälle mit Personenschaden
U(S)	Unfälle mit Sachschaden
U(SP)	Unfälle mit schwerem Personenschaden
U(SS)	schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden
ÜS	Überschreiten-Unfall
VZ	Verkehrszeichen

1 Aufgabenstellung

Die Sicherheit von Fußgängerquerungen auf Straßen soll nach den EFA (FGSV 2002) und den RASt (FGSV 2006) durch die Anlage von Querungshilfen unterstützt werden. Die Auswahl und Festlegung erfolgt unter Berücksichtigung der Verkehrsstärken von Fußgängern und Kfz sowie der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Bisherige Untersuchungen zur Verkehrssicherheit von Querungshilfen erfolgten entweder nicht vergleichend oder ohne die Berücksichtigung des Fußgängeraufkommens im Querverkehr. Die vorliegende Untersuchung stellt daher einen Vergleich verschiedener Querungshilfen für den Fußverkehr unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausstattungsmerkmale, des Verkehrsaufkommens und auch gefahrener Geschwindigkeiten dar.

Das Ziel der Untersuchung ist die Entwicklung von Empfehlungen für die Praxis und möglichen Vorschlägen zur Anpassung der Regelwerke in Bezug auf Einsatzkriterien und Anforderungen von Querungshilfen.

Es erfolgt eine isolierte Beschreibung der Einflüsse auf die Verkehrssicherheit bzw. Randbedingungen je nach Typ der Querungshilfe. Dabei werden sowohl die Sicht als auch die allgemeine Verkehrssituation, der Radverkehr, die Lage zum Knotenpunkt, Haltestellen des öffentlichen Verkehrs, die Querschnittaufteilung und die Umfeldnutzung berücksichtigt.

Darauf aufbauend erfolgt eine Beschreibung unfallbegünstigender Gestaltungsmerkmale sowie die Ermittlung von Einsatzbereichen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke des Kfz-Verkehrs, der Querverkehrsstärke des Fußverkehrs und der Geschwindigkeit. Anhand von Untersuchungen zur Akzeptanz der Querungshilfe werden Empfehlungen zur Lage der Querungshilfen erstellt.

Aus der Unfallanalyse werden typische Konfliktsituationen ermittelt und entsprechende Lösungsansätze entwickelt. Da unterschiedliche Personengruppen unterschiedliches Querungsverhalten zeigen, wird vor allem der Einfluss unterschiedlicher Altersgruppen auf das Querungsverhalten untersucht.

Das Forschungsprojekt wird durch sechs aufeinander aufbauende Arbeitspakete gegliedert:

- AP1 Grundlagenanalyse
- AP2 Auswahl der Untersuchungsstellen
- AP3 Analyse der Verkehrssicherheit
- AP4 Videobeobachtungen und Geschwindigkeitsmessungen

- AP5 Lokale Erhebung des Verkehrsverhaltens besonders schutzbedürftiger Personen
- AP6 Empfehlungen für die Praxis
- AP7 Zusammenfassung und Dokumentation

2 Literaturanalyse

2.1 Gesetzes- und Planungsgrundlagen

Im ersten Teil der Literaturanalyse werden die wesentlichen Gesetzes- und Planungsgrundlagen mit Relevanz für Fußgängerquerungsanlagen thematisiert. In Tabelle 1 wird überblickend dargestellt, inwiefern die jeweilige Literatur auf die verschiedenen Arten von Fußgänger-Querungsstellen (Fußgänger-Lichtsignalanlagen (FG-LSA), Fußgängerüberweg (FGÜ), Mittelinsel, Stellen ohne Querungshilfe (Nullfall)) Bezug nimmt. Eine genauere Erläuterung zur Relevanz der Gesetzes- und Planungsgrundlagen folgt im Anschluss in den Kapiteln 2.1.1 bis 2.1.4.

Tabelle 1: Gesetzes- und Planungsgrundlagen bei der Nutzung und Anlage von Fußgängerquerungsanlagen

	Gesetzesgrundlage und Umsetzung		Einsatzgrenzen & grundlegende Anforderungen		Querungsspezifische Richtlinien			Barrierefreiheit
	StVO	VwV-StVO	RASt 2006	EFA 2002	R-FGÜ 2001	Einführungserlasse der Länder zur R-FGÜ - Einführungserlass BW 2019 - Einführungserlass Berlin 2001	RiLSA 2010	H BVA 2011
Fg-LSA	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓
FGÜ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Mittelinsel	(✓)	✓	✓	✓	X	X	X	✓
Nullfall	(✓)	(✓)	✓	✓	X	X	X	✓

✓ direkte Bezugnahme (✓) indirekte Bezugnahme X keine Bezugnahme

2.1.1 Straßenverkehrsordnung

Den Ausgangspunkt für die Einrichtung von Fußgängerquerungsanlagen bilden die Straßenverkehrsordnung StVO (Stand 18.10.2017) sowie die zugehörige Verwaltungsvorschrift VwV zur StVO (Stand 22.05.2017).

Die StVO legt einerseits die grundlegenden Verhaltensregeln bei der Teilnahme im Straßenverkehr fest. Auf das Verhalten beim Queren der Fahrbahn durch Fußgänger wird in §25 Absatz 3 näher eingegangen. Das Überschreiten der Fahrbahn durch Fußgänger muss demnach unter Beachtung des Fahrzeugverkehrs zügig und auf kürzestem Weg quer zur Fahrtrichtung erfolgen. Das Überschreiten der Fahrbahn ist nur an Kreuzungen oder Einmündungen, an Lichtzeichenanlagen innerhalb von Markierungen, an Fußgängerquerungshilfen oder auf Fußgängerüberwegen vorgesehen, sofern es die Verkehrsdichte, Fahrgeschwindigkeit, Sichtverhältnisse oder der Verkehrsablauf es erfordern. Beim Überschreiten der Fahrbahn an Kreuzungen oder Einmündungen besteht eine Benutzungspflicht vorhandener Fußgängerüberwege oder Markierungen an Lichtzeichenanlagen.

Andererseits geht die StVO auch im Speziellen näher auf Fußgänger-Lichtsignalanlagen (Fußgänger-LSA) in §37 und FGÜ in §26 ein. Lichtsignalanlagen und Lichtzeichenanlagen beschreiben dabei den gleichen Begriff. In §37 wird das Halten von Fahrzeugen bis zu 10 m vor einem Lichtzeichen untersagt, wenn es dadurch verdeckt wird. Des Weiteren wird die Bedeutung der Farben der Wechsellichtzeichen definiert. Lichtzeichen mit Gültigkeit für Fußgänger sind entsprechend mit dem Sinnbild „Fußgänger“ zu kennzeichnen. Die Farbfolge ist dabei mit Grün-Rot-Grün festgelegt. Bei Wechsel von Grün auf Rot während des Querungsvorgangs haben Fußgänger ihren Weg zügig fortzusetzen.

In §26 der StVO werden zusätzlich speziell für Fußgängerüberwege die Verhaltensregeln vorgeschrieben. Neben dem Vorrang am FGÜ sind u.a. auch das Freihalten des FGÜ und das Überholverbot am FGÜ geregelt. In diesem Zusammenhang sind zudem die Anlagen der StVO zu den Vorschriftszeichen und Richtzeichen zu beachten (siehe Abbildung 1). Die Markierung von Zeichen 293 verbietet das Halten auf und bis zu 5 Meter vor einem FGÜ. Das Zeichen 350 dient dagegen als Hinweis auf einen FGÜ.

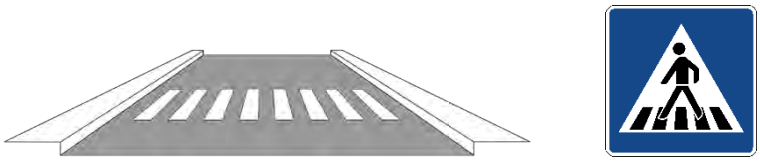


Abbildung 1: Zeichen 293 (links) und Zeichen 350 (rechts) zu „Fußgängerüberweg“

2.1.2 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung

Aufbauend auf die StVO regelt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) die Umsetzung der StVO und konkretisiert die Ausführung von Verkehrseinrichtungen für die kommunalen Straßenverkehrsbehörden und Straßenbauämter. Die VwV-StVO führt den §25 (3) der StVO weiter aus und betrachtet die Sicherung des Fußgängers beim Überqueren der Fahrbahn als „eine der vornehmsten Aufgaben der Straßenverkehrsbehörden und der Polizei“.

Bei starkem Fahrzeugverkehr fordert die VwV-StVO zu §25, dass der Einbau von Inseln (bzw. Mittelinseln) angeregt wird. Gerade auch wenn die Anlage von FGÜ ausscheidet, müssen zum Schutz der Fußgänger nicht immer Lichtsignalanlagen vorgesehen werden. Vielmehr genügt es in vielen Fällen, die Bedingungen für das Überschreiten der Fahrbahn zu verbessern. Wiederholt wird hierbei der Einbau von Inseln vorgeschlagen. Aber auch andere Maßnahmen, wie z.B. Halteverbote, Überholverbote, Geschwindigkeitsbeschrän-

kung oder Beleuchtung, können die Bedingungen beim Überschreiten der Fahrbahn verbessern.

Bezüglich der Fußgänger-LSA geht die VwV-StVO zu §37 genauer auf die Markierung von Fußgängerfurten ein, wobei auf die Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS 2008) verwiesen wird. Nach VwV-StVO zu §25 sind Fußgängerfurten an Stellen zu markieren, an denen der Fußgängerverkehr dauernd oder zeitweise durch besondere Lichtzeichen geregelt ist. Das Lichtzeichen für die Fußgänger muss bei Rot einen stehenden und bei Grün einen gehenden Fußgänger beinhalten. Darüber hinaus werden Anforderungen an die Mindestsperrzeit von 4 Sekunden getroffen. Ein Großteil der Festsetzungen zur Ausführung von Fußgänger-LSA betrifft jedoch vollsignalisierte Knotenpunkte, welche nicht Teil dieser Untersuchung sind und daher an dieser Stelle nicht weiter aufgeführt werden.

Auch zum in §26 der StVO thematisierten FGÜ gibt die VwV-StVO genauere Vorgaben. Diese fallen recht umfänglich aus und werden daher im querungsspezifischen Kapitel zu den FGÜ in Kapitel 2.1.4.2 aufgegriffen. Abschließend verweist die VwV-StVO auf die Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ).

2.1.3 Technische Regelwerke

Sowohl in den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 2006) als auch in den Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA 2002) werden allgemeine Empfehlungen für den Einsatz von Maßnahmen für den Fußgängerquerverkehr getroffen. Hierbei sind

- die Bedeutung der Querungsstelle für den Fußgängerverkehr,
- die städtebaulichen Randbedingungen,
- die Fahrzeugverkehrsstärke,
- die Sicherheit von Querungsanlagen (eng mit Akzeptanz und Komfort verbunden),
- sowie die verkehrsrechtliche Situation (Vorrangregelung) (nur RASt 2006)

zu berücksichtigen.

Im Folgenden werden die allgemeinen Einsatzbereiche und Anforderungen an Fußgängerquerungsanlagen von Seite der Regelwerke dargestellt, bevor im Detail auf die verschiedenen Arten von Fußgängerquerungsanlagen eingegangen wird.

2.1.3.1 Einsatzbereiche von Querungsanlagen

Die Einsatzbereich von Querungsanlagen werden in den RASt 2006 festgelegt und sind auch in den EFA 2002 fast identisch enthalten. Vorweg führt die RASt 2006 Gründe auf, unter welchen Voraussetzungen der Einsatz von Querungsanlagen in der Regel entbehrlich ist. Nach den RASt 2006 sind Querungsanlagen in der Regel entbehrlich, wenn

- an der potenziellen Querungsstelle ausreichend langsam gefahren wird ($V_{85} \leq 25$ km/h),
- kein besonders ausgeprägter Querungsbedarf besteht oder
- die Kfz-Verkehrsstärke bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h nicht mehr als 500 Kfz/Spitzenstunde bzw. bei 50 km/h nicht mehr als 250 Kfz/Spitzenstunde im Querschnitt beträgt.

Die EFA 2002 enthält ebenfalls die oben genannten Voraussetzungen, unterscheidet sich jedoch gegenüber den RASt 2006 in einem Punkt hinsichtlich der Verbindlichkeit. Querungsanlagen werden hier generell als entbehrlich angesehen, wenn ausreichend langsam gefahren wird ($V_{85} \leq 25$ km/h).

Darüber hinaus wird sowohl in den RASt 2006 als auch in den EFA 2002 festgesetzt, wann Querungsanlagen notwendig sind. Die RASt 2006 sehen die Notwendigkeit des Einsatzes von Querungsanlagen bis zu einer maximal zulässigen Geschwindigkeit von 50 km/h, wenn

- ausgeprägter Querungsbedarf vorliegt,
- die Verkehrsstärke mehr als 1000 Kfz/Sp.-h im Querschnitt beträgt und die Geschwindigkeit V_{zul} 50 km/h beträgt.

Nach den EFA 2002 sind Querungsanlagen notwendig, wenn beide Punkte vorliegen.

Die RASt erweitern damit die Einsatzbereiche von Querungsanlagen gegenüber den EFA 2002. Deckungsgleich sind beide Regelwerke darin, dass Querungsanlagen unabhängig von den Belastungen zweckmäßig sind, wenn regelmäßig mit schutzbedürftigen Fußgängern, wie z.B. Kindern und älteren Menschen zu rechnen ist. Unter dem Aspekt einer alternden Bevölkerung sowie unter Berücksichtigung der Schulwegsicherung ist dies bei einem Großteil der Querungsanlagen zu erwarten.

Die Wahl der Form der Überquerungsanlage auf der Strecke ist außerdem abhängig von den Verkehrsstärken sowie von den Umfeldbedingungen und -nutzungen. Für die Einsatzbereiche von Querungsanlagen existiert in beiden Regelwerken ein Schaubild, welches die zulässige Höchstgeschwindigkeit (V_{zul}) die Kfz-Verkehrsstärke (Kfz/h) sowie die Fußgängerquerverkehrsstärke (Fg/h) als benötigte Eingangsgrößen zur Bestimmung einer

geeigneten Querungshilfe einbezieht (siehe Abbildung 2). Das Schaubild kann für zweistreifige Innerortsstraßen mit einer Fahrbahnbreite bis zu 8,50 m angewandt werden. In den Regelwerken wird bei den Einsatzbereichen hierzu darauf verwiesen, dass für querende Fußgänger Fahrbahnbreiten bereits ab 7,00 m ungünstig sind und ggf. auf die Möglichkeit der Verschmälerung geprüft werden sollen.

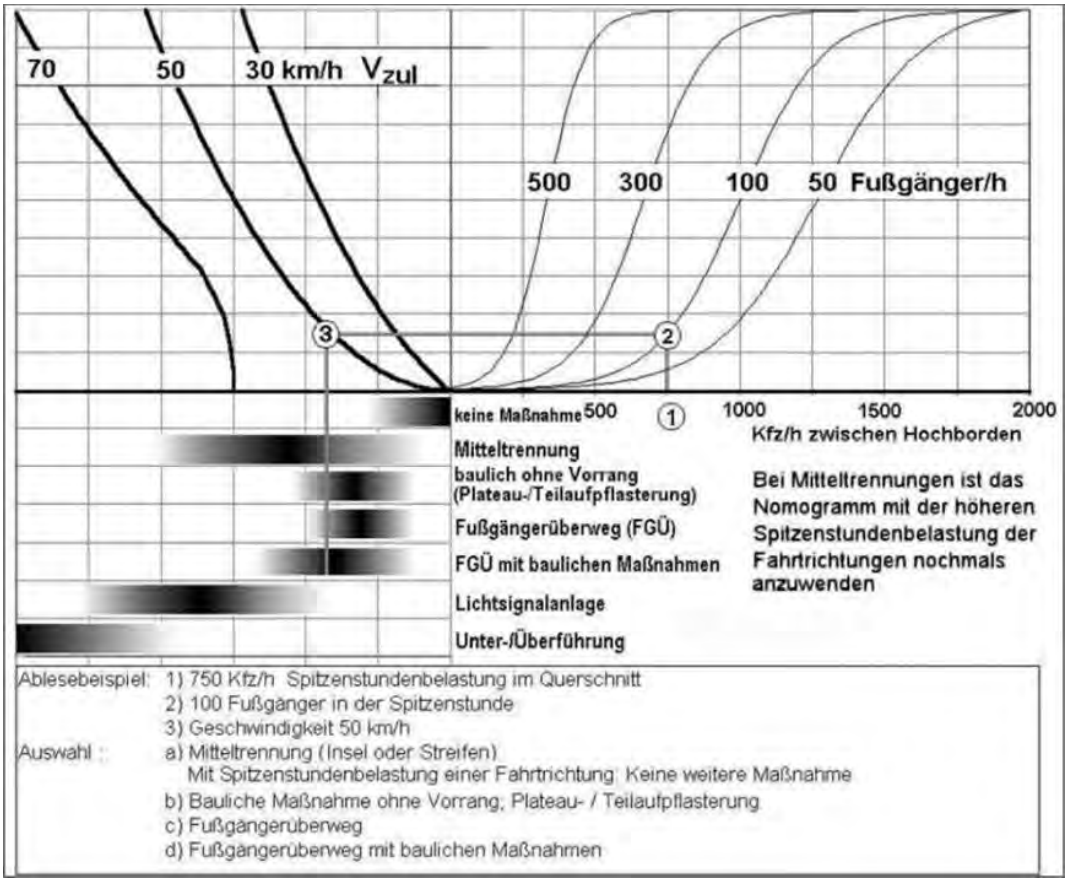


Abbildung 2: Einsatzbereiche von Überquerungsanlagen an zweistreifigen Straßen (Quelle: RASt 2006)

2.1.3.2 Anforderungen an Querungsanlagen

Die Einrichtung von Querungsanlagen ist an und zwischen Knotenpunkten möglich. Laut den RASt 2006 und den EFA 2002 sind dabei folgende Punkte sicherzustellen:

- Vermeidung von Umwegen
- Gute und frühzeitige Erkennbarkeit der Querungsanlagen
- Vermeidung von Sichtbehinderungen (z.B. Verkehrszeichen, Bepflanzung, parkende Kfz)
- Gute Sichtbeziehungen (nicht in engen Kurven, nicht hinter Kuppen)

- Gewährleistung der Haltesichtweite (S_H) und Sichtweite auf annähernde Fahrzeuge (S_W) in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (V_{zul}).

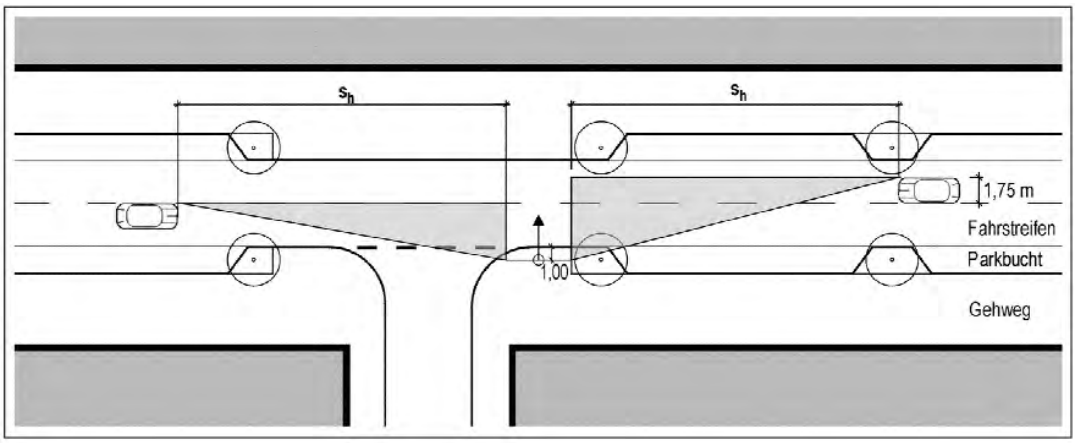


Abbildung 3: Haltesichtweitendefinition (Quelle: RASt 2006)

Die Anforderungen an die Sichtbeziehungen werden in beiden Regelwerken jeweils in einer Tabelle zusammengefasst. Die Anforderungen an die Sichtfelder sind dabei unter dem Abschnitt zu den Querungsanlagen in den EFA 2002 ausführlicher aufgelistet als in den RASt 2006. In den RASt 2006 wird beispielsweise auf die Haltesichtweite separat unter dem Kapitel „Sichtfelder“ eingegangen. Die Anforderungen an die Haltesichtweite unterscheiden sich dabei in beiden Regelwerken (siehe

Tabelle **2**). Zudem werden in den RASt die Sichtfelder über Sichtdreiecke unter Einbezug der Haltesichtweite berechnet.

Die Anforderungen an die Erkennbarkeit unterscheiden sich jedoch auch in Abhängigkeit der Bevorrechtigung an der Querungsanlage. So ist an FGÜ beispielsweise zu berücksichtigen, dass die vorgeschriebenen Sichtweiten auf einen querungswilligen Fußgänger auch bereits gewährleistet sein muss, wenn dieser sich im Abstand von einem Meter zum Fahrbahnrand an der Querungsanlage befindet. Für FGÜ sind zudem eigene Anforderungen an die Erkennbarkeit sowie an die Sichtfelder in den R-FGÜ 2001 definiert (Vgl. Kapitel 2.1.4.2).

Tabelle 2: Anforderungen an die Sichtfelder an Querungsanlagen (Quelle: FGSV 2002, FGSV 2006)

Kfz-Geschwindigkeit	V_{zul} (km/h)	30	40	50	Regelwerk
Sichtweite S_W	S_W in m	30	35	50	EFA 2002
Haltesichtweite S_H	S_H in m	15/22	25/33	35/47	EFA 2002 / RASt 2006
Freizuhalten ohne vorgezogene Seitenräume	F_{an} in m F_{ab} in m	10 5	15 10	20 15	EFA 2002 / RASt 2006
Freizuhalten mit vorgezogenen Seitenräumen [1)]	F_{an} in m F_{ab} in m	5 3	8 4	12 6	EFA 2002 / RASt 2006
	Mindestwert: $F_{an/ab} \geq B/2$				

[1)] Bei Vorsprüngen von mehr als 30 cm (max. 70 cm) vor die Begrenzungslinie der Sichthindernisse gilt der Mindestwert von B/2, an Fußgängerüberwegen der Mindestwert der StVO von 5 m vor dem Überweg

2.1.4 Spezifische Vorgaben und Regelwerke für die unterschiedlichen Querungsanlagen

In diesem Kapitel werden die jeweiligen Arten von Fußgängerquerungsanlagen nochmals einzeln betrachtet. Dabei werden u.a. wichtige Einsatzkriterien sowie Anforderungen an die Ausgestaltung und den Betrieb aus den allgemeingültigen und konkretisierenden Richtlinien und Empfehlungen zusammengefasst.

2.1.4.1 Lichtsignalanlagen

Der Einsatz einer Fußgänger-LSA wird in den RASt 2006 und EFA 2002 zur Sicherung von Stellen mit hohen Kfz-Verkehrsstärken, hohen Geschwindigkeiten und konzentriertem Fußgänger- bzw. Radverkehr als geeignet betrachtet. Die Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA 2015) leiten das Einsatzkriterium einer Fußgänger-LSA hingegen vorwiegend aus der Verkehrssicherheit ab. Demnach wird die Anlage von Fußgänger-LSA vor allem bei einer Häufung von Unfällen zwischen Kfz und querenden Radfahrern oder Fußgängern sowie bei der Gefährdung regelmäßig querender, besonders schutzbedürftiger Personen empfohlen. Dabei spielt die Anzahl der querenden schutzbedürftigen Personen keine Rolle.

In Bezug auf Einsatz und Betrieb von Fußgänger-LSA verweisen sowohl die EFA 2002 als auch die RASt 2006 auf die RiLSA 2015, in welcher die technische Ausführung im Detail dargelegt wird (z.B. Signalprogramm, Steuerungsverfahren, Technische Abnahme, Qualitätsmanagement).

Die zu beachtenden verkehrlichen Aspekte bei der Anlage einer LSA sind dagegen vorwiegend in den EFA 2002 und den RASt 2006 aufgeführt. Vor allem die EFA 2002 stellt die Anforderungen von Fußgängern an LSA genauer dar. Nach den RASt 2006 gilt zunächst einmal der Grundsatz, dass LSA Tag und Nacht in Betrieb zu halten sind. LSA dürfen in verkehrsschwachen Zeiten nur dann abgeschaltet werden, wenn die Gründe zur ursprünglichen Einrichtung der LSA während bestimmter Zeiten entfallen und ein sicherer Verkehrsablauf ohne Gefahren bei abgeschalteter LSA möglich ist. Auch in den EFA 2002 wird empfohlen, dass LSA zu allen Tageszeiten in Betrieb gehalten werden. Des Weiteren sollen sie aber auch unterschiedlichen Verkehrszuständen im Tagesverlauf in Form einer verkehrsabhängigen Steuerung angepasst werden. In den RiLSA 2015 wird auf Zielkonflikte bei den Verkehrsteilnehmern hingewiesen Dieser Zielkonflikt bei den Verkehrsteilnehmern zeigt sich laut den EFA 2002 in der Wartezeitempfindlichkeit von Fußgängern. Es ist bei der Planung einer Fußgänger-LSA zu beachten, dass nach über 40 Sekunden der Anteil der Fußgänger, welche die Sperrzeit missachten, deutlich zunimmt. Folglich steigt auch die Unfallgefahr. Eine bedarfsgesteuerte LSA sollte daher eine möglichst umgehende Einrichtung der Freigabezeit nach 7-30 Sekunden vorsehen (EFA 2002). Zudem wird sowohl in den RASt 2006 als auch in den EFA 2002 darauf hingewiesen, dass einzelne Fußgänger-LSA in der Nähe von nichtsignalisierten Knotenpunkten problematisch sind. Sollte an Knotenpunkten ein besonderer Querungsbedarf für Fußgänger bestehen, der eine Lichtsignalisierung erfordert, dann sollte der gesamte Knotenpunkt signalisiert werden. Gesonderte Fußgängerlichtsignalanlagen sollen nur in einem Abstand von mindestens 200 m zum nächsten Knotenpunkt angelegt werden.

Die RASt 2006 und die EFA 2002 weisen bei der Einrichtung einer LSA zudem auf die Beachtung der Barrierefreiheit hin. So soll beim Vorhandensein einer Mittelinsel an einer LSA für die Querungsmöglichkeit der Fahrbahn in einem Zuge gesorgt werden. Des Weiteren soll die Installation von Zusatzeinrichtungen für Sehbehinderte in Abstimmung mit den örtlichen Blindenorganisationen erfolgen. Für tiefergehende Anforderungen an die Barrierefreiheit wird auf die Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA 2011) verwiesen. Die H BVA wird in Abschnitt 2.1.5 näher betrachtet.

Die bauliche Ausführung von Fußgänger-LSA regeln sowohl die RASt 2006 als auch die RiLSA 2015. Die Regelbreite der Fußgängerfurten beträgt 4,00 m, jedoch mindestens 3,00 m bis maximal 12,00 m. Des Weiteren sollten

Fußgänger-LSA möglichst rechtwinklig zur Fahrbahn angelegt werden. Eine ausreichend große Bemessung der Warteflächen ist ebenso wichtig wie die Freihaltung der Sichtfelder. Die Abmessungen und Markierungen von Fußgängerfurten werden zudem in den RASt 2006 skizziert (siehe Abbildung 4).

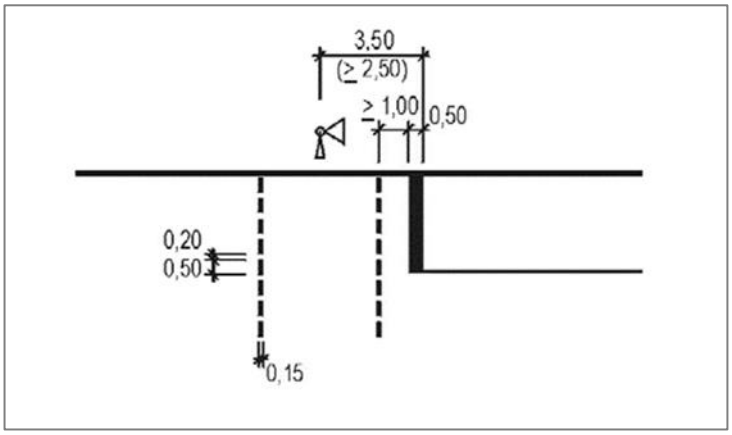


Abbildung 4: Abmessungen und Markierungen von Fußgängerfurten nach RASt 2006 und RiLSA 2015 (Quelle: FGSV 2006, FGSV 2010)

Die Anforderungen an die Warteflächen führen dagegen die EFA 2002 weiter aus. LSA sollten demzufolge genügend große Aufstellflächen für wartende Fußgänger bieten. Die Größe der Aufstellflächen richtet sich dabei nach der Anzahl der Fußgänger sowie nach der Art der zu erwartenden Nutzergruppen. Für einen Quadratmeter werden ungefähr zwei Personen gerechnet (Vgl. auch RiLSA 2015). In der Nähe von Kindergärten oder Schulen oder an anderen Stellen, an welchen mit größeren Personengruppen zu rechnen ist, sollten die Aufstellflächen größer ausfallen. Die Mindesttiefe der Aufstellfläche nach den EFA 2002 beträgt 1,50 m. Auch die ausreichend große Bemessung der Furtbreiten ist demnach von Bedeutung.

Weitere Empfehlungen speziell zu Lichtsignalanlagen außerhalb von (Hauptverkehrs-)Knotenpunkten geben die EFA 2002 und auch die RiLSA 2015. Die Steuerung soll hier möglichst auf Anforderung erfolgen. Die Steuerungsart einer „Dunkelanlage“ wird in den EFA 2002 in Betracht gezogen, wenn trotz seltener Anforderung ein Abschalten der Anlage nicht in Frage kommt. So bietet sich für den Fußgänger die Möglichkeit, die Fahrbahn wahlweise mit oder ohne Signalschutz zu queren. Die RiLSA 2015 weist darauf hin, dass diese Steuerung nur bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von maximal 50 km/h möglich ist. Eine vollständige Abschaltung bietet hingegen keinen Schutz. Bei der Grundeinstellung „Dunkel“ muss zusätzlich dem Fußgänger ein Hinweis gegeben werden, dass die Anlage betriebsbereit ist. Des Weiteren sollte die Steuerungsart von Fußgänger-LSA innerhalb einer Stadt möglichst einheitlich sein. „Alles-Rot-Signalanlagen“ werden aufgrund einer

hohen Rotlichtmissachtung und den damit einhergehenden Sicherheitsnachteilen nicht empfohlen (Vgl. EFA 2002).

2.1.4.2 Fußgängerüberwege

In § 26 der StVO ist das Verhalten der Verkehrsteilnehmer an FGÜ geregelt. In der zugehörigen Verwaltungsvorschrift werden darüber hinaus Maßgaben zur Anordnung von FGÜ und zu den Zeichen 293 und 350 beschrieben. Ebenso wird in der VwV-StVO auf die R-FGÜ 2001 verwiesen (Vgl. Kapitel 2.1.2). Die R-FGÜ 2001 ergänzen und präzisieren die Verwaltungsvorschrift.

Die R-FGÜ 2001 definieren zunächst allgemeine Voraussetzungen für die Anlage von FGÜ. So dürfen FGÜ nur innerhalb geschlossener Ortschaften und nur auf Straßenabschnitten mit durchgängiger zulässiger Höchstgeschwindigkeit von maximal 50 km/h angelegt werden. Außerdem dürfen FGÜ z.B. nicht in der Nähe von Lichtsignalanlagen oder auf Straßenabschnitten mit koordinierten Lichtsignalanlagen angelegt werden.

Auch die örtlichen Voraussetzungen bei der Anlage von FGÜ werden näher festgesetzt. Hierunter fallen spezifische Anforderungen an die Erkennbarkeit und Sicht und an die richtlinienkonforme Anordnung von Bushaltestellen an FGÜ. Die Anforderungen an die Erkennbarkeit und Sicht sind dabei strenger als die Anforderungen an die Sichtfelder an Querungsanlagen aus den RASt 2006 und den EFA 2002. Tabelle 3 zeigt den Vergleich der in der R-FGÜ geforderten Werte an die Erkennbarkeit und Sicht mit denen der RASt und ERA.

Tabelle 3: Mindestentfernungen für Erkennbarkeit von Sicht auf FGÜ (Quelle: BMVBW 2001, FGSV 2006, FGSV 2020)

	Kfz-Geschwindigkeit (V_{zul})			Regelwerk
	30 km/h	40 km/h	50 km/h	
Erkennbarkeit von FGÜ	-	-	-	RASt 2006
	50 m	**-**	**100 m**	**R-FGÜ 2001**
	-	-	-	EFA 2002
Sichtweite S_W	-	-	-	RASt 2006
	30 m	**-**	**50 m**	**R-FGÜ 2001**
	30 m	35 m	50 m	EFA 2002
Haltesichtweite S_H	22 m	33 m	47 m	RASt 2006
	30 m	**-**	**50 m**	**R-FGÜ 2001**
	15 m	25 m	35 m	EFA 2002

Darüber hinaus werden in den R-FGÜ 2001 die verkehrlichen Voraussetzungen für die Anlage von FGÜ aufgeführt. Von besonderer Relevanz sind hier die eigens für FGÜ formulierten Einsatzbereiche. Während die RASt 2006 und die EFA 2002 den Einsatz von FGÜ von der Bedeutung der Wegebeziehungen abhängig machen, sind die Einsatzbereiche in den R-FGÜ durch die Fußgängerquerverkehrsstärke (Fg/h) zur Spitzenstunde des Fußgänger-Querverkehrs und die zur gleichen Stunde vorherrschende Kfz-Verkehrsstärke (Kfz/h) des in einem Zug zu überquerenden Fahrbahnteils vorgegeben (siehe Tabelle 4). Eine Unterscheidung nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit findet hierbei im Gegensatz zur allgemeinen Festlegung der Einsatzbereiche von Querungsanlagen (Vgl. Abschnitt 2.1.3.1) aus den RASt 2006 und den EFA 2002 nicht statt.

Tabelle 4: Einsatzbereiche für FGÜ nach den R-FGÜ 2001 (Quelle: BMVBW 2001)

Kfz/h / Fg/h	0–200	200–300	300–450	450–600	600–750	über 750
0– 50						
50–100		FGÜ möglich	FGÜ möglich	FGÜ empfohlen	FGÜ möglich	
100–150		FGÜ möglich	FGÜ empfohlen	FGÜ empfohlen		
über 150		FGÜ möglich				

Damit die R-FGÜ in den jeweiligen Bundesländern ihre Gültigkeit besitzt, müssen diese von den zugehörigen Landesministerien per Ländererlass eingeführt werden. In den Bundesländern Baden-Württemberg, Berlin, Hessen und NRW wurden die Ländererlasse genutzt, um neben den R-FGÜ gültigen Festlegungen eigene Kriterien festzusetzen, welche die R-FGÜ ergänzen und zusammen mit den R-FGÜ anzuwenden sind. Diese Kriterien beziehen sich unter anderem auf die Einsatzgrenzen von FGÜ.

Die Erweiterung der Einsatzgrenzen umfasst in Berlin, dass die Bedingung einer Mindestanzahl von 50 Fg/Sp.-h des Fußverkehrs gestrichen und die mögliche Einsatzgrenze auf 900 Kfz/Sp.-h des Fußverkehrs ausgeweitet wurde (SENSTADT BERLIN 2001). Im Bundesland Hessen wurde im Rahmen der Schulwegsicherung die Mindestanzahl von querenden Fußgängern auf 30 Kinder pro Stunde (nicht weiter konkretisiert) reduziert (HMWVL 2002). Das Bundesland Baden-Württemberg hat im Jahr 2019 explizit für FGÜ einen landesweit gültigen Leitfaden per Ländererlass eingeführt (MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN WÜRTTEMBERG 2019). Auch hier werden die Einsatzgrenzen bezüglich der Fußgängerquerverkehrsstärke in der Spitzenstunde nach unten für besonders Schutzbedürftige geöffnet (siehe Tabelle 5). Ebenso können hier FGÜ bei Haltestellen sowie Straßen ohne gesicherte Überquerungsmöglichkeiten in zumutbarer Entfernung im Bereich von 0 bis 50 querenden Fußgängern pro Spitzenstunde des Fußverkehrs angelegt werden. Hinzu kommt im Leitfaden des Landes Baden-

Württemberg die Erweiterung der Kfz-Einsatzgrenzen nach oben. Unter strenger Einhaltung aller Sicherheitsanforderungen ist die Anlage von FGÜ im Leitfaden im Vergleich zur R-FGÜ 2001 auch bei höheren Kfz-Verkehrsstärken möglich.

Tabelle 5: Einsatzbereiche von FGÜ aus dem Leitfaden zu FGÜ des Landes BW (Quelle. MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN WÜRTTEMBERG 2019)

<table>
<tr><th>FG/
Spitzenstd.</th><th>0-200</th><th>200-300</th><th>300-450</th><th>450-600</th><th>600-750</th><th>750-900</th></tr>
<tr><td>0-50</td><td></td><td colspan="5">Fußgängerüberwege möglich bei besonders Schutzbedürftigen, bei Haltestellen sowie in Straßen ohne gesicherte Überquerungsmöglichkeiten in zumutbarer Entfernung.</td></tr>
<tr><td>50-100</td><td></td><td>Fußgänger-überwege möglich</td><td>Fußgänger-überwege möglich</td><td>Fußgänger-überwege empfohlen</td><td>Fußgänger-überwege möglich</td><td>Fußgängerüberwege bei strenger Einhaltung aller Sicherheitsanforderungen möglich. Mögliche Auswirkungen auf die Qualität des ÖPNV und des Kfz-Verkehrs sind zu prüfen und abzuwägen. Hierfür bietet sich z.B. eine Simulation an.</td></tr>
<tr><td>100-150</td><td></td><td>Fußgänger-überwege möglich</td><td>Fußgänger-überwege empfohlen</td><td>Fußgänger-überwege empfohlen</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>über 150</td><td></td><td>Fußgänger-überwege möglich</td><td colspan="2">Fußgängerüberwege bei strenger Einhaltung aller Sicherheitsanforderungen möglich. Mögliche Auswirkungen auf die Qualität des ÖPNV und des Kfz-Verkehrs sind zu prüfen und abzuwägen. Hierfür bietet sich z.B. eine Simulation an.</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Abschließend wird in den R-FGÜ näher auf die Ausstattung von FGÜ eingegangen. Auf allgemeine Erläuterungen zur verpflichtenden Ausstattung von FGÜ mit den in der StVO vorgesehenen Verkehrszeichen oder die Begrenzung der Fahrbahnbreite folgen explizit Vorgaben an die Beschilderung, Markierung und ortsfeste Beleuchtung von FGÜ. Die Gewährleistung der Erkennbarkeit kann dabei vor allem durch die Ausstattung des FGÜ mit einem Kragarm und einem innenbeleuchteten Zeichen 350 sichergestellt werden.

Im Ländererlass des Landes Berlin sind abweichend zu den R-FGÜ bei der Markierung des Zebrastreifens über Radverkehrsanlagen 0,25 m breite Streifen und Zwischenräume anstatt der deutschlandweit üblichen 0,50 m vorgesehen (SENSTADT BERLIN 2001).

Ähnlich wie bei den R-FGÜ werden in der VwV-StVO zu §26 zunächst die Kriterien zur Anlage von FGÜ aufgeführt. Es folgen Anforderungen an die verkehrlichen Voraussetzungen, die Lage, die Markierung und Beschilderung sowie an die Beleuchtung. Die Struktur ähnelt damit dem Aufbau der R-FGÜ 2001, ist jedoch weniger konkret. Die VwV-StVO und die R-FGÜ 2001 ergänzen sich in einigen Punkten, jedoch sind sie in einem Punkt nicht deckungsgleich. Die Anlage von FGÜ über zwei oder mehr Fahrstreifen wird in den R-FGÜ 2001 ohne Ausnahme ausgeschlossen, wohingegen VwV-StVO an wartepflichtigen Einmündungen oder Kreuzungen eine Ausnahme macht.

2.1.4.3 Mittelinseln

Der Einsatz von Inseln als Querungshilfe wird bereits in der Verwaltungsvorschrift zu § 25 Absatz 3 der StVO erwähnt. An Stellen, wo der Fahrzeugverkehr so stark ist, dass Fußgänger die Fahrbahn nicht sicher überschreiten können, ist bei der Straßenbaubehörde der Einbau von Inseln anzuregen (Vgl. VwV-StVO). Sowohl in den RASt 2006 als auch in den EFA 2002 werden Anforderungen an die Ausgestaltung von Mittelinseln gestellt. Die Angaben beider Regelwerke sind zum größten Teil konform. Eine Gegenüberstellung relevanter Anforderungen an Mittelinseln ist in Tabelle 6 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Anforderungen an Mittelinseln

	RASt 2006	**EFA 2002**
Anlage	Sowohl die Anlage einzelner Inseln als punktuelle Überquerungsanlage als auch der linienhafte Einsatz (max. 80 m Abstand zueinander) möglich	
	Mittelinseln sollten in möglichst direkter Verbindung der häufigsten Fußgängerquerungslinien liegen	
Ausgestaltung	Können mit oder ohne Verschwenkung der Fahrstreifen ausgebildet werden	
		Verminderung der Fahrgeschwindigkeit nur zu erwarten, wenn Tiefe des Versatzes mind. die Fahrstreifenbreite beträgt.
	Bei der Gestaltung (…) der Inseln ist darauf zu achten, dass keine Sichthindernisse für und auf Fußgänger entstehen, die auf der Insel warten	
	Inselköpfe sind auf deutliche Erkennbarkeit (auch bei Nacht) zu überprüfen Verwendung möglichst heller Borde / Borde mit Weißvorsatz	
	Lage der ortsfesten Beleuchtung ist von Bedeutung	
		An Stellen mit Inseln darf am Fahrbahnrand nicht geparkt / gehalten werden, um Sicht auf Fußgänger freizuhalten

<table>
<tr><th></th><th colspan="3">RASt 2006</th><th>EFA 2002</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Maße</td><td>Einsatzbereich</td><td>Breite der Insel</td><td>Breite der Wartefläche</td><td rowspan="4">Die Breite der Mittelinsel sollte in Höhe der Querung 2,50 bis 3,00 m betragen.</td></tr>
<tr><td>Überquerungsanlage für Fußgänger</td><td>2,00 m</td><td>4,00 m</td></tr>
<tr><td>Überquerungsanlage für Radfahrer und Rollstuhlfahrer</td><td>2,50 – 3,00 m</td><td>≥ 4,00 m</td></tr>
<tr><td colspan="3">In besonderen Fällen können Mittelinseln auch schmaler als 2,00 m (z.B. 1,60 m) ausgeführt werden, um Fußgänger und Radfahrer dennoch einen Schutzraum bei der Überquerung der Straße anzubieten</td></tr>
<tr><td colspan="4">zusätzlich in H BVA 2011:</td></tr>
<tr><td colspan="4">Mittelinseln erst ab 2,50 m für Menschen mit Rollstuhl ohne Einschränkungen nutzbar</td></tr>
</table>

2.1.4.4 Fußgängerquerung ohne Querungshilfe (Nullfall)

Das Thema Fußgängerquerung ohne Querungshilfe wird in keiner Richtlinie konkret behandelt. In den EFA 2002 werden neben den betrieblichen Maßnahmen (FGÜ oder LSA-Regelung) jedoch auch Elemente zur Verbesserung von Querungen in Form von baulichen Maßnahmen empfohlen. Diese Elemente können sowohl einzeln als auch in Kombination mit anderen Elementen oder Querungshilfen angewendet werden. Wesentliche bauliche Maßnahmen zur Verbesserung von Querungen sind:

- Verengung der Fahrbahn bzw. Verschmälerung der Fahrstreifen
- Fahrbahnteiler (Mittelstreifen/Mittelinseln)
- Teilaufpflasterungen
- Seitenstreifen vor Parkplätzen neben der Fahrbahn
- Vorgezogene Seitenräume

Die vorgezogenen Seitenräume werden explizit in den RASt 2006 erläutert. Sie entstehen, wenn Parkstreifen oder Grünstreifen bereichsweise unterbrochen werden. Die Gefahr von Sichtbehinderungen durch den ruhenden Verkehr kann durch die Anlage von vorgezogenen Seitenräumen über die Tiefe der Parkstände hinaus reduziert werden. Durch ortsfeste Beleuchtung sollen vorgezogene Seitenräume für den Fahrzeugverkehr deutlich erkennbar sein. Zusätzlich darf die Sicht auf Fußgänger nicht durch Bepflanzung und Beschilderung eingeschränkt werden.

2.1.5 Barrierefreiheit

Bezüglich der Überquerung von Fahrbahnen legen die Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen H BVA 2011 Anforderungen aus Sicht der Barrierefreiheit fest.

Zum einen ist die Berollbarkeit der Querungsanlage durch die Absenkung der Bordsteine zu gewährleisten. Zum anderen wird die Gewährleistung der Sicherheit, der Auffindbarkeit und Nutzbarkeit der Querungsanlage durch blinde und sehbehinderte Menschen gefordert. Hierzu sollen taktile, optische und akustische Elemente zum Einsatz kommen (z.B. Bodenindikatoren), welche visuell kontrastreich und taktil wahrnehmbar sein sollten.

Wichtig ist besonders das Vorhandensein einer ausreichenden Zahl sicherer und barrierefreier Überquerungen der Fahrbahn, da insbesondere Menschen mit Gehbehinderung eine erhöhte Entfernungsempfindlichkeit aufweisen.

Grundsätzlich bieten nach den H BVA 2011 signalisierte Überquerungsstellen mit akustischen oder taktilen Zusatzeinrichtungen für blinde und sehbehinderte Menschen die größte Sicherheit. Überquerungsanlagen ohne Vorrang erleichtern für diese Personengruppe das Queren der Fahrbahn nur bedingt.

Bezüglich der Bordsteinhöhe an der Überquerungsstelle besteht ein Zielkonflikt zwischen sehbehinderten und gehbehinderten Menschen. Während gehbehinderten Personen ein Bordstein auf Nullniveau gerade beim Gebrauch eines Rollators oder Rollstuhls entgegenkommt, wird dieser Bordstein durch sehbehinderte Personen nur sehr schlecht erkannt. Für sie ist ein höherer Bordstein, der die Abgrenzung zur Fahrbahn verdeutlicht, hilfreicher. Dieser kann wiederum für gehbehinderte Personen ein möglicherweise unüberwindbares Hindernis darstellen. In den H BVA (FGSV 2011) wird daher eine Bordhöhe von 3 cm als Kompromiss und unabdingbar angesehen. Optimalerweise besitzt eine Überquerungsstelle jedoch eine differenzierte Bordhöhe (0 cm und 6 cm), welche den Anforderungen beider Personengruppen gerecht wird.

Zur Barrierefreiheit einer Überquerungsanlage müssen darüber hinaus auch verschiedene Anforderungen zum Flächenbedarf auf dem Gehweg sowie zur Gestaltung der Warte- bzw. Aufstellflächen beachtet werden. Das bezieht sich unter anderem auf die Breite und Tiefe der Warteflächen, die z.B. auch zum Wenden von Rollstühlen geeignet sein müssen und auf Taktile Elemente zum Auffinden der Querung.

2.2 Fachliteratur

2.2.1 Geschwindigkeitsverhalten von Fußgängern

Fußgänger sind die langsamste Verkehrsteilnehmergruppe. An Lichtsignalanlagen wird für die Querung einer Fahrbahn durch einen Fußgänger im Regelfall eine Räumgeschwindigkeit von v_r = 1,2 m/s angesetzt (RILSA, FGSV 2015). Je nach Zusammensetzung der Fußgänger sind nach RiLSA jedoch auch Räumgeschwindigkeiten von 1,0 m/s (mobilitätseingeschränkte Personen) bis 1,5 m/s (nur in Ausnahmefällen) anzuwenden bzw. möglich. Im HBS wird bei niedriger Fußgängerverkehrsstärke die mittlere Gehgeschwindigkeit im Längsverkehr mit 1,4 m/s angegeben (FGSV 2015). In einer Studie von ALRUTZ et al. 2012 wurde festgestellt, dass 85% der Fußgänger an LSA schneller als die nach den RILSA im Regelfall anzuwendende Räumgeschwindigkeit von 1,2 m/s die Furt queren. Die ermittelte mittlere Gehgeschwindigkeit lag dabei bei 1,42 m/s. In HAGEN et al. (2012), SCHÜLLER et al. (BASt, 2020) wurde für Querungen außerhalb von LSA festgestellt, dass im Vergleich zu einzelnen erwachsenen Fußgängern (1,55 m/s) querende Gruppen und ältere Personen (1,26 m/s) langsamer queren, Kinder hingegen ähnlich schnell (1,45 m/s). Des Weiteren war hierbei eine Abhängigkeit vom Querungszweck (z.B. Einkaufen vs. Bus erreichen) zu beobachten (HAGEN et al. 2012, SCHÜLLER et al. BASt 2020, ALRUTZ et al. 2012).

2.2.2 Charakterisierung des Fußgängerverhaltens

Fußgänger gelten im Vergleich mit anderen Verkehrsteilnehmern als sogenannte „schwächste“ Verkehrsteilnehmer, da sie klein und leicht sind und sich ohne schützende Ausstattungselemente bewegen. Darüber hinaus sind Fußgänger eine sehr heterogene Verkehrsteilnehmergruppe. Unterschiedliche Altersgruppen bringen unterschiedliche physische und psychische Voraussetzungen mit und Verhalten sich daher auch anders.

Nach HOFFMANN et al. (1980) und SCHLAG et al. (2006) ist die Abschätzung von Geschwindigkeiten und Entfernungen von Fahrzeugen sowie das Erkennen und Bewerten von Gefahren erst ab einem Alter von zehn bis zwölf Jahren ausreichend entwickelt. Erwachsene schätzen Verkehrssituationen aufgrund des Übungseffekts besser ein als jüngere Personen. Bei älteren Verkehrsteilnehmern nimmt diese Fähigkeit dagegen wieder ab. Dafür nehmen sich ältere Personen mehr Zeit zur Einschätzung der Geschwindigkeit.

Das Querungsverhalten von Kindern wird darüber charakterisiert, dass sie sich bei einer bewussten Querung eher an die geltenden Verkehrsregeln halten als Erwachsene. Nach LIMBOURG (2010) warten Kinder im Alter von vier bis neun Jahren auf große Lücken im fließenden Verkehr bzw. sogar bis die Fahrbahn vollständig frei ist. Als Querungsweg wird vorrangig der

kürzeste Weg gewählt. In der allgemeinen Verkehrsteilnahme als Fußgänger sind sie jedoch schnell ablenkbar und nutzen den Gehweg nicht nur als verkehrs- sondern auch als Spielraum (LIMBOURG, 2010).

Ältere Verkehrsteilnehmer werden vor allem durch ihre altersbedingten Veränderungen beeinflusst. Das Verletzungsrisiko ist aufgrund der zurückgehenden Knochendichte und Muskelkraft höher. Dies führt dazu, dass eine Angst vor dem Fallen entsteht (SCHEFFER et al., 2008). In einer Studie von AVINERI, SHINAR & SUSILO (2012) wurde über Beobachtungen und Befragungen von querenden Fußgängern festgestellt, dass die Angst zu stürzen dazu führt, dass während der Querung vermehrt auf den Boden geschaut wird und die Aufmerksamkeit auf dem Gehen selbst und nicht auf dem Verkehrsgeschehen liegt. Einschränkungen älterer Personen in Bezug auf sensorische, kognitive und motorische Fähigkeiten machen sich bei der Verkehrsteilnahme als Fußgänger durchgehend bemerkbar (DOMMES et al. 2013)

Die Einschränkung der kognitiven Leistungsfähigkeit führt dazu, dass komplexe Verkehrssituationen schneller zu einer Überforderung führen können als bei jüngeren Erwachsenen (WELLER & GEERTSEMA (2008)). In Bezug auf Fußgängerquerungen zeigt sich die verringerte kognitive Leistungsfähigkeit darin, dass Schwierigkeiten darin bestehen, die Aufmerksamkeit auf ankommende Fahrzeuge aus beiden Richtungen zu verteilen. Einmal getroffene Entscheidungen werden zudem seltener an mögliche verkehrliche Veränderungen angepasst (SCHLAG (2008), DOMMES et al. (2013)).

2.2.3 Einflüsse auf die Verkehrssicherheit beim Überschreiten der Fahrbahn

Ein unfallbegünstigender Einfluss der Infrastruktur auf die Verkehrssicherheit beim Überschreiten der Fahrbahn konnte beim Vorliegen von mehr als einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung festgestellt werden (AASHTO 2010, AURICH et al. 2015). Auch überbreite Fahrstreifen sind laut AURICH et al. (2015) unfallbegünstigend. In der Studie von GERLACH et al. (2014) wurde zudem ein negativer Einfluss auf die Verkehrssicherheit von Fußgängerquerungen durch die Einschränkung der Sichtweiten z.B. durch parkende Fahrzeuge erkannt. Nach UDV 2013B ist zudem eine ungenügende Erkennbarkeit von Querungshilfen aus Sicht der Kfz-Führer ein unfallbegünstigender Faktor. Bezüglich der Sichtverhältnisse wirkt sich des Weiteren beidseits ruhender Verkehr als Sichthindernis negativ auf die Verkehrssicherheit beim Überschreiten der Fahrbahn aus (BAIER et al. 2007, MAIER & ENKE 2009). Dies auch, weil unbesetzte Parkplätze am Fahrbahnrand als Möglichkeit gesehen werden die Fahrbahn zu nutzen, ohne, dass an diesen Stellen ausreichende Sichtbeziehungen zwischen querenden Fußgängern und Fahrzeugen im

Längsverkehr vorliegen (Schüller et. al. UDV 2020). Fahrbahnanhebungen (MENNICKEN 1999) oder Fahrbahneinengungen (NZTA 2014) stellen dagegen eine Verbesserung der Verkehrssicherheit dar. An Straßen mit Straßenbahnen im Querschnitt (BAIER et al. 2007) sind zudem tendenziell häufiger Unfälle mit Fußgängern zu beobachten. An Knotenpunkten können außerdem weit abgesetzte Fußgängerfurten unfallbegünstigend wirken (UDV 2013B). Das Fehlen von baulichen Querungshilfen in Form von Mittelinseln oder Mittelstreifen erweist sich darüber hinaus als unfallbegünstigend (SCARAMUZZA et al. 1997, BAIER et al. 2007, MAIER et al. 2009).

Allgemein stellt sich insbesondere die Verkehrsstärke der querenden Fußgänger als Einflussfaktor auf das Unfallgeschehen beim Überschreiten der Fahrbahn heraus (ELVIK et al. 2013, SCHÜLLER et al. BASt 2020). In der Vergangenheit stand häufig der Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke auf das Unfallgeschehen von Fußgängern an Querungsanlagen in der Diskussion. In den Untersuchungen der UDV (2013A) zu FGÜ und von SCHÜLLER et al. (BASt 2020) zu Querungen ohne Querungshilfe und mit Mittelinseln ergab für die Kfz-Verkehrsstärke kein Einfluss auf das Unfallgeschehen. In ELVIK et al. (2013) wurde hingegen ein Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke festgestellt. Nach JONSSON (2015) sind zudem keine sicherheitsrelevanten Unterschiede zwischen der Querung auf oder neben einer Querungshilfe zu erkennen.

2.2.4 Verkehrssicherheit verschiedener Querungsanlagen

Eine vergleichende Betrachtung von unterschiedlichen Querungshilfen unter Berücksichtigung des Fußgängeraufkommens im Querverkehr fehlt in Deutschland bisher. Nachfolgend sollen die wichtigsten Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Studien für die spezifischen Arten von Querungshilfen dargestellt werden.

2.2.4.1 Verkehrssicherheit an Fußgänger-LSA

Bei Fußgänger-LSA sind Unfälle mit Rotlichtläufern vor allem bei einem geringen Fußgängeraufkommen, ausreichender Sicht und kurzen Querungswegen auffällig (WOLF 2007, Untersuchung von 12 Knotenpunkten in Dresden). Des Weiteren treten gehäuft Unfälle im Nahbereich von LSA-Querungen auf, welche vor allem durch das Queren zwischen sich rückstauenden Kfz bedingt werden (WOLF 2007). Generell stellen Fußgänger-LSA jedoch die sicherste Form der Querungshilfe bei hohen Kfz- und Fußgängerverkehrsstärken dar (RASt, FSGV 2006).

ALRUTZ et al. (2012) untersuchte darüber hinaus verschiedener Signalisierungsformen an Fußgänger-LSA sowie deren Relevanz auf die Verkehrssicherheit. Es wird die Beibehaltung der in Deutschland bestehenden

Lichtzeichenabfolge „Grün – Rot“ aufgrund ihrer Eindeutigkeit empfohlen. Im Vergleich zu anderen Signalisierungsformen kann hier eine gute Akzeptanz und sichere Überquerungen erreicht werden. Sowohl der Einsatz von „Restzeitanzeigen“, die Anzeige von „Fußgängergelb“ als auch das „Grünblinken“ zur Anzeige der Räumzeit zeigen keine sicherheitserhöhenden Verhaltensbeeinflussungen auf oder führen tendenziell sogar eher zu Verschlechterungen. Weiterer Forschungsbedarf besteht beim „Grünblinken“ als Teil und am Ende der Fußgänger-Freigabezeit, welches mobilitätseingeschränkte Personen die Entscheidungsfindung beim Queren der Fahrbahn erleichtern kann.

2.2.4.2 Verkehrssicherheit an FGÜ

Eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus an FGÜ lässt sich durch die Kombination mit Mittelinseln bzw. Mittelstreifen erreichen (SCARAMUZZA et al. 1997, ZEGEER 2005). Gute Sichtbeziehungen von und auf die Warteflächen sowie eine gute Erkennbarkeit wirken sich positiv auf die Verkehrssicherheit an FGÜ aus (UDV 2013A, KNÖRR 2019). Ein Einfluss der zulässigen Höchstgeschwindigkeit konnte zudem festgestellt werden, wobei auch die Einhaltung dieser als besonders wichtig erachtet wird (MENNICKEN 1999, SCHÜLLER et al. 2016, ELVIK 2013, KNÖRR 2019).

KNÖRR (2019) untersuchte 134 FGÜ in Karlsruhe und stellte tendenziell ein erhöhtes Unfallrisiko sowie eine erhöhte Unfallschwere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen (z.B. Dunkelheit in Kombination mit Nässe) fest. Eine Häufung von Unfällen zu den Abendstunden des Winterhalbjahres bei ungünstigen Licht- und Witterungsverhältnissen wurde auch bei der Auswertung der Unfälle auf Fussgängerstreifen in der Stadt Zürich bestätig (SCHWEIZER et al. 2012). Eine gute Ausstattung von FGÜ mit ortsfester Beleuchtung trägt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit an FGÜ bei (SCHWEIZER et al. 2012, ALRUTZ 2006). Aus den Erfahrungen im Rahmen eines Modellversuchs in Nordrhein-Westfalen veröffentlichte das Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes (MWMEV 2002) NRW im Jahr 2002 die Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Fußgängerüberwegen. Im Bericht werden Empfehlungen für die Ausgestaltung von FGÜ abgeleitet, die über einen Vorher/Nachher-Vergleich ermittelt wurden (MWMEV 2002). Die Empfehlungen des Berichts bedienen sich verschiedenster innovativer aber gleichzeitig auch kostengünstiger Ausstattungselemente und Ausbauvarianten von FGÜ, welche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen sollen (z.B. markierte Mittelinseln, markierte Einengungen mit Reflektoren)

In den älteren Studien wurde als verkehrlicher Grenzwert lediglich die Kfz-Verkehrsstärke einbezogen. MENNICKEN (1999) erkennt bei einem zunehmenden Anstieg der Kfz-Verkehrsstärke einen gleichzeitig zunehmenden

Anstieg des Unfallrisikos, aus welcher ein Einfluss der Kfz-Verkehrsstärke auf das Unfallgeschehen interpretiert wird. Bezüglich der Umfeldkriterien wird zudem die Nähe zu ÖPNV-Haltestellen als Einflussfaktor auf das Unfallgeschehen erkannt (MENNICKEN 1999, SCHÜLLER et al. 2016, KNÖRR 2019).

Die Untersuchung von SCHWEIZER et al. (2012) stellte zudem fest, dass der „klassische Unfall" – Fußgänger betritt unmittelbar von rechts die Straße – nur unwesentlich häufiger vorkam als das Betreten der Fahrbahn von links. Es wird eine fehlende Aufmerksamkeit der Autofahrenden auf von links kommende Fußgänger vermutet. In der Studie von KNÖRR (2019) bestätigt sich diese Auffälligkeit. Des Weiteren wurde ein erhöhter Anteil von Unfällen an FGÜ auf der freien Strecke im Vergleich zu FGÜ an Knotenpunkten festgestellt (SCHWEIZER et al. 2012, KNÖRR 2019).

2.2.4.3 Verkehrssicherheit von Mittelinseln/Mittelstreifen

Bezüglich des Einsatzes von Mittelinseln als Querungshilfe konnten ALRUTZ et al. (2006) allgemein ein schlechteres Verkehrssicherheitsniveau im Vergleich zu FGÜ ohne Mittelinsel feststellen. Zurückzuführen war dies aber insbesondere auf andere Konfliktsituationen ohne Fußgängerbeteiligung, wie z.B. durch Fahrunfälle aufgrund von Verschwenkungen oder beim Auffahren auf die Fahrbahneinbauten. SCHWEIZER et al. (2008) kam zu der Erkenntnis, dass ca. 50% der Querungsunfälle mit Fußgängern von der Mittelinsel oder der Mitte der Fahrbahn ausgehen. SCHÜLLER (2018) beobachtete zudem auch Querungen wenige Meter vor und nach Mittelinseln, bei denen es zum Unfall kam.

2.2.5 Barrierefreiheit an Überquerungsstellen

Ein Zusammenhang zwischen Barrierefreiheit und Unfallgeschehen an Fußgängerquerungen wurde bisher in der Fachliteratur nicht näher untersucht. Empfehlungen zu einer barrierefreien und verkehrssicheren Ausgestaltung von Fußgänger-Querungsanlagen macht die Studie von BOENKE et al. (2014). Hier wird erneut die Bemessung der Bordhöhe als Zielkonflikt (Sehbehinderte vs. Gehbehinderte) dargestellt. Eine Einbauhöhe von 3 cm stellt demzufolge für Überquerungsstellen mit einheitlicher Bordhöhe weiterhin einen brauchbaren Kompromiss dar. Auf die genaue Einhaltung der 3 cm ist dabei zu achten. Die in der DIN 32984 (Ausgabe 2011) vorgeschriebenen Bodenindikatoren werden als insgesamt gut taktil und wahrnehmbar bewertet. Bei der Ausstattung von Fußgänger-Querungsanlagen mit taktilen Elementen ist darüber hinaus ein besonderes Augenmerk auf angrenzende Oberflächenbeläge zu legen. Diese müssen die Anforderungen der technischen Regelwerke erfüllen, um den notwendigen taktilen Kontrast zu

gewährleisten. Des Weiteren wird auch hier nochmal die Wichtigkeit eines ausreichenden Abstands in Laufrichtung zwischen dem Beginn des Bodenindikatorenfeldes und dem Fahrbahnrand betont.

2.3 Fazit Literatur

In der Literaturanalyse zeigt sich, dass Vorgaben zum Einsatz und Anforderungen an die Ausgestaltung von Fußgänger-Querungsanlagen über verschiedene Gesetzesgrundlagen, Regelwerke, und Ländererlasse verteilt sind. Aus Sicht der Planung fällt hier eine Orientierung schwer. Hinzu kommen teilweise unterschiedliche Anforderungen an die Querungshilfen zwischen den Regelwerken und Erlassen sowie eine abweichende Formulierung oder Darstellung von Skizzen. Die Unterschiede betreffen vorrangig die freizuhaltenden Sichtfelder und empfohlenen Zusatzausstattungen. Durch die verschiedenen Vorgaben ist darüber hinaus auch mit unterschiedlichen Ausführungsformen und Häufigkeiten der Querungsstellen bei den Untersuchungsstädten zu rechen.

Die Einsetzgrenzen von verschiedenen Arten von Fußgänger-Querungsanlagen erweisen sich als nicht trennscharf. Trotz gleicher Randbedingungen ist die Anbringung unterschiedlicher Fußgänger-Querungsanlagen möglich. Stellen ohne Querungshilfe (Nullfall) werden nicht explizit in den Gesetzen und Regelwerken aufgeführt bzw. definiert. Indirekt werden jedoch auch Maßnahmen genannt, die das Überschreiten der Fahrbahn auch an Stellen ohne Querungshilfe (Nullfall) erleichtern können (z.B. vorgezogene Seitenräume, Halteverbote, Beleuchtung)

Die Betrachtung der Literatur zeigt, dass bisher keine vergleichende Studie für alle unterschiedliche Querungsanlagentypen in Deutschland vorliegt. Es lassen sich jedoch unfallbegünstigende Einflussfaktoren auf die Verkehrssicherheit für Querungen allgemein ermitteln. Dazu gehören schlechte Sichtbeziehungen, hohe Geschwindigkeiten und mehrere Fahrstreifen pro Fahrtrichtung. Bezüglich der Verkehrsstärken als Einflussfaktor liegen teilweise unterschiedliche Ergebnisse vor. Das Unfallgeschehen an FG-LSA wird auch durch Unfälle neben den Anlagen geprägt. Grundsätzlich gelten FG-LSA als die sichersten Querungsanlagen.

An FGÜ sind Dämmerung und Dunkelheit, Nässe sowie die Nähe zu ÖPNV-Haltestellen als unfallbegünstigende Faktoren zu nennen. Gute Sichtbeziehungen und die Ergänzung um Mittelinseln wirkten sich hingegen positiv auf die Verkehrssicherheit aus. An Mittelinseln ist ein relevantes Unfallgeschehen auf Unfälle ohne Fußgängerbeteiligung und Fußgängerunfälle neben den Mittelinseln zurückzuführen.

3 Methodik der Untersuchung

3.1 Auswahl der Untersuchungsstellen

Für die Detailanalysen zur Verkehrssicherheit verschiedener Fußgängerquerungsanlagen bedarf es einer Auswahl geeigneter und miteinander vergleichbarer Untersuchungsstellen. Beim Vergleich von Fußgängerquerungsanlagen wurden folgende Querungshilfen betrachtet:

- Fußgänger-Lichtsignalanlagen (FG-LSA),
- Fußgängerüberwege (FGÜ)
- Mittelinseln
- Nullfall (Streckenabschnitt ohne Querungshilfe bzw. punktuell mit vorgezogenen Seitenräumen mit relevantem Fußgänger-Querungsbedarf)

Streckenabschnitte welche als Nullfall kategorisiert werden, wurden nach folgenden Kriterien ausgesucht:

- Der Streckenabschnitt weist dem äußeren Erscheinen nach, vor allem hinsichtlich der Umfeldnutzung, eine hohe Wahrscheinlichkeit für querende Fußgänger auf.
- Der Streckenabschnitt weist vorgezogener Seitenräume auf, d.h. punktuelle Bereiche, an denen das Parken oder eine Grünfläche baulich unterbrochen wird, in dem die Bordsteinkante bis zum Rand des Fahrstreifens für die fließenden Kfz-Verkehr vorgezogen wird. Dieses Merkmal ist nicht zwingend aber eine Orientierung dafür, dass ein relevanter Querungsbedarf von Fußgängern vorliegt.
- Es sind keine Querungshilfen vorhanden.
- Das Unfallgeschehen wird explizit nicht berücksichtigt, d.h. es handelt sich um eine Zufallsstichprobe hinsichtlich der Verkehrssicherheit.

Der letzte Punkt ist vor allem wichtig, um eine Vergleichbarkeit mit den Streckenabschnitten mit Querungshilfen gewährleisten zu können.

3.1.1 Untersuchungsraum

Die Auswahl der Untersuchungsstädte erfolgte in Abhängigkeit der folgenden Kriterien:

- Bandbreite an unterschiedlichen Städten
- Verfügbarkeit und Umfang (möglichst dreistelliger Unfalltyp, Kollisionssymbole oder Unfalltexte) der Unfalldaten

Anhand dieser Kriterien wurden folgende Untersuchungsstädte ausgewählt:

- Berlin
- Dresden

- Frankfurt
- Hanau
- Magdeburg
- München
- Offenbach

3.1.2 Aufteilung der Untersuchungskollektive und Aufnahmekriterien

Für die Sicherheitsbewertung und den Sicherheitsvergleich von Fußgängerquerungsanlagen sollten Querungsstellen in den zuvor aufgeführten Untersuchungsstädten erhoben werden. Als Ziel bei der Auswahl der Erhebungsstellen wurde zu Beginn die in Tabelle 7 dargestellte Aufteilung der Untersuchungskollektive nach Art der Fußgängerquerung, Lage im Straßenraum (Anschlussknoten (Lage im Anlagenbereich mit Radius 25m) oder freie Strecke) und räumlicher Lage (städtisches Gebiet oder einer Ortsdurchfahrt ähnlichen Straße) festgelegt:

Tabelle 7: Systematik zur Auswahl der Erhebungsstellen (Zielvorstellung)

Art der Querungsanlage für Fußgänger	Hauptverkehrsstraßen innerorts				Gesamt
	Anschlussknoten		freie Strecke		
	Städtische Gebiete	Ortsdurchfahrt ähnliche Straßen	Stadtgebiet	Ortsdurchfahrt ähnliche Straßen	
Fußgänger-LSA (auch Kombination mit und ohne Mittelinseln/-streifen, vorgezogene Seitenräume)	**35**	**10**	**35**	**10**	**90**
Fußgängerüberwege (auch als Kombination mit und ohne Mittelinseln/-streifen, vorgezogene Seitenräume)	**35**	**10**	**35**	**10**	**90**
Mittelinsel (auch als Kombination mit und ohne vorgezogene Seitenräume)	**35**	**10**	**35**	**10**	**90**
Nullfall keine Querungshilfe, Bereiche mit relevanten Fußgängerquerverkehrsaufkommen[1](Nullfall)	**35**	**10**	**35**	**10**	**90**

In einem ersten Schritt wurde das Hauptstraßennetz der Untersuchungsstädte systematisch nach geeigneten Fußgängerquerungsstellen abgesucht. Die Suche und Erfassung der Querungsstellen erfolgte mithilfe eines

[1] Das bedeutet: Es wird angestrebt eine Bandbreite an unterschiedlichen Fußgängerverkehrsstärken abzudecken. Basis hierfür sind die Ergebnisse aus dem BASt-Projekt „Untersuchung sicherheitsrelevanten Fußgängerverhaltens“.

Geoinformationssystems (GIS) und der Verwendung von Luftbildern. Unterstützend dazu wurden Daten aus OpenStreetMap (OSM) für die Auswahl der Stellen sowie die Erfassung der Aufnahmekriterien und erster Merkmale (z.B. Messung der Fahrbahnbreiten) verwendet. Bei der Vorauswahl wurden folgende Aufnahmekriterien festgelegt:

- ausschließlich innerörtliche Hauptverkehrsstraßen
- zulässige Höchstgeschwindigkeit v_{zul} = 50 km/h (Tempo 30 war möglich, es wurde jedoch nicht gezielt danach gesucht[2])
- keine Straßenbahnen im Straßenraum
- ein Fahrstreifen je Fahrtrichtung (Ausnahme zusätzlicher Abbiegestreifen an Anschlussknotenpunkten)
- Streckenlänge 154m, außerhalb von Annäherungsbereichen an Hauptverkehrsknotenpunkten (HVKP, 100m)
- Bestand der Querungsstelle seit mindestens 5 Jahren (seit 2013)
- Mittelstreifen sind selten und daher Sonderfälle, welche hier nicht gezielt betrachtet werden

Querungsstellen welche diese Aufnahmekriterien nicht erfüllt haben, wurden bei der Erhebung in den Luftbildern aus dem Untersuchungskollektiv ausgeschlossen. Für die Vorauswahl wurden geeignete Fußgänger-Querungsstellen im einem Geoinformationssystem (GIS) als Punkte (mit Koordinaten) erstellt. Zur Unterscheidung wurde jeder erhobenen Querungsstelle eine eigene ID zugewiesen.

Bei der Vorauswahl wurden einige Querungsstellen identifiziert, deren Anlagenbereiche (Radius = 25 m) sich mit dem Anlagenbereich einer anderen Querungsstelle überschneiden. Unfälle innerhalb dieses Überschneidungsbereichs würden somit doppelt erfasst und beiden Querungsstellen zugeordnet werden. Eine Zuordnung des Unfalls zu einer Querungsstelle ist demzufolge nur schwer möglich, weshalb diese Sonderfälle ebenfalls aus dem Untersuchungskollektiv ausgeschlossen werden. Eine Überlagerung der Nahbereiche von Querungsstellen (Radius = 75 m) wurde demgegenüber zugelassen, jedoch zusätzlich bei der Erhebung registriert. Die Überlagerung führt dazu, dass Unfälle, die sich in diesen Bereichen ereigneten, beiden Querungsanlagen zugeordnet werden. Da hiervon ein relevanter Anteil der Fußgänger-Querungsstellen betroffen ist, würde das Untersuchungskollektiv

[2] dementsprechend entspricht die Auswahl auch hier tendenziell einem repräsentativen Untersuchungskollektiv

sonst zu sehr reduziert werden. Die als Beispiel in Abbildung 5 dargestellten Fußgänger-Querungsstellen erfüllen die Aufnahmekriterien. Die Vorauswahl der Querungsstellen umfasste 538 Querungsstellen, die die Grundlage für die Vor-Ort-Erhebungen und Auswahl der 360 Untersuchungsstellen waren.

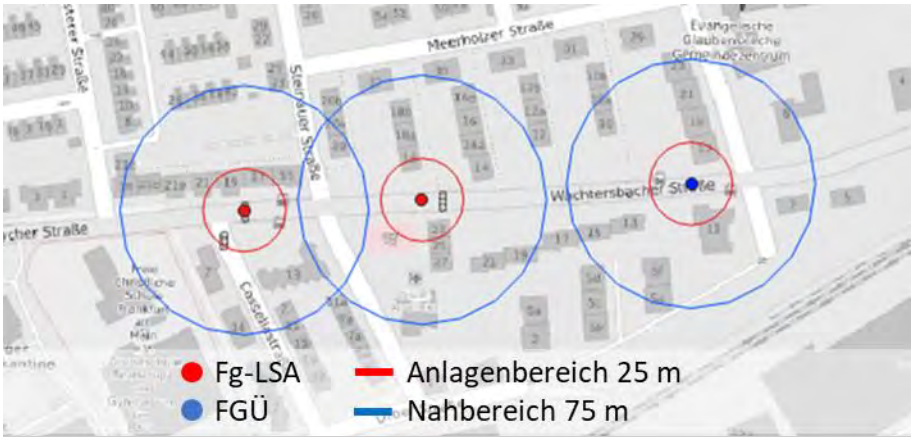


Abbildung 5: Definition Anlagenbereich (25 m) und Nahbereich (75 m) am Beispiel von Fußgänger LSA (FG-LSA) und Fußgängerüberwegen (FGÜ)

3.2 Erhebung der Untersuchungsstellen

Die Durchführung der Vor-Ort-Erhebungen erfolgte im Zeitraum Oktober bis November 2019. Die erhobenen Merkmale sind Anhang 7.1 dargestellt. In Folge der Vor-Ort-Erhebungen konnten 360 Fußgänger-Querungsstellen entsprechend der in Tabelle 7 geforderten Teilkollektive zufällig ausgewählt werden. Es wird deutlich, dass die Zielvorgabe für die Auswahl der Querungsstellen auf der freien Strecke außerhalb von Anschlussknotenpunkten nicht ganz erreicht wurde. Dies spiegelt aber auch das Vorkommen von Querungsstellen in den Untersuchungsstädten wider. Die Kollektive wurde entsprechend mit Querungsstellen an Anschlussknotenpunkten aufgefüllt (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Finale Verteilung der Fußgänger-Querungsstellen auf die Teilkollektive

Art der Querungs-anlage für Fußgänger	Hauptverkehrsstraßen innerorts				Gesamt
	Anschlussknoten		freie Strecke		
	Städtische Gebiete	Ortsdurchfahrt ähnliche Straßen	Städtische Gebiete	Ortsdurchfahrt ähnliche Straßen	
FG-LSA	35	10	35	10	90
FGÜ	36	12	36	6	90
Mittelinsel	37	10	33	10	90
Nullfall	35	11	36	8	90

3.2.1 Sichtfeldbewertung

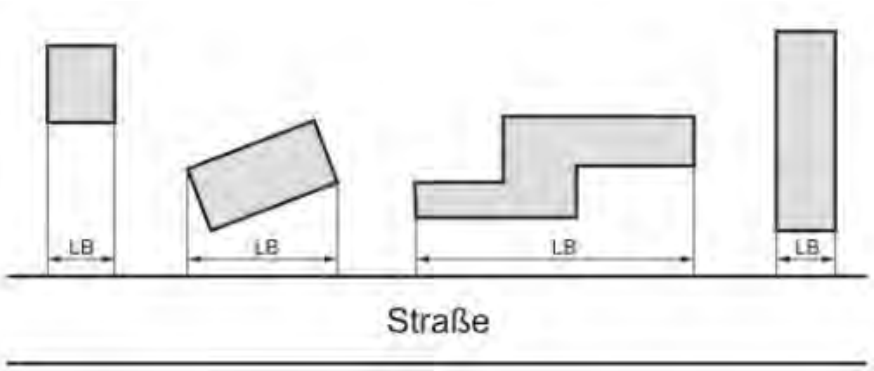
Die Erkennbarkeit der Querungsanlagen sowie die Sichtfelder wurden anhand der Fotodokumentation der Vor-Ort-Begehung bewertet. Für jede Querungsanlage wurden dabei folgende Merkmale erhoben:

- Die Erkennbarkeit der Querungsstelle aus einer Entfernung von 100 m bzw. 50 m: Wenn die Querungsanlage (z.B. anhand des LSA-Mastes, der FGÜ-Beschilderung oder der Mittelinsel) in beiden Fahrtrichtungen aus einer Entfernung von 100 m bzw. 50 m erkennbar ist, wurde dies mit „Ja“ angegeben.
- Sichtfelder auf Aufstellfläche 50 m bzw. 30 m: Wenn die beidseitigen Aufstellflächen der Fußgänger (ca. 1 m vom Fahrbahnrand entfernt auf Höhe der Querungsanlage) in beiden Fahrtrichtungen aus einer Entfernung von 50 m bzw. 30 m einsehbar ist, wurde dies mit „Ja“ angeben. Ist die Sicht auf mindestens eine der Aufstellflächen oder aus einer Fahrtrichtung eingeschränkt, wird das Sichtfeld als nicht ausreichend und mit „Nein“ bewertet.

Für Nullfälle konnte diese Bewertung nicht durchgeführt werden, da sich die Querungen nicht auf einen zu den Querungsanlagen analogen Bereich von wenigen Metern konzentrieren. Die Querungen sind eher flächig zu erwarten.

3.2.2 Erhebung des Umfeldfaktors

Da im Laufe des Projektes nur für ein Teilkollektiv von 100 Stellen das Fußverkehrsaufkommen erhoben wird, wurde für eine grobe Abschätzung des Fußverkehrsaufkommens der Umfeldfaktor aus SCHÜLLER 2010 genutzt werden. In einer weiteren Untersuchung der BASt wurden die Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärken der Fußgänger im Längs- und Querverkehr mit dem Umfeldfaktor dokumentiert (SCHÜLLER et al. BASt 2020). In den folgenden Abbildungen ist die Methodik der Erhebung des Umfeldfaktors dargelegt. Dies wurde getrennt nach beiden Straßenseiten vorgenommen und in einer gemeinsamen Kennzahl (KLF in Abbildung 6) zusammengefasst.



W	reine Wohnbebauung	WEH	Wohnbebauung mit Geschäftsbesatz	EH	Bebauung mit ausschl. Geschäftsbesatz	GB	Bebauung mit sonst. gewerblicher Nutzung
Einfamilienhäuser Mehrfamilienhäuser Hotels Krankenhäuser		Wohnbebauung + Einzelhandel, Einkaufszentren oder Gaststätten (in den unteren Geschossen)		Supermärkte Einkaufszentren Gastätten sonstiger Einzelhandel Bibliotheken Kinos Schulen		Arbeitsstätten Tankstellen Autohäuser Industrie Lagerhallen	

$$KLF = \frac{LB_{GB} + 2 \cdot LB_{W} + 2 \cdot LB_{EH} + 3 \cdot LB_{WEH}}{LS}$$

KLF Kenngröße der Umfeldnutzung
LB Länge Bebauung differenziert nach Art der Nutzung zu beiden Seiten der Straße
LS Bezugslänge (doppelte Länge des Straßenzugs zwischen zwei Verkehrsknotenpunkten)
Indizes entsprechen der Nutzungsklassifikation nach Tabelle 3-7.

Abbildung 6: Grundlage für die Ableitung des Umfeldfaktors (SCHÜLLER 2010)

3.2.3 Charakteristik Untersuchungsstellen

In Tabelle 9 und Tabelle 10 wird das Kollektiv der Untersuchungsstellen (360 Bereiche) anhand der aufgenommenen Merkmale charakterisiert. Dabei wird entweder die Häufigkeit der jeweiligen Stellen mit einem bestimmten Merkmal oder der Mittelwert und die Bandbreite von stetigen Merkmalen dargestellt. Weiterhin wird bei den Häufigkeiten auch der Anteil des auftretenden Merkmals am Teilkollektiv (90 oder 360 Stellen) zusätzlich dokumentiert. Dies stellt eine weitere Grundlage für die Interpretation der späteren Ergebnisse dar. Es wird bspw. in der 3. Zeile der Tabelle 9 deutlich, dass alle Anlagentypen im Mittel und der Bandbreite ähnliche Kfz-Verkehrsstärken (DTV_{Kfz}) aufweisen. Auf der anderen Seite treten einzelne Gefahren-Beschilderungen (z.B. Hinweis auf Schule) eher selten auf (vergleich Tabelle 10), was deren Auswertung in Bezug auf die Verkehrssicherheit tendenziell einschränkt.

Tabelle 9: Charakteristik der Untersuchungsstellen – Teil 1

			FG-LSA [n=90]		FGÜ [n=90]		Mittelinsel [n=90]		Nullfall [n=90]		Gesamt [n=360]	
Attribute		Einheit	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile
Generell	QS am Anschlussknotenpunkt	[-]	46	51%	49	54%	47	52%	46	51%	188	52%
	Tempo 30	[-]	18	20%	38	42%	23	26%	12	13%	91	25%
	DTV_{Kfz}	[Fz/d]	Ø 10.685	1.700 - 27.600	Ø 8.801	1.800 - 24.400	Ø 9.744	500 - 22.600	Ø 7.760	1.000 -20.400	Ø 9.248	500 - 27.600
Randnutzung	Umfeldfaktor (Schüller et al.2010)	[-]	Ø 1,09	0 - 2,83	Ø 0,96	0 - 2,79	Ø 1,02	0 - 2,47	Ø 1,23	0 - 3,00	Ø 1,07	0 - 3,00
	Anteil Einzelhandelsnutzung	[%]	Ø 0,17	0 - 1,00	Ø 0,13	0 - 1,00	Ø 0,2	0 - 0,94	Ø 0,14	0 - 0,93	Ø 0,16	0 - 1,00
	besondere Verkehrserzeuger vorhanden	[-]	28	31%	21	23%	39	43%	29	32%	30	33%
	schutzwürdige Einrichtung vorhanden	[-]	44	49%	44	49%	50	56%	44	49%	46	51%
	Schule vorhanden	[-]	30	33%	23	26%	34	38%	27	30%	29	32%
	Charakter Ortsdurchfahrt/Stadtrandgebiet	[-]	20	22%	18	20%	20	22%	19	21%	77	21%
Querschnitt	Fahrbahnbreite	[m]	-	5,2 - 15,8	-	5,5 - 16,0	-	7,0 - 15,0	-	5,5 - 15,8	-	5,2 - 16,0
	Fahrbahnbreite ohne Mittelinsel	[m]	-	5,2 - 15,8	-	4,9 - 16,0	-	4,75 - 12,0	-	5,5 - 15,8	-	4,75 - 16,0
	Breite Querungsanlage	[m]	-	3,0 - 7,5	-	(0) - 6,00	-	2,0 - 32	-	-	-	-
	Tiefe Mittelinsel	[m]	-	0 - 3,1	-	0 - 6,5	-	1,5 - 4,5	-	-	-	-
	Gehwegbreite	[m]	-	1,3 - 7,8	-	0 - 7,2	-	0 - 5,9	-	0 - 6,0	-	0 - 7,8
	vorgezogener Seitenraum (baulich)	[-]	26	29%	21	23%	11	12%	15	17%	73	20%
ÖV	Bushaltestelle imNah-/Anlagenbereich	[-]	62	69%	45	50%	41	46%	28	31%	176	49%
Radverkehrsführung	Mischverkehrsführung	[-]	35	39%	40	44%	38	42%	53	59%	166	46%
	Schutzstreifen	[-]	11	12%	23	26%	14	16%	5	6%	53	15%
	Radfahrstreifen	[-]	7	8%	6	7%	4	4%	2	2%	19	5%
	Radweg benutzungspfl.	[-]	19	21%	8	9%	17	19%	9	10%	53	15%
	Radweg nicht benutzungspfl.	[-]	17	19%	20	22%	14	16%	18	20%	69	19%
	2-Richtungs-RW benutzungspfl.	[-]	0	0%	0	0%	1	1%	1	1%	2	1%
	Gehweg Radfahrer frei	[-]	7	8%	2	2%	5	6%	5	6%	19	5%
	gem. Geh-/Radweg	[-]	6	7%	6	7%	6	7%	4	4%	22	6%
	gem. Geh-/2-Richt.-Radweg	[-]	0	0%	0	0%	1	1%	0	0%	1	0%
	Schutzstreifen + GW Rf frei	[-]	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%

Tabelle 10: Charakteristik der Untersuchungsstellen – Teil 2

				FG-LSA [n=90]		FGÜ [n=90]		Mittelinsel [n=90]		Nullfall [n=90]		Gesamt [n=360]	
Attribute			Einheit	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile	Anzahl / Ø	Bandbreite / Anteile
Beschilderung	VZ101 - Allgemeine Gefahrenstelle		[-]	1	1%	2	2%	1	1%	4	4%	8	2%
	VZ133 - Achtung Fußgänger		[-]	1	1%	5	6%	7	8%	1	1%	14	4%
	VZ134 - Achtung FGÜ		[-]	0	0%	8	9%	0	0%	0	0%	8	2%
	VZ136 - Achtung Kinder		[-]	12	13%	7	8%	14	16%	7	8%	40	11%
	VZ138 - Achtung Fahrrad		[-]	1	1%	0	0%	2	2%	0	0%	3	1%
	VZ222 - Vorbeifahrt rechts		[-]	0	0%	2	2%	22	24%	0	0%	24	7%
	VZ283 - Absolutes Halteverbot		[-]	22	24%	23	26%	32	36%	7	8%	84	23%
	VZ286 - Eingeschränktes Halteverbot		[-]	8	9%	7	8%	14	16%	20	22%	49	14%
	Hinweis Schulweg		[-]	1	1%	1	1%	1	1%	2	2%	5	1%
Markierung	Leitlinie vor/nach QS vorhanden		[-]	68	76%	52	58%	75	83%	50	56%	245	68%
	Markierung	Kinder	[-]	3	3%	1	1%	5	6%	3	3%	12	3%
		Fußgänger	[-]	0	0%	3	3%	0	0%	0	0%	3	1%
	Zustand	ausreichend	[-]	36	40%	23	26%	-	-	-	-	-	-
		mangelhaft	[-]	12	13%	14	16%	-	-	-	-	-	-
Sichteinschränkungen	durch ruhenden Verkehr		[-]	52	58%	61	68%	36	40%	51	57%	200	56%
	Erkennbarkeit aus 100m eingeschränkt		[-]	14	16%	23	26%	34	38%	-	-	71	26%
	Erkennbarkeit aus 50m eingeschränkt		[-]	4	4%	2	2%	5	6%	-	-	11	4%
	Sichtfeld auf 50m eingeschränkt		[-]	46	51%	47	52%	41	46%	-	-	134	50%
	Sichtfeld auf 30m eingeschränkt		[-]	24	27%	15	17%	14	16%	-	-	53	20%
	Erkennb. 50m / Sichtf. 30m eingeschränkt		[-]	25	28%	16	18%	16	18%	-	-	57	21%
Ausstattung	Fg-LSA auf Anforderung		[-]	86	96%	-	-	-	-	-	-	-	-
	Straßenbeleuchtung >10m entfernt		[-]	17	19%	1	1%	13	14%	15	17%	46	13%
	Zusatzbeleuchtung		[-]	6	7%	65	72%	1	1%	2	2%	74	21%
	Kragarm mit Signalgeber oder FGÜ-Zeichen		[-]	68	76%	43	48%	1	1%	0	0%	112	31%
	Blinklicht (Erkennbarkeit Querung oder FG)		[-]	3	3%	4	4%	0	0%	0	0%	7	2%
Barriere-freiheit	taktile Elemente		[-]	27	30%	46	51%	27	30%	10	11%	110	31%
	akustische Elemente		[-]	55	61%	0	0%	1	1%	-	-	56	16%
	mittlere Bordsteinhöhe		[cm]	-	0 - 8	-	0 - 12	-	0 - 10,5	-	0 - 13	-	0 - 13
Sonstige	Fahrbahnzustand ausreichend		[-]	22	24%	19	21%	10	11%	26	29%	77	21%
	Fahrbahnzustand mangelhaft		[-]	5	6%	7	8%	5	6%	4	4%	21	6%
	eigenständiger Weg (nmV) kreuzt		[-]	11	12%	16	18%	18	20%	14	16%	59	16%

3.3 Unfallanalyse

Die Unfallanalyse erfolgt in drei Stufen, die im Folgenden erläutert werden. Der Detaillierungsgrad nimmt je Stufe zu, in dem weitere zu analysierende Merkmale erhoben werden. Die Anzahl der Untersuchungsobjekte nimmt auf Grund der Erhebungsaufwände je Stufe ab.

3.3.1 Untersuchungskollektiv Deutschland (Stufe 1)

Die Auswertung des Unfallgeschehens mit Fußgängerbeteiligung in Deutschland erfolgte auf Basis der frei verfügbaren Daten des statistischen Bundesamtes (DESTATIS 2019). In die Analyse flossen sowohl die Unfallzahlen aus den Zeitreihen zu den Verkehrsunfällen, die den Zeitraum von 1991-2018 umfassen, als auch die Jahresberichte „Verkehrsunfälle“ der letzten fünf Jahre (2014 bis 2018) mit ein. In der Auswertung wurden ausschließlich Unfälle innerorts betrachtet.

3.3.2 Untersuchungskollektiv Anlagenebene (Stufe 2)

Auf Stufe 2 werden die Unfälle der Jahre 2014 bis 2018 im Anlagen- und Nahbereich von 360 Querungsanlagen betrachtet. Diese werden parallel über:

- Vergleiche von kostenbasierten Unfallkenngrößen wie Unfallkostenraten (UKR) und Unfallkostendichten (UKD) sowie
- die Analyse von Unfallhäufigkeiten in multikriteriellen Unfallmodellen (verallgemeinerte lineare Modelle)

untersucht. Als Expositionsgröße können ausschließlich Verkehrsstärken des Kfz-Verkehrs (bereitgestellt durch die Untersuchungsstädte) verwendet werden. Verkehrsstärken des Fuß- und Radverkehrs sind erst Bestandteil der 3. Stufe der Unfalluntersuchung.

Im Anlagen- und Nahbereich der 360 ausgewählten Fußgängerquerungsanlagen sind insgesamt 5.909 Unfälle mit Personen- oder Sachschaden zu verzeichnen. Ein direkter Zusammenhang mit der Querungsanlage oder einem Querungsvorgang kann hier bei einem Großteil der Unfälle ausgeschlossen werden (z.B. Sachschadensunfall entfernt der Anlage im ruhenden Verkehr). Für eine zielführende und aussagekräftige Unfallanalyse gilt es daher im Voraus einzugrenzen, welche Unfallkollektive in der Analyse betrachtet werden sollen.

Hierfür wurden insgesamt drei Unfallkollektive definiert.

Gesamtkollektiv: U(P,S)=5.909

Im Gesamtkollektiv werden alle Unfälle im Anlagen- und Nahbereich der Querungsstellen berücksichtigt. Die Unfallanalysen beziehen sich

vorwiegende auf Unfälle mit Personenschaden U(P) im Anlagenbereich. Der Vergleich mit oder der Einbezug von Unfällen mit Sachschaden und/oder Unfällen im Nahbereich wird am Rande mitberücksichtigt und bei Auffälligkeiten in den Ergebnissen vermerkt.

Teilkollektiv 1: U(P,S)=246

Teilkollektiv 1 umfasst alle Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagen- und Nahbereich der 360 Fußgängerquerungsstellen. Die Fußgängerunfälle müssen dabei nicht zwingend auf der Querungsanlage geschehen, da auch indirekte Zusammenhänge von Fußgängerunfällen mit der Querungsanlage denkbar sind. Auch hier werden in der Unfallanalyse vorwiegend die Unfälle mit Personenschaden U(P) im Anlagenbereich und die Sachschadenunfälle eher am Rande betrachtet (Vgl. Gesamtkollektiv).

Teilkollektiv 2: U(P,S)=472

In Teilkollektiv 2 werden zusätzlich zu den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung alle Unfälle betrachtet, bei denen ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Querungsanlage festgestellt werden kann. Hierzu wurden die Daten zu den Besonderheiten der Unfallstelle (Besonderheit 3 - Fußgängerüberweg“ und Besonderheit 4 - „Fußgängerfurt“) in Kombination mit der räumlichen Lage der Unfälle berücksichtigt. Dies erfolgt über eine manuelle Auswahl und die Überprüfung im GIS. Im Teilkollektiv 2 wurden folgende Unfallsituationen berücksichtigt:

- **Alle Unfälle des Teilkollektivs 1** (246 U(P,S)) und zusätzlich
- **Fahrunfälle** im Zusammenhang mit der Querungsanlage (15 U(P,S)) Dies betrifft vor allem Fahrunfälle im Zusammenhang mit einer Kollision mit der Mittelinsel aber auch Abkommensunfälle. Alle Fälle wurden im GIS überprüft und ein direkter Zusammenhang mit der Querungsanlage konnte bestätigt werden.
- **Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle, Abbiegeunfälle und sonstige Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern** (57 U(P,S), die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Querungsstelle (Querungsvorgang an der Querungsstelle) stehen. Dies erfolgte auf Basis einer manuellen Prüfung im GIS.
- **Auffahrunfälle** (60 U(P,S)): Als Auffahrunfälle werden Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) abgegrenzt, bei denen zusätzlich die Unfallart 1 (Zusammenstoß mit Fahrzeug, das anfährt anhält, im ruhenden Verkehr steht) oder 2 (Zusammenstoß mit Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet) angegeben ist. Nur ein kleiner Teil der Unfälle im Anlagen- und Nahbereich weist die Besonderheit 3 „Fußgängerüberweg“ oder 4

„Fußgängerfurt“ auf (60 von 965 Unfällen). Bei manchen Unfällen ohne diese Besonderheit erscheint ein Zusammenhang mit der Querungsstelle wahrscheinlich, bei anderen deutet sich eher ein Zusammenhang mit einen nachgelagerten Anschlussknotenpunkt an. Letztendlich kann aber aufgrund der vorliegenden Daten keine genauere Abgrenzung vorgenommen werden. Daher werden nur die Unfälle mit der Besonderheit der Unfallstelle 3 oder 4 im Kollektiv berücksichtigt.

- **Überschreiten-Unfälle ohne Beteiligung von Fußgängern** (89 U(P,S)): Überschreiten-Unfälle können sich grundsätzlich auch ohne bzw. indirekte Beteiligung von Fußgängern ereignen. Das sind z. B. Auffahrunfälle aufgrund von Bremsmanövern ausgelöst durch querende Fußgänger, bei denen es zu keiner Kollision mit einem Fußgänger kam. Tatsächlich werden solche Unfälle häufig fälschlicherweise als Auffahrunfälle kategorisiert. Das zeigt sich auch im Vergleich der Untersuchungsstädte, wobei nur eine Stadt Überschreiten-Unfälle ohne Fußgängerbeteiligung aufwies. Das ist auch der Grund warum diese Unfälle nicht Teilkollektiv 1 zugewiesen werden, da es ansonsten zu Verzerrungen aufgrund der stadtspezifischen Unterschiede beim Vergleich der Querungsanlagen kommt.
- **Sonstige Unfälle** (5 U(PS)): Bei wenigen sonstigen Unfällen mit Beteiligung von ausschließlich Kfz ist in der manuellen Prüfung zudem ein direkter Zusammenhang mit der Querungshilfe ersichtlich.

Da alle zum Teilkollektiv 1 ergänzten, zuvor aufgelisteten Kollektive sich aufgrund der Besonderheit der Unfallstelle „Fußgängerüberweg“ sowie „Fußgängerfurt“ ergeben, sind Vergleiche über alle Querungsanlagentypen hinweg anhand dieses Untersuchungskollektivs nur bedingt möglich. Mittelinseln und der Nullfall weisen per se die genannten Besonderheiten nicht auf.

Explizit ausgeschlossen für Teilkollektiv 2 wurden folgende Unfallkollektive:

- Bei Unfällen im ruhenden Verkehr wurde grundsätzlich kein Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen an der Querungsstelle erkannt.
- Bei Abbiegeunfällen und EK-Unfällen (Unfalltyp 2 und 3) mit ausschließlich Kfz-Beteiligung ist in weniger als zehn Fällen die Besonderheit 3 oder 4 angegeben. Bei Prüfung dieser Unfälle war kein klarer Zusammenhang mit der Querungsstelle ersichtlich.

In Tabelle 11 ist zusammenfassend ein Überblick zum Stichprobenumfang der drei Untersuchungskollektive dargestellt.

Tabelle 11: Stichprobenumfang der drei untersuchten Unfallkollektive auf Stufe 2, Unfälle der Jahre 2014-2018

Kollektiv		FG-LSA	FGÜ	Mittel-insel	Null-fall	Gesamt
Gesamt-kollektiv	Anlagen- und Nahbereich U(P,S)	1573	1552	1480	1304	5909
	Anlagen- und Nahbereich U(P)	393	398	324	288	1403
	Anlagenbereich U(P,S)	725	705	659	595	2684
	Anlagenbereich U(P)	**195**	**214**	**146**	**152**	**707**
	Nahbereich U(P,S)	848	847	821	709	3225
	Nahbereich U(P)	198	184	178	136	696
Teil-kollektiv 1	Anlagen- und Nahbereich U(P,S)	75	80	47	44	246
	Anlagen- und Nahbereich U(P)	72	78	43	37	230
	Anlagenbereich U(P,S)	39	55	21	24	139
	Anlagenbereich U(P)	**37**	**55**	**20**	**20**	**132**
	Nahbereich U(P,S)	36	25	26	20	107
	Nahbereich U(P)	35	23	23	17	98
Teil-kollektiv 2	Anlagen- und Nahbereich U(P,S)	107	261	58	46	472
	Anlagen- und Nahbereich U(P)	82	152	48	37	319
	Anlagenbereich U(P,S)	67	216	29	25	337
	Anlagenbereich U(P)	**47**	**124**	**25**	**20**	**216**
	Nahbereich U(P,S)	40	45	29	21	135
	Nahbereich U(P)	35	28	23	17	103

3.3.3 Untersuchungskollektiv Anlagenebene (Stufe 3)

Auf Stufe 3 werden die Unfälle im Anlagen- und Nahbereich von 100 Querungsanlagen betrachtet. Der Fokus liegt hierbei auf den Untersuchungsstellen mit einer Querungsanlage (ohne Nullfall) liegen. Aus diesem Grund verteilen sich die 100 Stellen zu gleichen Teilen auf Fußgänger-LSA, Fußgängerüberwege und Mittelinseln. Weitere Kriterien bei der Zusammenstellung des Kollektivs sind:

- Berücksichtigung aller Anlagenbereiche mit mindestens zwei Unfälle mit Fußgängerbeteiligung im Untersuchungszeitraum (bezogen auf Kollektiv Stufe 2)
- je Querungsanlagentyp werden jeweils gleich viele Stellen auf der freien Strecke und am Anschlussknotenpunkt ausgewählt
- bei der Auswahl wird die Lage im Netz (zentrumsnah, Ortsrandlage) nicht berücksichtigt
- Stellen mit weniger als zwei Unfällen im Untersuchungszeitraum, werden entsprechend der Unfallhäufigkeitsverteilung des Kollektivs auf Stufe 2 ausgewählt

Ergänzend werden die Daten zu Straßennetzbereichen aus dem Projekt von SCHÜLLER et al. (BASt 2020), sofern sie den Randbedingungen des vorliegenden Untersuchungskollektivs entsprechen, für Nullfälle und Mittelinseln herangezogen. Im Ergebnis ergab sich folgende Charakteristik des Untersuchungskollektivs auf Stufe 3.

Tabelle 12: Stichprobenumfang der Untersuchungskollektive auf Stufe 3

Anlagentyp	**Hauptverkehrsstraßen innerorts**						**Gesamt**
	AKP			**Strecke**			
Unfälle	kein Unfall	ein Unfall	mind. zwei Unfälle	kein Unfall	ein Unfall	mind. zwei Unfälle	
FG-LSA	11	2	3	8	2	7	33
	16			17			
FGÜ	5	4	8	10	5	2	34
	17			17			
Mittelinsel	12	2	3	13	1	2	33
	17			16			
Gesamt	28	8	14	31	8	11	100
	50			50			
SCHÜLLER et al. (BASt 2020)	zusätzliche Querungsstellen, vorwiegend Nullfälle und vereinzelt Mittelinseln						max. 66

3.3.4 Analysemethodik

3.3.4.1 Deskriptiv

Deskriptive Auswertung zeigen meist bivariate Zusammenhänge (z. B. Verteilung des DTV_{Kfz} in Abhängigkeit des Anlagentyps) oder Häufigkeiten (z. B. Anzahl Unfälle mit Personenschaden U(P) in Abhängigkeit des Anlagentyps). Folgende Analyseansätze werden verfolgt:

- Darstellung von Bandbreiten anhand von **Box-plots**: Eine zweigeteilte Säule beschreibt das 25%-50% sowie das 50% bis 75% Quartil, wobei die Zweiteilung anhand des Medians erfolgt. Dieser wird dann noch zusätzlich durch den Mittelwert ergänzt. Größere Abweichungen von Mittelwert und Median deuten auf schiefe Verteilungen hin. Der zweigeteilte Balken wird dann noch um zwei Striche zur Darstellung der äußeren Quartile ergänzt, welche die Ober- und Untergrenze (Minimum und Maximum) der Bandbreite dokumentieren.
- **Häufigkeitsverteilungen** zeigen Anteile unterschiedlicher Merkmale wie bspw. die Unfallcharakteristik anhand der sieben Unfalltypen.

- Der **Anteil unfallfreier Querungsanlagen** im Betrachtungszeitraum hat sich als hilfreiches Analysewerkzeug bei Bewertungen von geringen Unfallhäufigkeiten erwiesen und wird auch hier zum Einsatz kommen. Es werden dabei immer die Anzahl an betrachteten oder betroffenen Querungsanlagen (n = XX) als auch Anzahl der Unfälle (U(P) = XX) mit angegeben.

3.3.4.2 Unfallkenngrößen

Unfallkenngrößen beziehen Unfallzahlen auf Bezugszeiträume und Expositionsdaten. Dies erfolgt entweder in Bezug auf die räumliche Ausdehnung (Unfalldichten und Unfallkostendichten) und/oder auf die Fahrleistung (Unfallraten und Unfallkostenraten).

Um auch die Unfallschwere abbilden zu können, wird auf Unfallkosten zurückgegriffen. Für die Bewertung der Unfälle mit Personenschaden wird auf die Kostensätze des H Uks (FGSV 2017) zurückgegriffen. Diese stellen Kostensätze differenziert nach Unfalltyp und Unfallart zur Verfügung. Vorteil der Bewertung anhand des H Uks gegenüber den pauschalen Kostensätzen des M Uko (FGSV 2012) ist, dass keine getrennte Bewertung von Unfällen mit leichtem und schwerem Personenschaden vorgenommen wird. Für solch eine differenzierte Bewertung bedarf es für aussagekräftige Analysen sehr große Kollektive, welche auch in der vorliegenden Untersuchung nicht vorliegen. Das H Uks stellt keine Kostensätze für Unfälle mit ausschließlich Sachschaden bereit, daher wird für diese Unfallkategorien auf die Kostensätze des M Uko zurückgegriffen. Es werden dabei die Kostensätze für innerörtliche Verkehrsstraßen verwendet.

Auf Stufe 2 der Unfallanalyse werden vor allem Unfallkostendichten und Unfallkostenraten verwendet.

$$UKD = \frac{UK}{1000\,L \cdot t}$$ Gleichung 1

mit:	UKD	Unfallkostendichte [1000 €/(km·a)]
	UK	Unfallkosten [€]
	L	Länge [km]
	t	Betrachtungszeitraum [a]

$$UKR = \frac{UK \cdot 10^3}{L \cdot t \cdot DTV \cdot 365}$$ Gleichung 2

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

In Abbildung 7 sind die Unfalldichten für Gesamtkollektiv und Teilkollektive 1 über den DTV_{Kfz} aufgetragen. Es werden dabei folgende Sachverhalte deutlich:

- Ein Zusammenhang zwischen der Unfalldichte und dem DTV_{Kfz} ist nicht erkennbar.
- Ob eventuell ein nicht linearer Zusammenhang besteht, lässt sich mit klassischen Unfallkenngrößen nur bedingt abbilden. Hier sind die Unfallmodelle aus Kapitel 0 besser geeignet.
- Es wird hingegen ein hoher Einfluss des FG-Querverkehrsaufkommens erwartet, welcher in Stufe 3 erhoben und in der Analyse berücksichtigt wird.
- Bei Betrachtung von Unfallraten auf Grundlage von Kfz-Verkehrsstärken würden Querungsstellen mit vielen Unfällen, aber hohem Kfz-Verkehr ggf. aus dem Fokus der Untersuchung geraten, was nicht zielführend ist.
- Unfalldichten konzentrieren sich dagegen auf die Anzahl der Unfälle selbst und adressieren vor allem die Stellen (oder Gruppen), an denen besonders viele Unfälle geschehen, die durch geeignete Maßnahmen möglichst gezielt entschärft werden können.

Ergänzend zu diesen Feststellungen sind die Verkehrsstärken der Kfz über alle Anlagentypen hinweg sehr ähnlich verteilt (siehe Tabelle 9). Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde festgelegt, dass auf Stufe 2 vorrangig Unfallkostendichten für die Analysen verwendet werden. Unfallkostenraten werden dagegen erst in Stufe 3 auf Grundlage des FG-Querverkehrsaufkommens ermittelt und ausgewertet.

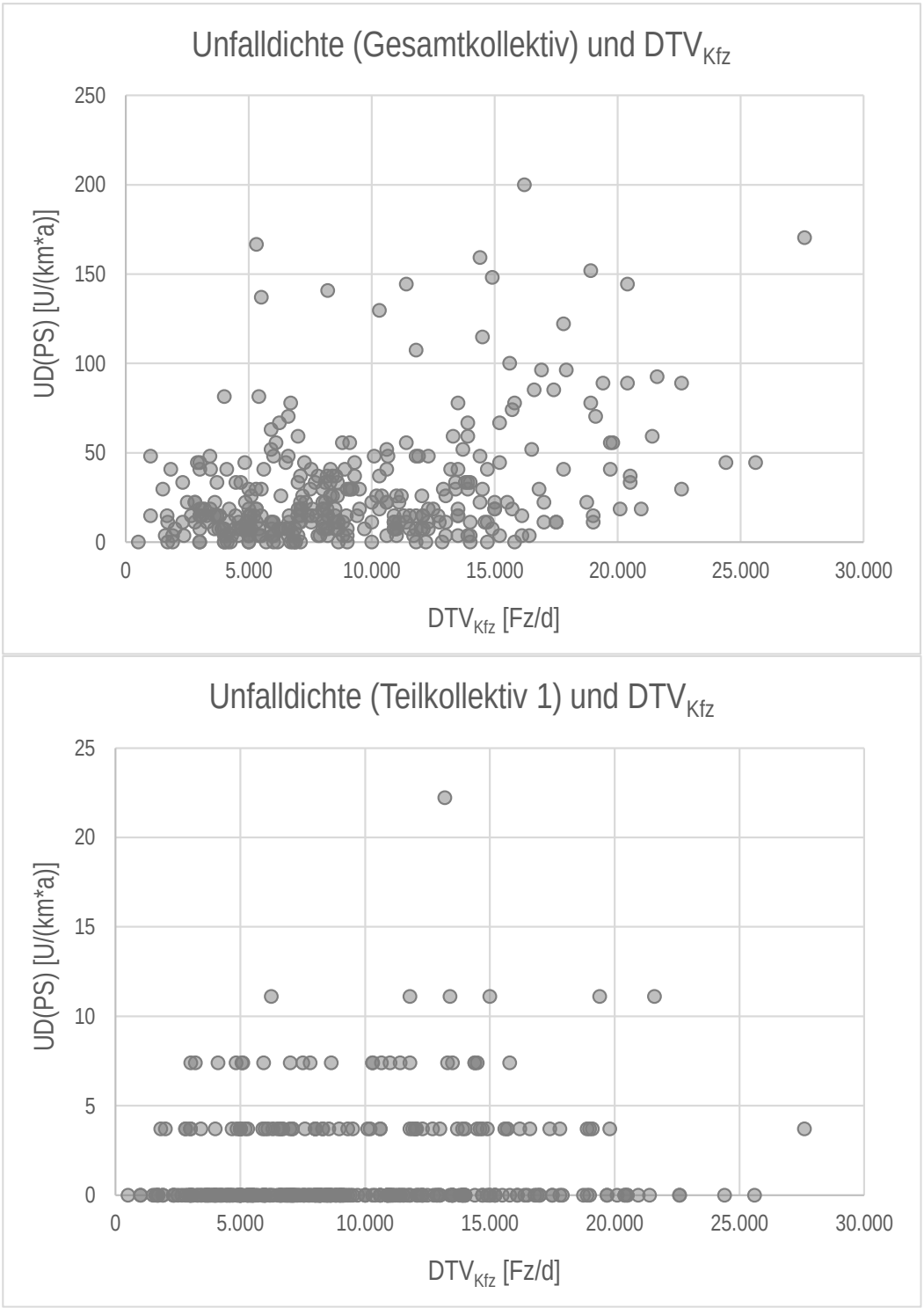


Abbildung 7: Unfalldichte über den DTV$_{Kfz}$ für Gesamtkollektiv und Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

3.3.4.3 Multikriterielle Analyse

Unfälle werden hinsichtlich ihrer Entstehung durch eine Vielzahl von gleichzeitig eintretenden Umständen und Merkmalen der Straßeninfrastruktur beeinflusst. Dies kann über deskriptive Analysen sowie klassische Unfallkenngrößen nur bedingt berücksichtigt werden. Aus diesem Grund sollen als dritter Analyseansatz multikriterielle Modellansätze aus der Gruppe der verallgemeinerten linearen Modelle angewendet werden. Hintergründe zu diesen Modellen finden sich u. a. in SCHÜLLER (2010) oder AURICH (2013).

Kern der multikriteriellen Modelle ist die multiplikative Verknüpfung verschiedener potenzieller Einflüsse. Dies ist in der folgenden Formel dargestellt. Hierzu gehört die Exposition, d.h. die Verkehrsstärken der verschiedenen konfligierenden Verkehrsteilnehmergruppen, also Kraftfahrzeuge, Fußgänger und Radfahrer. Weiterhin sind dies verschiedene potenzielle Einflussvariablen wie u. a. die Art der Querungshilfe oder die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Wesentlich für die Beurteilung der Zusammenhänge des Modells sind die Regressionskoeffizienten. Regressionskoeffizienten mit positiven Vorzeichen deuten darauf hin, dass mit Zunahme oder Vorhandensein der Einflussvariable die Unfallhäufigkeit steigt. Bei negativem Vorzeichen ist es umgekehrt. Bei den Expositionsgrößen stellen die Regressionskoeffizienten die Potenz einer Potenzfunktion dar. Ein Regressionskoeffizient von 1 steht für einem linearen Zusammenhang zwischen Exposition und Unfallhäufigkeit. Ein Regressionskoeffizient kleiner 1 steht für einen degressiv ansteigenden Zusammenhang (ähnlicher einer Wurzelfunktion). Bei einem Regressionskoeffizient größer eins ist mit einem progressiv ansteigenden Zusammenhang zu rechnen (ähnlich einer quadratischen Funktion).

$$U = k \cdot {q_{Kfz}}^{\beta_1} \cdot {q_{querende\ Fg}}^{\beta_2} \cdot {q_{querende\ Rf}}^{\beta_2} \cdot e^{\sum_{n=3}^{i} \beta_i \cdot x_i}$$

mit:

U	Unfälle pro Jahr und Untersuchungsbereich
k	Konstante
q_{Kfz}	Verkehrsstärke im Kraftfahrzeugverkehr (DTV)
$q_{querende\ Fg}$	Verkehrsstärke der querenden Fußgänger
$q_{querende\ Rf}$	Verkehrsstärke der querenden Radfahrer
x	Einflussvariablen (z. B. zulässige Höchstgeschwindigkeit)
β	Regressionskoeffizient
i	Index für Einflussvariable und deren Regressionskoeffizient

Regressionskoeffizienten können nur bedingt direkt in ihrer Wirkung auf die Unfallhäufigkeit bewertet werden, denn hierfür müsste man diese in die oben gezeigte Formel einsetzen. Am einfachsten ist die Interpretation für dichotomisierte Einflussvariablen (keine Exposition), welche nur den Wert 0 oder 1

annehmen (Wert 1 für Merkmal ist vorhanden). Ein Regressionskoeffizient von 0,5 würde beim Einsetzen in den letzten Term in der obigen Gleichung zu folgendem Ergebnis führen: $e^{(1\times0,5)} = 1,65$. Das bedeutet, aufgrund eines vorhanden Merkmals in Bezug auf eine Einflussvariable erhöht sich das Ergebnis der Gleichung bzw. des Unfallmodells um den Faktor 1,65 bzw. um 65%.

Hier nicht dargestellt, aber wichtig für die Interpretation ist auch die Signifikanz der Regressionskoeffizienten. Dies geben Auskunft zur Stabilität und der Aussagekraft des festgestellten Zusammenhangs. Die Signifikanz ist abhängig von der Effektstärke und des Stichprobenumfangs. Kleine Stichproben bedingen starke und deutliche Zusammenhänge, damit diese dem üblicherweise gewählten Signifikanzniveau von 0,05 genügen. Da im vorliegenden Projekt aufgrund der differenzierten Betrachtung unterschiedlicher Arten von Querungshilfen nochmals kleinere Teilkollektive zur Verfügung stehen, wurden vereinzelt auch Zusammenhänge mit einem Signifikanzniveau bis 0,10 bei Stufe 2 und 0,20 bei Stufe 3 (kleinstes Kollektiv) erwähnt, um zumindest Tendenzen darzustellen.

Bei der Dokumentation der konkreten Modellergebnisse in den Anhängen 7.4, 7.5 und 7.8 werden nur die Regressionskoeffizienten der Exposition und der Einflussvariablen plus deren Signifikanzniveaus (meist kategorisiert über eine Anzahl von Sternen (*** $p < 0,001$ / ** $p < 0,01$ / * $p < 0,05$ / . $p < 0,10$)) berücksichtigt. Im Text werden die Ergebnisse jeweils nur textlich dokumentiert und interpretiert.

Folgende wichtige Randbedingungen wurden bei der Interpretation der Modellergebnisse berücksichtigt:

- Die hier verwendeten Unfallmodelle können nur Unfallhäufigkeiten keine Unfallkosten als Zielvariable berücksichtigen. Hierfür wären wesentlich komplexere Modellansätze notwendig.
- Die Unfallmodelle berücksichtigen die Charakteristik der Auftretenswahrscheinlichkeit von Unfällen. Unfälle sind seltene Ereignisse, deren Auftreten der diskreten Poisson-Verteilung folgen. Ein Großteil der üblicherweise verwendeten, statistischen Analysen bedingt Normalverteilungen. Unfallhäufigkeiten folgen aber – vor allem bei so geringen Unfallhäufigkeiten wie beim vorliegenden Untersuchungsgegenstand – nicht der Normalverteilung, weswegen die üblichen statistischen Analysen zu eingeschränkt aussagefähigen Ergebnissen führen würden.
- Die Modelle erlauben es verschiedene auch nicht lineare Zusammenhänge zwischen der Unfallhäufigkeit und den verschiedenen Variablen abzubilden. Unfallkenngrößen, wie die Unfallrate, unterstellen dagegen

stets (perfekte) lineare Zusammenhänge zwischen der Verkehrsstärke und den Unfallzahlen, auch wenn diese ggf. gar nicht gegeben sind.

- Multikriterielle Modelle können gleichzeitig mehrere Variablen auf ihren Einfluss auf die Unfallhäufigkeit prüfen, wie z. B. Verkehrsstärken der Kfz und der querenden Fußgänger. Mit klassischen Unfallkenngrößen ist dies zwar möglich, Modelle bilden dies aber wesentlich flexibler und transparenter ab.
- Die Unfallmodelle ermöglichen Aussagen zum Signifikanzniveau verschiedener Zusammenhänge.
- Multikriterielle Modelle sind ein sehr komplexes Werkzeug, welches Zusammenhänge unabhängig von deren Sinnhaftigkeit und Fragen der Kausalität darstellen können. Der Aufbau von Unfallmodellen (Hinzunahme und Test auf Signifikanz potenzieller Einflussmerkmale) bedarf daher breiter Kenntnisse aus Unfallanalyse und der aktuellen Forschung. Kausal nicht begründbare oder generell nicht erklärbare Zusammenhänge sind mit besonderer Vorsicht zu interpretieren. Hier hilft auch die parallele Analyse anhand des Modells und klassischer Unfallkenngrößen.

3.4 Erhebung Verkehrsstärken und Verhalten

3.4.1 Videobeobachtung

Anhand der Kriterien für das Untersuchungskollektiv für die Unfallanalyse Stufe 3 wurden an 100 Untersuchungsstellen Videoerhebungen durchgeführt. In Tabelle 31 im Anhang 7.7 sind die genauen Untersuchungsstellen inkl. des Erhebungstages angegeben.

Die Videobeobachtungen wurden unter folgenden Randbedingungen durchgeführt:

- Erhebungen an normalen Wochentagen (Dienstag bis Donnerstag) außerhalb der Schulferien und Feiertagen unter Vermeidung von Tagen mit Starkregen, Streiks oder Einschränkungen durch lokale Lock-Downs aufgrund der Corona-Pandemie
- Erhebungsdauer von mindestens vier Stunden im Zeitraum von 14-18 Uhr
- Aufnahmen mit bis zu zwei Kameras pro Untersuchungsstelle zur Abdeckung des Anlagenbereiches (25 m vor und nach der Querungsanlage)

3.4.2 Auswertung Videobeobachtung

3.4.2.1 Verkehrsaufkommen

Für die Analysen der Stufe 3 wurde das Verkehrsaufkommen des Fuß-, Rad- und Kfz-Verkehrs erhoben. Grundsätzlich wurde ein Zwei-Stunden-Zeitraum von 16-18 Uhr ausgewertet. Anhand dieser Daten ist eine Hochrechnung auf den DTV möglich (ARNOLD et al. 2008 für Kfz, SCHILLER et al. 2011 für Radverkehr und ROßMERKEL 2017 für den Fußverkehr).

Die Längsverkehrserhebungen wurden getrennt nach Seitenraum und Fahrbahn durchgeführt. Dabei wurde die folgenden Kenngrößen erhoben:

- Fußgänger (FG_{LV}) und Radfahrer (RF_{LV-S}) im Seitenraum (sofern auf den Videos vollständig erkennbar):
  - Längsverkehr an der Querungsstelle getrennt nach Straßenseiten und Geh- bzw. Fahrtrichtung
- Radfahrer auf der Fahrbahn (RF_{LV-F})
  - Längsverkehr an der Querungsstelle getrennt nach Fahrtrichtung
  - an FG-LSA wurden zusätzlich Rotlichtverstöße erhoben
- Kraftfahrzeuge auf der Fahrbahn (KFZ_{LV}):
  - unterteilt in die Fahrzeugklassen Kraftrad, Pkw, Lkw (>3,5t) und sonstige Fahrzeuge
  - Längsverkehr an der Querungsstelle getrennt nach Fahrtrichtung

Die Erhebungen im Querverkehr wurden in zwei Schritten durchgeführt. Als erstes wurde sowohl das Querverkehrsaufkommen (Anzahl der Querungsvorgänge) als auch das individuelle Verhalten der Querenden erhoben. Dabei wurden folgende Merkmale unterschieden:

- Querende Verkehrsteilnehmer: Fußgänger, Radfahrer und Fußgänger, die ein Fahrrad schieben
- Startseite der Querung
- Unterscheidung in Querung auf der Querungsanlage selbst und im Anlagenbereich (25 m zu beiden Seiten der Querungsanlage)
- Querung ohne Halt, mit Halt am Rand und mit Halt in der Mitte der Fahrbahn (Mehrfachnennung möglich)
- bei Querungen im Anlagenbereich: Querung durch Rückstau auf dem anliegenden und/oder gegenüberliegenden Fahrstreifen
- bei FG-LSA: Rotlichtmissachtung der Querenden

In einem zweiten Schritt wurden Interaktionen der Querenden mit Verkehrsteilnehmern im Längsverkehr erhoben und bewertet.

3.4.2.2 Geschwindigkeiten

An allen 100 Stellen wurden die mittleren gefahrenen Geschwindigkeiten freifahrender Pkw erhoben. Dafür wurde je Fahrzeug die Zeit erhoben, in der eine festgelegte Strecke zurückgelegt wurde. Ein Fahrzeug gilt als freifahrend, wenn es einen zeitlichen Abstand von fünf Sekunden zum vorrausfahrenden Fahrzeug aufweist und nicht durch querende Verkehrsteilnehmer beeinflusst wird. Es wurden mindestens 50, meist jedoch alle freifahrenden Fahrzeuge innerhalb eines Zeitraums von zwei Stunden erhoben.

3.4.2.3 Interaktionen des Querverkehrs

Für alle querenden Verkehrsteilnehmer können bis zu vier unterschiedliche Interaktionen mit Verkehrsteilnehmern im Längsverkehr erhoben werden. Diese sind in Abbildung 8 dargestellt und folgendermaßen definiert:

- **S1**: Interaktion zwischen querendem Fußgänger/Radfahrer und Radfahrer im Längsverkehr im Seitenraum zu Beginn der Querung
- **F1**: Interaktion zwischen querendem Fußgänger/Radfahrer und Kfz/Radfahrer im Längsverkehr auf dem ersten/anliegenden Fahrstreifen während der Querung
- **F2**: Interaktion zwischen querendem Fußgänger/Radfahrer und Kfz/Radfahrer im Längsverkehr auf dem zweiten/ gegenüberliegenden Fahrstreifen
- **S2**: Interaktion zwischen querendem Fußgänger/Radfahrer und Radfahrer im Längsverkehr im Ziel-Seitenraum zum Ende der Querung

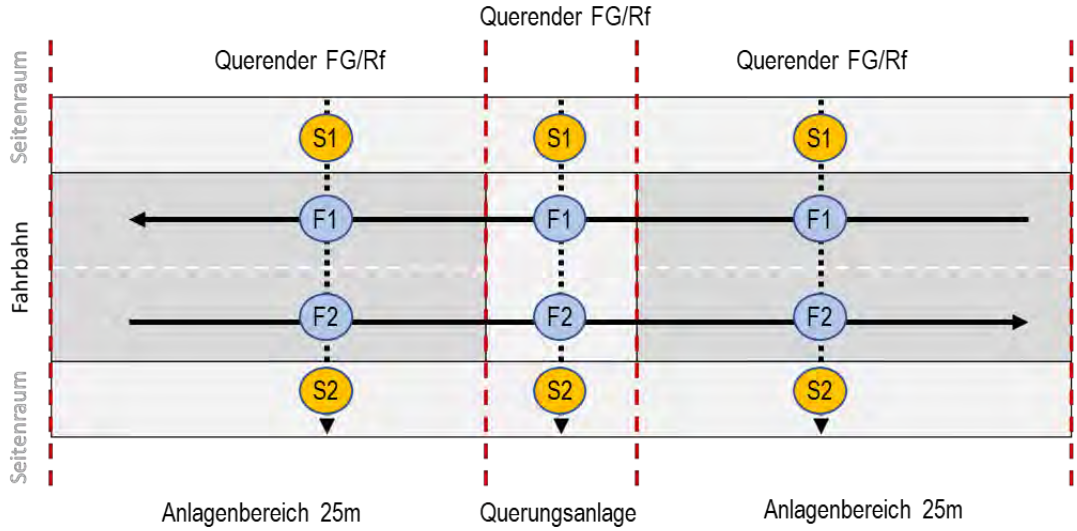


Abbildung 8: Interaktionsbereiche für querende Fußgänger und Radfahrer

Jede der Interaktionen wurde hinsichtlich ihrer Intensität bewertet. Dies geschah unter Berücksichtigung der vorliegenden Vorrangregelung und der Verhaltensanpassungen der Interaktionsbeteiligten. Die Abgrenzung der Interaktionsstufen ist Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 13: Definition Interaktionsstufen

Interaktionsstufe	Beschreibung
1 (kontrollierte Interaktion)	Verkehrsteilnehmer bewegen sich aufeinander zu, verhalten sich regelkonform und reagieren kontrolliert.
2 (Interaktion ohne Behinderung)	Verkehrsteilnehmer bewegen sich aufeinander zu. Untergeordnete Verkehrsteilnehmer müssen ihr Verhalten anpassen, um eine Kollision zu vermeiden.
3 (Interaktion mit Behinderung)	Verkehrsteilnehmer bewegen sich aufeinander zu. Die vorfahrtrechtlich übergeordneten Verkehrsteilnehmer müssen ihr Verhalten anpassen, um eine Kollision zu vermeiden.
4 (Interaktion mit Beinahe-Unfall)	Verkehrsteilnehmer bewegen sich aufeinander zu. Verkehrsteilnehmer reagieren und können einen Unfall nur knapp verhindern.
5 (Unfall)	Die Verkehrsteilnehmer bewegen sich aufeinander zu und es kommt zum Unfall (Zusammenstoß/Sturz).

3.5 Lokale Erhebung schutzbedürftiger Personen

Als Ergänzung zu den vorangegangenen Videoerhebungen wurde das Verhalten besonders schutzbedürftiger Fußgänger direkt vor Ort erhoben. „Besonders schutzbedürftige Fußgänger“ umfassen dabei Kinder und Senioren sowie Personen mit Mobilitätseinschränkungen (Nutzung von Rollstuhl, Rollator, Gehstock oder Krücke), wobei die beobachteten Personen mit Mobilitätseinschränkungen alle zugleich der Gruppe der Senioren zuzuordnen waren. Die Einordnung in die Altersgruppen „Kinder“/„Senioren“ erfolgte nach Augenschein durch die Beobachter, wobei Personen bis 12 Jahre als Kinder, Personen ab 65 Jahre als Senioren klassifiziert wurden. Das Verhalten besonders schutzbedürftiger Fußgänger ließ sich nicht aus den in AP 4 erhobenen Videodaten ermitteln, da die Videos aufgrund der Vorgaben des Datenschutzes nicht mit einer für das Erkennen des Alters der Personen ausreichenden Auflösung aufgenommen werden können.

Für die Beobachtung wurden aus den Erhebungsstellen neun Querungsstellen ausgewählt, an denen aufgrund der Lage zu Einzelhandel,

Krankenhäusern, Schulen oder Sportanlagen mit einem erhöhten Aufkommen an Kindern und Senioren zu rechnen ist. An jeder der Querungsstellen wurde mit einer Erhebungsperson 10 Stunden, meist aufgeteilt auf zwei 5-Stunden-Blöcke, erhoben. Die Erhebungen wurden überwiegend im Zeitraum von 11 bis 17 Uhr durchgeführt, um einerseits die Mittagsspitze der von der Schule nach Hause laufenden Kinder, andererseits den nachmittäglichen Einkaufs- und Freizeitverkehr von Senioren abzudecken. Auf den Einbezug der Morgenspitze des Schülerverkehrs wurde verzichtet, da dann weniger mit allein gehenden Kindern und mehr mit in Gruppen oder in Begleitung laufenden Kindern zu rechnen ist, was die „isolierte“ Betrachtung des Verhaltens einzelner Kinder erschwert. Die Erhebungspersonen positionierten sich so in der Nähe der Querungsstelle, dass einerseits das Verhalten der Querenden ausreichend genau beobachtet werden konnte, andererseits keine Beeinflussung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer erfolgte.

Bei den ausgewählten Beobachtungsstellen handelte es sich um je drei FG-Lichtsignalanlagen, Fußgängerüberwege und Mittelinseln, wobei an allen Beobachtungsstellen die Möglichkeit zur linienhaften Querung bestand.

Folgende Merkmale wurden erhoben, der Erhebungsbogen ist zudem in Anhang 7.9 dargestellt:

- Geschlecht und geschätztes Alter der querenden Person
- Nutzung eines Handys, einer Gehhilfe (Rollstuhl, Rollator etc.) oder Mitführen eines Kinderwagens
- Querung in einer Gruppe mit anderen Personen oder (bei Kindern) Begleitung durch Erwachsene
- Vorhandensein temporärer Sichtbehinderungen bei der Querung (z. B. durch falsch parkende Kfz)
- Verhalten und Ablauf bei der Querung: Sicherungsverhalten der Fußgänger im Vorlauf, vor und während der Querung; Halte (ohne Halt/Halt am Rand/Halt in der Mitte (bei Mittelinseln)); Querung durch einen Rückstau; Abbruch der Querung; Wartezeiten am Fahrbahnrand sowie ggf. auf der Mittelinsel
- Anlagenspezifisch weitere Verhaltensmerkmale: Anforderung und Rotlichtmissachtung (durch Fußgänger und Fahrzeugführer) an FG-LSA; an FGÜ das Abwarten des Anhaltens sich nähernder Fahrzeuge durch die querende Person
- Verhalten der Fahrzeugführer (Fahrzeug hält/hält nicht für die beiden ersten Fahrzeuge je Richtung)

- Interaktionen einschließlich deren Schwere (ohne Behinderung/mit Behinderung/mit Gefährdung) und dem Ort der Interaktion, wobei nur solche Interaktionen erhoben wurden, die über das normale vorfahrtrechtlich geregelte Verkehrsverhalten (bspw.: Kfz hält an FGÜ und lässt Fußgänger passieren) hinausgingen

Für jede querende Person wurde zudem der Laufweg im Bereich der Querungsstelle in einer schematischen Karte eingezeichnet.

Bei entsprechenden Kapazitäten des Erhebungspersonals wurden auch Rad fahrendende Kinder erhoben, da für diese nach § 2 Abs. 5 StVO z. T. die Pflicht zur Nutzung des Gehwegs besteht. Insgesamt war die erhobene Zahl der Radfahrer (über alle Erhebungsstellen zusammen) mit 53 allerdings so gering, dass auf eine Auswertung verzichtet wurde, aufgrund des vermuteten abweichenden Verhaltens wurden diese Personen auch nicht den Fußgängern zugeschlagen. Bei der Auswertung wurden die Kennwerte je Beobachtungsstelle berechnet und dann über die zusammenzufassenden Beobachtungsstellen gemittelt.

4 Ergebnisse

4.1 Unfallanalyse für das Untersuchungskollektiv Deutschland (Stufe 1)

4.1.1 Entwicklung verunglückter Fußgänger

Abbildung 9 stellt die Entwicklung der verunglückten Fußgänger innerhalb von Ortschaften seit dem Jahr 1991 dar. In den 1990er Jahren konnte bei der Anzahl der schwerverletzten und getöteten Fußgänger ein deutlicher Rückgang verzeichnet werden. Dieser Positivtrend setzte sich auch in den 2000er Jahren in leicht abgeschwächter Form fort. Die Anzahl der schwerverletzten Fußgänger betrug im Jahr 2009 noch ca. 45 % gegenüber der Anzahl der Schwerverletzten aus dem Jahr 1991, die Anzahl der Getöteten nur noch ca. 33 %. Bei den leichtverletzten Fußgänger ist kein vergleichbar starker Abwärtstrend erkennbar. Dennoch kann auch hier bis zum Jahr 2009 eine Reduzierung auf ca. 87 % gegenüber dem Wert von 1991 festgestellt werden.

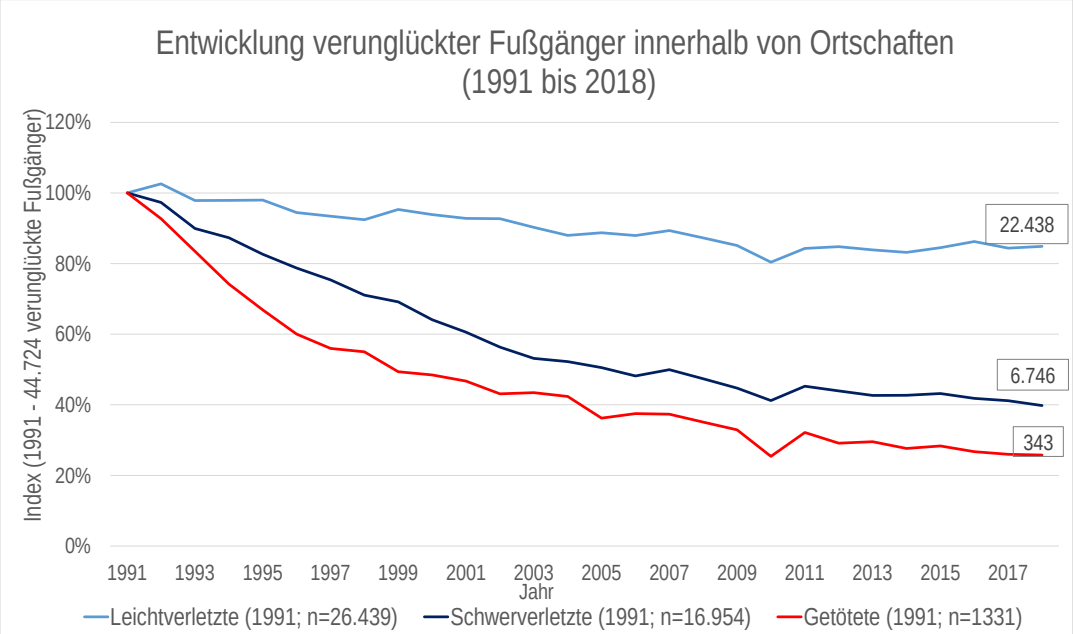


Abbildung 9: Entwicklung verunglückter Fußgänger innerhalb von Ortschaften (Quelle DESTATIS 2019)

In den vergangenen zehn Jahren (2009 bis 2018) ist der Positivtrend der 1990er und 2000er Jahre deutlich abgeflacht (siehe Abbildung 10). Die Zahl der leichtverletzten Fußgänger stagniert in diesem Zeitraum, was auch zur Folge hat, dass die Anzahl der verletzten Fußgänger im Gesamten innerorts kaum noch sinkt. Dennoch verletzten sich im Jahr 2018 ca. 11 % weniger Fußgänger schwer als im Jahr 2009. Die Anzahl der tödlich verunglückten

Fußgänger reduzierte sich sogar um weitere 22 %. Dieser Wert wurde jedoch auch bereits im Jahr 2010 erreicht.

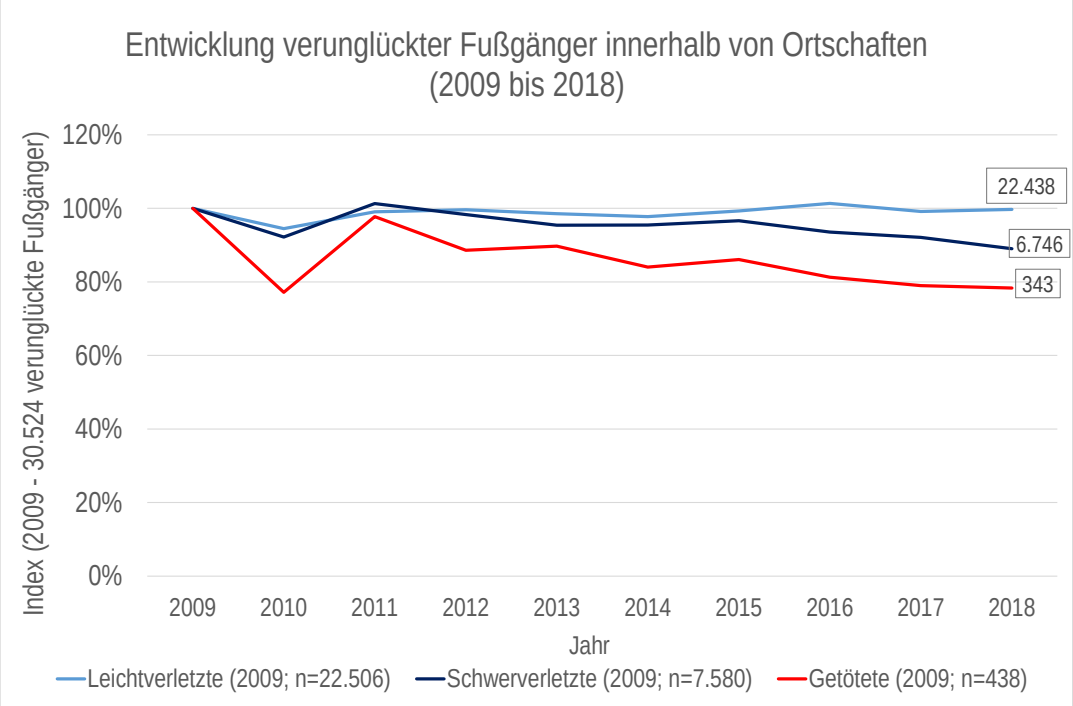


Abbildung 10: Entwicklung verunglückter Fußgänger innerhalb von Ortschaften in den vergangenen zehn Jahren (Quelle: DESTATIS 2019)

Ein ähnliches Bild wie bei den Unfällen mit Fußgängern innerorts zeigt sich für die vergangenen zehn Jahre auch bei den verunfallten Fußgängern an Fußgängerüberwegen (siehe Abbildung 11). Hier stagniert die Anzahl der verletzten Fußgänger ebenfalls. Aufgrund kleiner Kollektive schwankt die Anzahl der getöteten Fußgänger an FGÜ zudem sehr, weshalb sich kein Positivtrend erkennen lässt. Zusätzlich besteht bei der Entwicklung der Unfallzahlen an FGÜ auch Unklarheit durch die fehlende Expositionsgröße über die Anzahl der deutschlandweit vorhandenen FGÜ. Eine Interpretation der Entwicklung verunglückter Fußgänger an FGÜ ist daher nur eingeschränkt möglich.

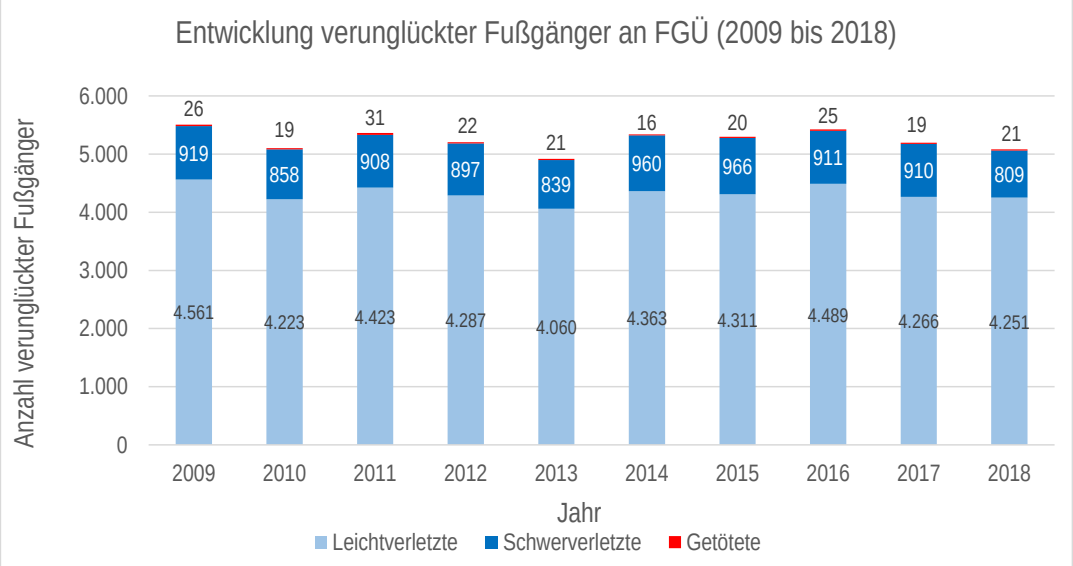


Abbildung 11: Entwicklung verunglückter Fußgänger an FGÜ (Quelle: DESTATIS 2019)

4.1.2 Zeitliche Einordnung

Abbildung 12 zeigt den Anteil eines jeweiligen Monats am Gesamtunfallgeschehen der Fußgänger innerhalb von Ortschaften. Die dargestellten Anteile verdeutlichen ein erhöhtes Auftreten von Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern in den Wintermonaten. Aufgrund längerer Dunkelstunden in den Wintermonaten liegt ein Einfluss der schlechteren Lichtverhältnisse auf das Unfallgeschehen nahe. Dies zeigt auch der Vergleich der verunglückten Fußgänger und anderen Verunglückten in Bezug auf das Unfallmerkmal Lichtverhältnisse in Abbildung 13. Auch allgemein ungünstige Witterungsverhältnisse in den Wintermonaten können dabei eine Rolle spielen[3], wie der leicht erhöhte Anteil von Nässe als Unfallmerkmal bei verunglückten Fußgängern in Abbildung 14 zeigt.

[3] Siehe auch die Beschreibung zu verunglückten Fußgängern unter https://service.destatis.de/DE/verkehrsunfallkalender/

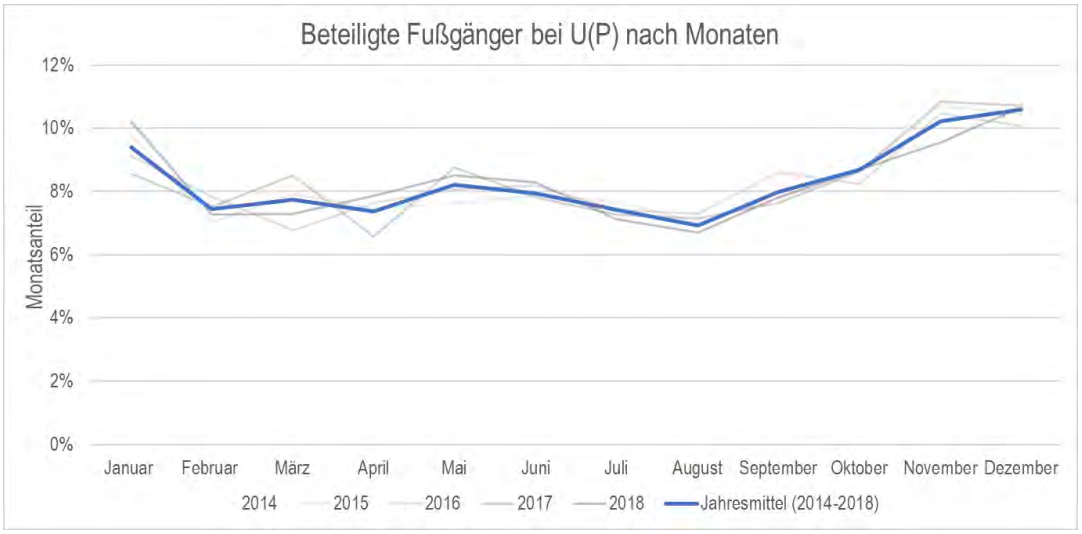


Abbildung 12: Beteiligte Fußgänger bei Unfällen mit Personenschaden nach Monaten (Quelle DESTATIS 2019)



Abbildung 13: Verunglückte bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen (Quelle DESTATIS 2019)

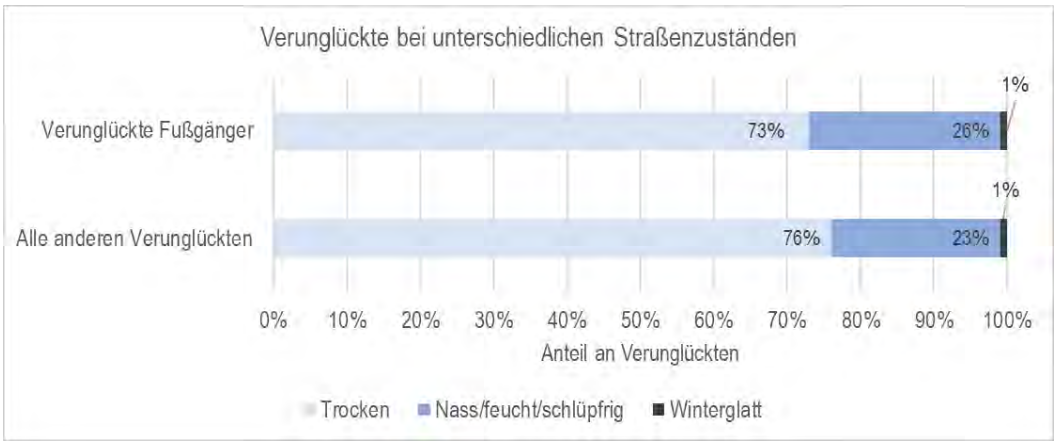


Abbildung 14: Verunglückte bei unterschiedlichen Straßenzuständen (Quelle DESTATIS 2019)

4.1.3 Überschreiten-Unfälle

Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern sind vielfach Überschreiten-Unfälle (ÜS), welche durch einen Konflikt zwischen einem die Fahrbahn überschreitenden Fußgänger und einem Fahrzeug ausgelöst werden – sofern das Fahrzeug nicht soeben abgebogen ist (Vgl. M Uko 2012). Bezüglich der Unfallkategorien kann für Überschreiten-Unfälle gegenüber den sonstigen Fußgängerunfällen eine erhöhte Unfallschwere festgestellt werden (siehe Abbildung 15).

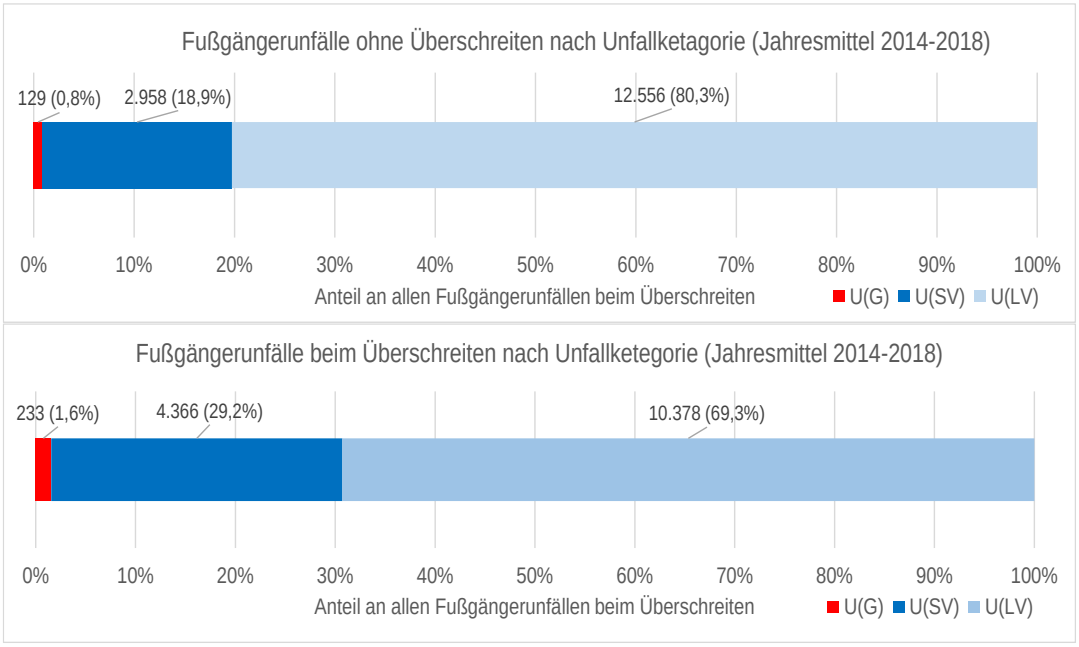


Abbildung 15: Unfallkategorie von innerörtlichen Fußgängerunfällen mit/ohne Überschreiten der Fahrbahn (Quelle DESTATIS 2019)

Während Überschreiten-Unfälle innerorts ca. 49% aller Fußgängerunfälle ausmachen, beträgt ihr Anteil an den Fußgängerunfällen mit Getöteten U(Gt) ca. 64% – mit Schwerverletzten U(SV) ca. 59% (siehe Abbildung 16). Demnach sind Überschreiten-Unfälle besonders folgenschwer.

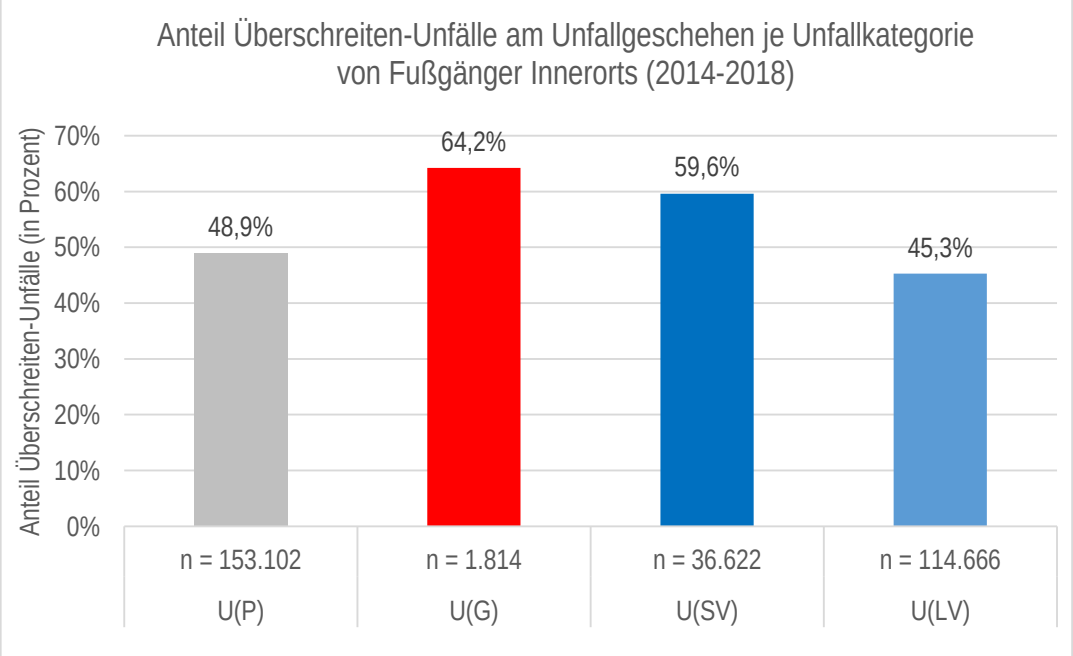


Abbildung 16: Überschreiten-Unfälle nach Unfallkategorien (Quelle DESTATIS 2019)

Die Betrachtung der Überschreiten-Unfälle nach Straßenart in Abbildung 17 legt zudem eine erhöhte Unfallschwere vor allem bei innerörtlichen Bundes- und Landes- sowie tendenziell auch Kreisstraßen innerhalb geschlossener Ortschaften dar. Die in dieser Studie betrachteten Hauptverkehrsstraßen sind größtenteils einer dieser drei genannten Straßenklassen zuzuweisen.

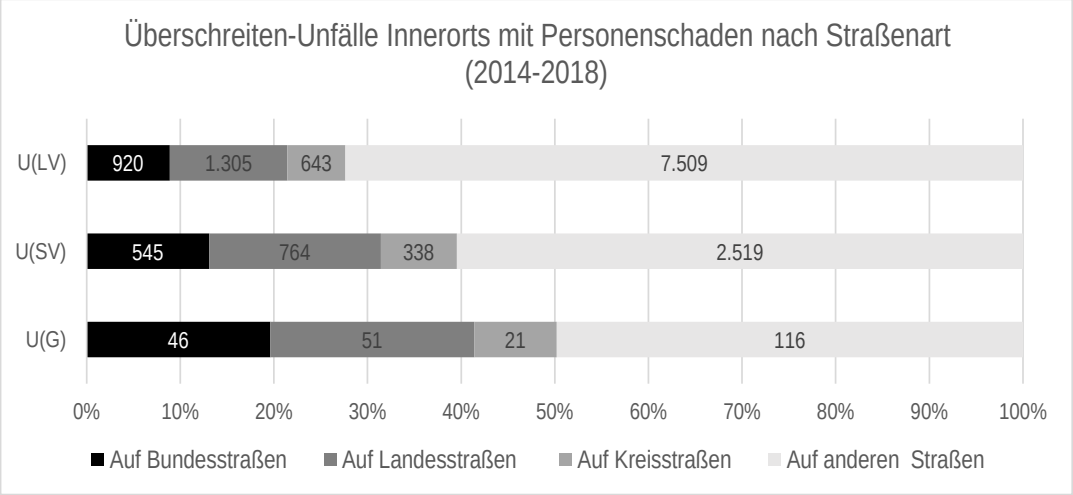


Abbildung 17: Überschreiten-Unfälle nach Straßenart (Quelle DESTATIS 2019)

Zusammenfassend bestätigt die Analyse der deutschlandweiten Unfallstatistik für die Überschreiten-Unfälle die Notwendigkeit der durchgeführten Studie, da insbesondere auf Hauptverkehrsstraßen und beim Überschreiten der

Straße vergleichsweise schwere Unfallfolgen zu erwarten sind. Über diese Erkenntnis hinausgehende Informationen, z.B. in Bezug auf unterschiedliche Querungsanlagen, liefert die deutschlandweite Unfallstatistik jedoch nicht.

4.1.4 Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern nach Altersgruppen

Die Einteilung der verunglückten Fußgänger nach Altersgruppen in Abbildung 18 zeigt, dass in absoluten Zahlen besonders älterer Personengruppen im Straßenverkehr als Fußgänger verletzt oder sogar getötet werden.

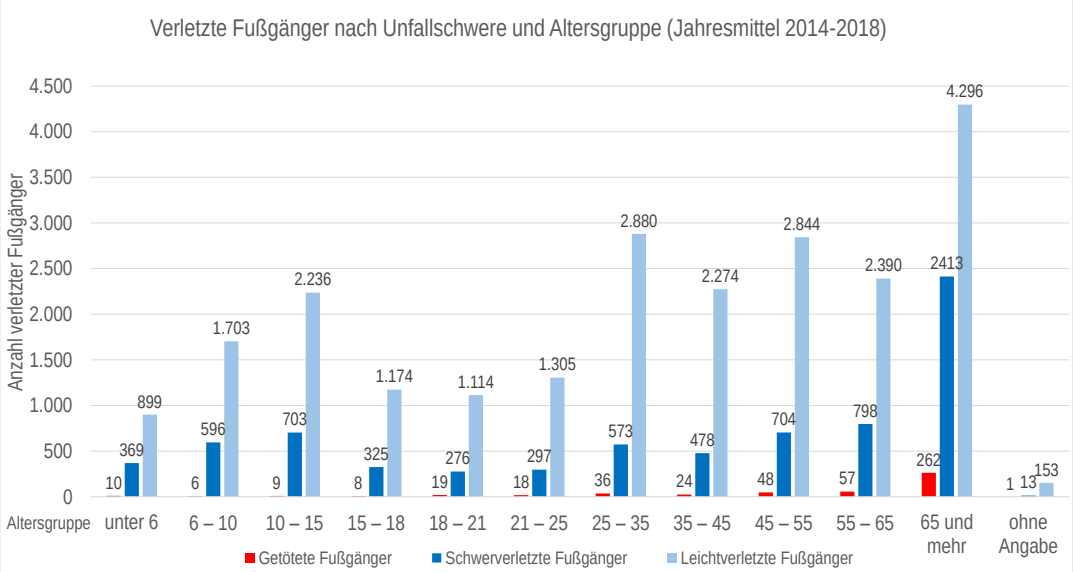


Abbildung 18: Verletzte Fußgänger nach Unfallschwere und Altersgruppe (Quelle DESTATIS 2019)

Die Aussagekraft auf das Verletzungsrisiko der jeweiligen Altersgruppen ist jedoch nur unter Berücksichtigung der Bevölkerungszahlen der Altersgruppen möglich. Unter Einbezug der Bevölkerungszahlen aus DESTATIS ergeben sich für die aggregierten Altersgruppen die in Abbildung 19 dargestellten Anteile bei den Verunglückten im Vergleich zum Anteil an der Bevölkerung. Liegt der Anteil der Verunglückten über dem Anteil der Bevölkerung ist je nach Abweichung von einem erhöhten bzw. verringerten Risiko bei Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern zu verunglücken oder verletzt zu werden auszugehen.

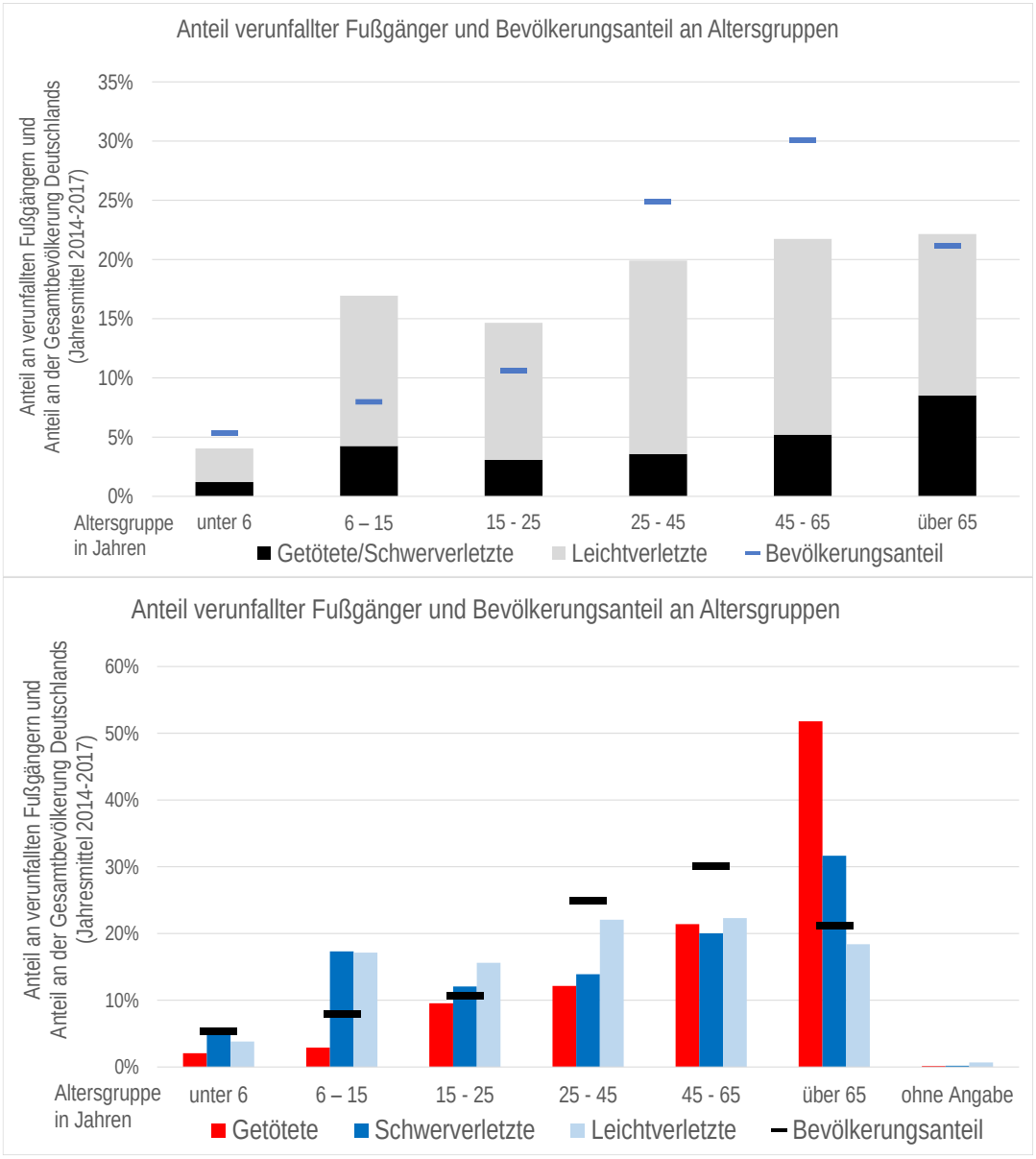


Abbildung 19: Anteil verunfallter Fußgänger und Bevölkerungsanteil an Altersgruppen (Quelle DESTATIS 2019)

Der absolute Höchstwert bei den insgesamt verunglückten Fußgängern in der Altersgruppe der über 65-Jährigen relativiert sich in Anbetracht der Bevölkerungsstatistik. Der Anteil am Gesamtunfallgeschehen von Fußgängern liegt nur noch sehr leicht über dem Anteil an der Bevölkerung dieser Altersgruppe. Jedoch ist innerhalb der Gruppe der schwerverletzten aber besonders auch innerhalb der Gruppe der getöteten Fußgänger ein deutlich höherer Anteil am Unfallgeschehen gegenüber dem Bevölkerungsanteil zu erkennen. Personen über 65 Jahre sind also gegenüber den anderen Altersgruppen als Fußgänger im Verhältnis besonders häufig in schwerwiegende Unfälle verwickelt, was auch mit einer höheren Verletzbarkeit von Älteren bzw.

Senioren begründet werden kann. In den Altersgruppen der 45- bis 65-Jährigen sind deutlich weniger verunglückte Fußgänger zu verzeichnen als es nach ihrem Bevölkerungsanteil zu erwarten wäre. Bei den 25- bis 45-Jährigen trifft dies auch in etwas abgeschwächter Form zu. Hier sind Unfälle mit Getöteten oder Schwerverletzten jedoch deutlich seltener, wohingegen der Anteil der Leichtverletzten näher an den Bevölkerungsanteil heranreicht. Bei den 45- bis 65-Jährigen sind die jeweiligen Anteile der Verletzungsschweren fast identisch. Insgesamt liegt der Anteil der verunglückten Fußgänger in der Altersgruppe der 15- bis 25-Jährigen etwas über deren Bevölkerungsanteil. Im Alter von 6 bis 15 Jahren verunfallen gegenüber dem Bevölkerungsanteil dieser Gruppe besonders viele Fußgänger. Neben einer im Allgemeinen hohen Zahl von Leichtverletzten fällt auch der erhöhte Anteil von Schwerverletzten auf. Dagegen sind getötete Fußgänger bei den 6- bis 15-Jährigen unterrepräsentiert. Der erhöhte Anteil an Verunglückten in dieser Altersgruppe kann mit dem Beginn der selbstständigen Verkehrsteilnahme in diesem Alter in Zusammenhang gebracht werden (z.B. Schulweg). Der Anteil der verunglückten Kinder unter sechs Jahren liegt unter dem Wert des Bevölkerungsanteils. In diesem Alter findet die Teilnahme am Verkehr jedoch auch meist noch unter Aufsicht eines Erziehungsberechtigten statt.

4.1.5 Unfallgegner

Abbildung 20 zeigt die Verkehrsbeteiligung der Unfallgegner bei innerörtlichen Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern.

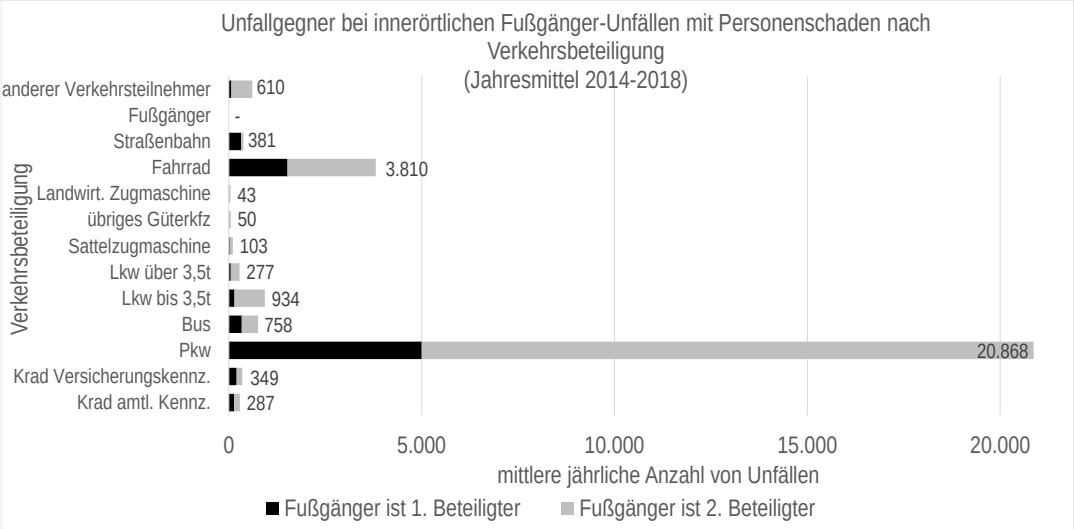


Abbildung 20: Unfallgegner bei Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern (Quelle DESTATIS 2019)

Den mit Abstand am häufigsten aufgeführten Unfallgegner stellen Pkw mit ca. 73 % dar. An zweiter Stelle folgen das Fahrrad bzw. Radfahrer mit ca. 13

%. In beiden Fällen wird der Fußgänger überwiegend in zweiter Beteiligung aufgeführt. Andere Formen der Verkehrsbeteiligung treten als Konfliktgegner zusammen nur bei 14 % der Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern auf (z.B. Lkw, Bus, Straßenbahn, Krad). Beim Unfallgegner Straßenbahn ist beispielsweise der Fußgänger fast ausschließlich als 1. Beteiligter angegeben.

4.1.6 Unfallursachen

Die durch das Fehlverhalten von Fußgängern ausgelösten innerörtlichen Straßenverkehrsunfälle werden nach Unfallursachen in Abbildung 21 dargestellt.

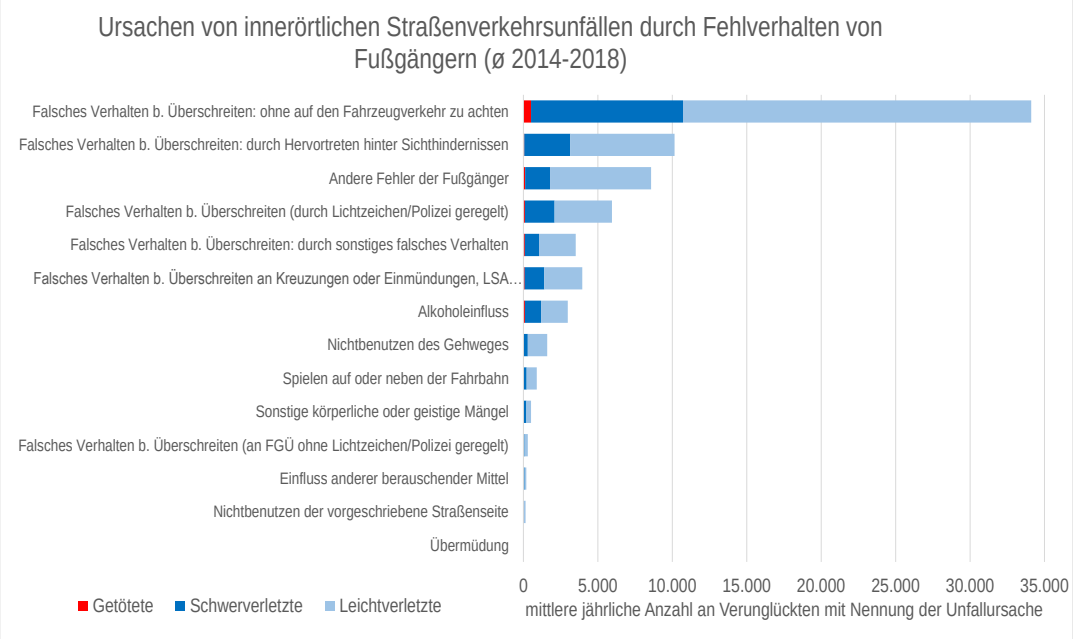


Abbildung 21: Ursachen innerörtlicher Straßenverkehrsunfälle durch Fehlverhalten von Fußgängern (Quelle DESTATIS 2019)

Die mit Abstand meistaufgeführte Ursache ist ein „Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn, ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten“. Etwas konkreter ist die zweithäufigste Ursache: „Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn durch plötzliches Hervortreten hinter Sichthindernissen“.

4.1.7 Fazit zur Unfallanalyse der Stufe 1 (Untersuchungskollektiv Deutschland)

In diesem Kapitel wurden die frei zur Verfügung stehenden Daten des statistischen Bundesamtes für Unfälle mit Fußgängern innerhalb von Ortschaften für die gesamte Bundesrepublik ausgewertet.

Ein Sicherheitsvergleich zwischen den verschiedenen in dieser Untersuchung betrachteten Querungsanlagen (Fußgänger-LSA, FGÜ, Mittelinsel, Nullfall) ist mit den vorhandenen Daten des statistischen Bundesamtes nicht möglich. Lediglich zu den FGÜ liegen explizit Daten zur Auswertung vor.

Im Vergleich zum Trend der 1990er und 2000er Jahre ist in den letzten zehn Jahren eine Stagnation bei der Entwicklung der verunfallten Fußgänger innerhalb von Ortschaften zu beobachten. Vor allem ist dies darauf zurückzuführen, dass es keinen wesentlichen Rückgang der leichtverletzten Fußgänger gibt. Im Zeitraum von 2009 bis 2018 sind sowohl bei den getöteten (ca. 22%) als auch bei den schwerverletzten Fußgängern (ca. 11 %) die Verunfalltenzahlen im Vergleich zu den Vorjahren schwach zurückgegangen. Es stellt sich hierbei die Frage, ob Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Fußgängern in diesem Zeitraum noch die gleiche Aufmerksamkeit erhalten haben wie in den vorherigen Jahren.

Als wesentliche Erkenntnis der Analyse ergab sich eine erhöhte Unfallschwere von Überschreiten-Unfällen gegenüber den übrigen Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern. Des Weiteren werden vor allem Kinder zwischen 6 bis 15 Jahren sowie ältere Verkehrsteilnehmer ab 65 Jahren im Vergleich zu Ihrem Anteil an der Bevölkerung überproportional häufig als Fußgänger Innerorts schwer verletzt oder getötet. Unfälle beim Überschreiten der Fahrbahn werden als zweithäufigste Unfallursache durch das plötzliche Hervortreten hinter Sichthindernissen ausgelöst. Die Wichtigkeit der Freihaltung von Sichtfeldern an Fußgängerquerungsanlagen wird dadurch verdeutlicht. Zuletzt sind außerdem besonders in den Wintermonaten erhöhte Unfallzahlen zu beobachten. Dunkelheit und witterungsbedingte Einflüsse spielen herbei ebenfalls eine Rolle.

4.2 Unfallanalyse für 360 Querungsstellen (Stufe 2)

4.2.1 Unfallkenngrößen

Die Unfallkollektive, die den folgenden Analysen zu Grunde liegen, sind in Kapitel 3.3.2 beschrieben. Zur Einordnung der Unfallhäufigkeit an den einzelnen Querungsanlagen sind in Tabelle 14 die mittlere Anzahl der Unfälle pro Jahr und Querungsanlage dargestellt. Für die weitere Beurteilung der Verkehrssicherheit wird die Unfallkostendichte als Kenngröße genutzt.

Über alle Anlagen hinweg betrachtet sind Unfälle mit Fußgängerbeteiligung (Teilkollektiv 1) und Unfälle des Teilkollektivs 2 sehr seltene Ereignisse. So geschieht statistisch betrachtet an einer Mittelinsel im Durchschnitt nur alle 25 Jahre ein Fußgängerunfall mit Personenschaden. Dennoch ist zu erkennen, dass die für FG-LSA ermittelten Werte für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung etwa doppelt und die für FGÜ etwa dreimal so hoch liegen. Bezogen

auf das Teilkollektiv 2 sind statistisch betrachtet entsprechende Unfälle sogar fast fünfmal so wahrscheinlich wie an Mittelinseln.

Tabelle 14: Mittlere Anzahl Unfälle pro Jahr und Querungsanlage im Anlagenbereich (25 Meter)

Kollektiv		mittlere Anzahl Unfälle pro Jahr und Querungsanlage im Anlagenbereich			
		FG-LSA (90 Anlagen)	FGÜ (90 Anlagen)	Mittelinsel (90 Anlagen)	Nullfall (90 Anlagen)
Gesamtkollektiv	U(P)	0,43	0,48	0,32	0,34
Teilkollektiv 1	$U(P)_{FG}$	0,08	0,12	0,04	0,04
Teilkollektiv 2	$U(P)_{TK2}$	0,10	0,28	0,06	0,04

Da nicht jede Querungsanlage gleich unfallbelastet ist, sind in Abbildung 22 die Anzahlen der Anlagenbereiche geordnet nach der kategorisierten Unfallhäufigkeit aufgetragen. An einem Großteil der Stellen mit Mittelinseln (84%) und ohne Querungshilfe (82%, Nullfall) ereigneten sich keine Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagenbereich (Teilkollektiv 1). Die meisten Anlagen mit Unfällen im Anlagebereich sind FGÜ. Ähnlich verhält es sich auch bei Betrachtung des Teilkollektivs 2 (siehe Anhang 7.3, Abbildung 80), mit Ausnahme der FGÜ. Die Anzahl an Anlagenbereiche mit FGÜ mit einer Unfallhäufigkeit $U(P)_{TK2} > 0$ nimmt gegenüber den anderen Querungsanlagen deutlich zu. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse in

Tabelle 14 und Abbildung 22 wird deutlich, dass sich an einem Großteil der Querungsanlagen (74%) in fünf Jahren keine Fußgängerunfälle ereignet haben. Nur an 30 Querungsanlagen ereigneten sich zwei oder mehr Fußgängerunfälle.

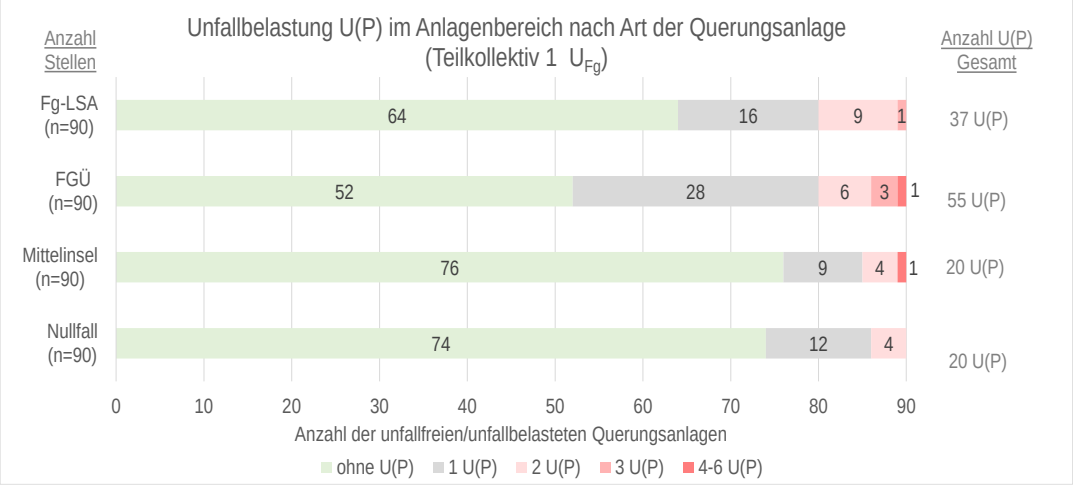


Abbildung 22: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Verteilung der Unfallhäufigkeiten für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung je Anlagenbereich (25 Meter) für Teilkollektiv 1

Für den Vergleich der Anlagentypen wird an erster Stelle das **Teilkollektiv 1** (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) herangezogen (siehe Abbildung 23). Hier

ist der Bezug zur Querungsanlage unmittelbar gegeben. Es wird ein Fokus auf die Unfälle mit Personenschaden gelegt. Unfälle mit ausschließlich Sachschaden stellen lediglich 3% der Unfallstichprobe im Teilkollektiv 1 dar.

In Abbildung 23 sind die Unfallkostendichten im Anlagenbereich (25 Meter) dargestellt. FGÜ weisen dabei die höchsten Unfallkostendichten von Unfällen mit Fußgängerbeteiligung auf, gefolgt von der FG-LSA. Mittelinseln und Nullfälle weisen nur rund die Hälfte der Unfallkostendichten der zuvor genannten Anlagentypen auf. Es gilt zu berücksichtigen, dass auf Stufe 2 der Analyse keine Aussagen zum tatsächlichen Querverkehrsaufkommen der Fußgänger möglich waren.

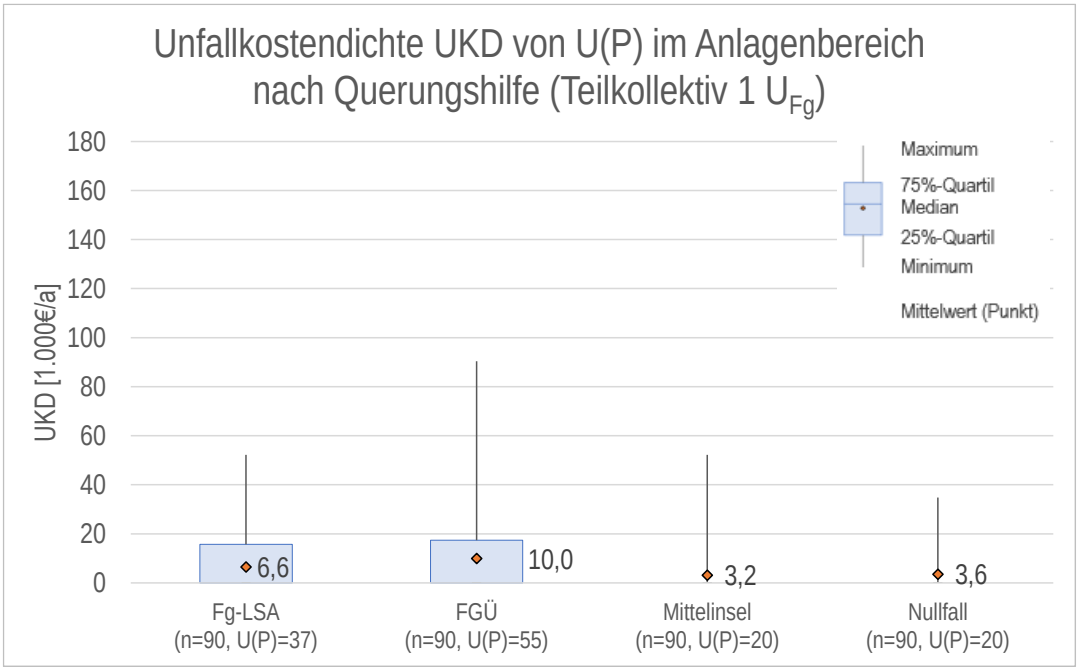


Abbildung 23: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) im Anlagenbereich (25 Meter)

Ein ähnliches Ergebnis ergibt sich, wenn man den Vergleich auf die Unfallkostenrate auf Basis des DTV_{Kfz} bezieht (siehe Anhang 7.3, Abbildung 77).

Auch bei Bezug auf das Gesamtkollektiv der Unfälle ändert sich am Ergebnis wenig (siehe Anhang 7.3, Abbildung 78 und Abbildung 79), auch wenn der Unterschied zwischen den Unfallkenngrößen der FG-LSA, FGÜ, Mittelinseln und Nullfall weniger stark ausgeprägt ist (im Vergleich zum Teilkollektiv 1) bzw. sich bei den Unfallkostenraten zum Teil sogar auflöst. Damit ist der Unterschied zwischen den Anlagentypen also vor allem auf das Unfallgeschehen mit Fußgängerbeteiligung zurückzuführen.

Bei Betrachtung des Teilkollektivs 2 (siehe Abbildung 88) verstärkt sich vor allem der Abstand des FGÜ gegenüber den restlichen Anlagentypen. Das liegt daran, dass an FGÜ vergleichsweise viele Radverkehrsunfälle im Anlagenbereich geschehen.

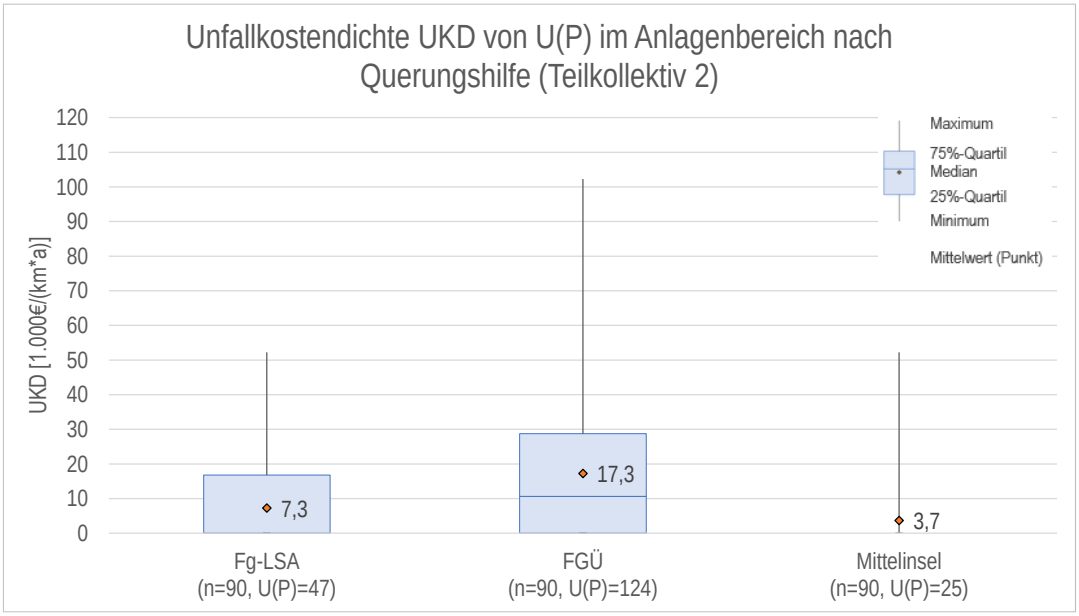


Abbildung 24: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 2 im Anlagenbereich (25 Meter)[4]

In Abbildung 25 ist der Vergleich der unterschiedlichen Anlagentypen in Bezug auf das Unfallgeschehen der Fußgängerunfälle (Teilkollektiv 1) im Nahbereich (75 Meter) dargestellt. Hier weist die FG-LSA die höchsten Unfallkostendichten auf, insgesamt sind aber die Unterschiede zwischen den Anlagentypen kleiner. Im Vergleich des Nahbereichs (Abbildung 25) mit dem Anlagenbereich (Abbildung 24) weisen vor allem FGÜ und Mittelinseln höhere Unfallkostendichten im Anlagenbereich auf. Fußgängerunfälle im Nahbereich stehen jedoch nicht immer im Zusammenhang mit der Querungsanlage. Dabei kann es sich neben freien Querungen z.B. auch um Unfälle im Seitenraum oder mit parkenden Fahrzeugen handeln.

[4] Nullfälle können nicht bewertet werden, weil sich hierfür das Teilkollektiv nicht abgrenzen lässt

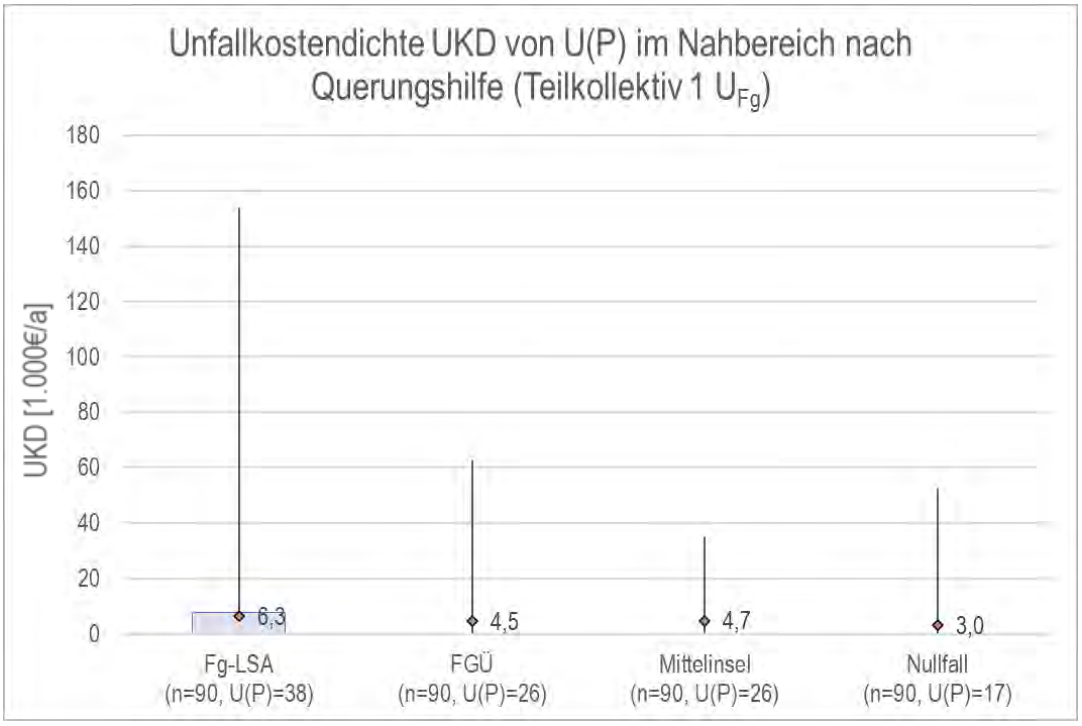


Abbildung 25: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 1 im Nahbereich (75 Meter)[5]

[5] Nullfälle können nicht bewertet werden, weil sich hierfür das Teilkollektiv nicht abgrenzen lässt

4.2.2 Unfalltypen

Abbildung 26 stellt die Unfälle mit Personenschaden für das **Gesamtkollektiv** nach Unfalltypen für den Anlagenbereich (25 Meter) dar und stellt sie der Verteilung der Unfalltypen im Nahbereich (25-75 Meter) gegenüber.

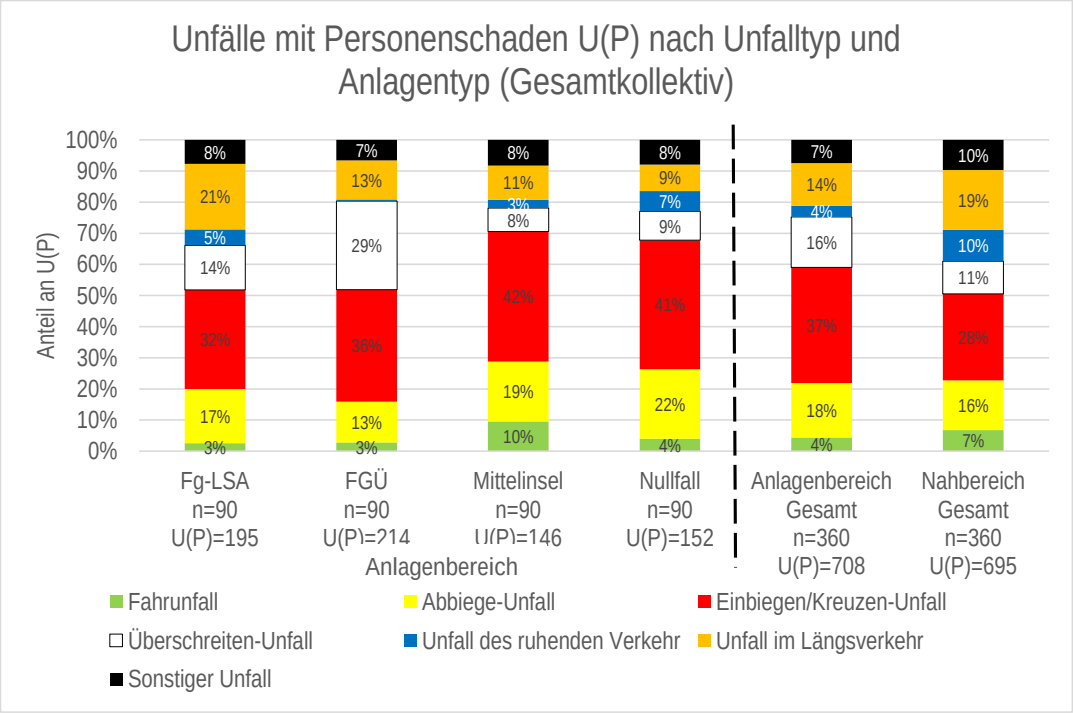


Abbildung 26: Unfalltypenverteilung der Anlagentypen (Gesamtkollektiv)

Die Verteilung der Unfalltypen ist sehr heterogen. Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle weisen die höchsten Anteile auf. An den FGÜ sind die höchsten Anteile der Überschreiten-Unfälle zu beobachten, gefolgt von den Fußgänger-LSA. Im Nahbereich sind die Anteile der Einbiegen-/Kreuzen- und Überschreiten-Unfälle geringer als im Anlagenbereich. FGÜ weisen im Anlagenbereich die höchsten Anteile an Längsverkehrs-Unfällen und Mittelinseln die höchsten Anteile an Fahrunfällen auf.

Differenziert man nach der Lage der Querungsstellen auf der freien Strecke und an Anschlussknotenpunkten (siehe Anhang 7.2, Abbildung 72), so weist im Anlagenbereich die freie Strecke höhere Anteile an Überschreiten-Unfällen und die Anschlussknotenpunkte höhere Anteile an Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle auf. Der Anteil der Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle ist aber auch auf der freien Strecke von relevanter Größenordnung. Das können Unfälle an Grundstückszufahrten oder auch querende Radfahrer an der Querungsanlage sein. Die wesentliche Unfallcharakteristik im Anlagentypenvergleich bleibt aber auch bei Differenzierung nach freier Strecke und Anschlussknotenpunkt bestehen.

Unfälle mit Fußgängerbeteiligung (**Teilkollektiv 1**) sind im Anlagenbereich zwischen 55% (Mittelinsel) und mehr als 80% (FGÜ) durch Überschreiten-Unfälle geprägt (siehe Abbildung 27). Daneben spielen vor allem die Sonstigen Unfälle und die Abbiege-Unfälle mit Anteilen von bis zu 20% eine Rolle. Auffällig sind die erhöhten Anteile der Abbiege-Unfälle an Mittelinseln, aber auch bei den Nullfällen. Bei Unterscheidung von freier Strecke und Anschlussknotenpunkt (siehe Anhang Abbildung 73) zeigt sich eine Tendenz zu Sonstigen Unfällen auf der freien Strecke und zu Abbiegeunfällen an Anschlussknotenpunkten.

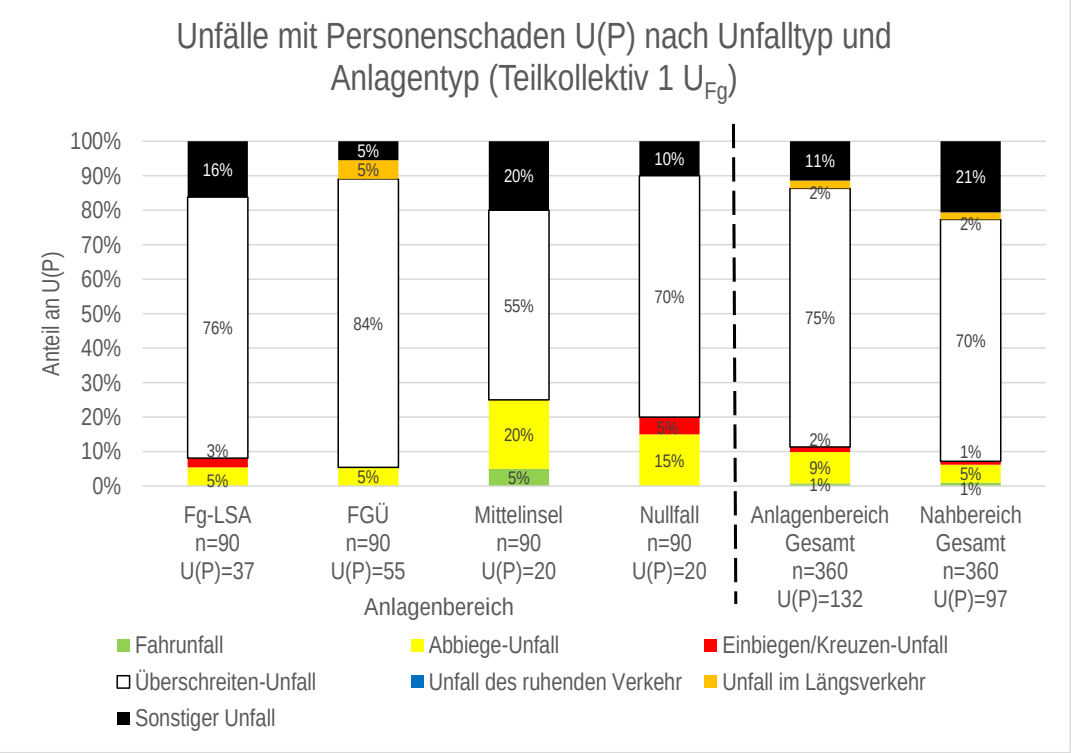


Abbildung 27: Unfallcharakteristik der Anlagentypen (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

Im Vergleich des **Teilkollektivs 2** zu den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung (Teilkollektiv 1) sind definitionsbedingt (siehe Kapitel 3.3.2) vor allem höhere Anteile an Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen sowie leicht höhere Anteile von Längsverkehrs-Unfällen festzustellen (siehe Abbildung 28).

Die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle werden in Teilkollektiv 2 per Definition durch die Beteiligung von Radfahrern dominiert. Ähnliche Unfallhäufigkeiten der Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen sowie höhere Anteile der Radfahrer an den Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen auf der freien Strecke als an Anschlussknotenpunkten weisen auf die korrekt vorgenommene Zuordnung von Unfallsituationen mit querenden Radfahrern über die Querungsanlage hin (vgl. Abbildung 29 und Kapitel 3.3.2). Im Teilkollektiv 2 sind nahezu alle E/K-Unfälle

mit Radfahrern aufgenommen worden. Unfälle mit querenden Radfahrern über die Querungsanlage sind dabei vor allem an FGÜ zu beobachten. Hier scheint die Vorrangsituation für fahrend querende Radfahrer ein Problem darzustellen, denn im Gegensatz zu Fußgängern haben über FGÜ fahrende Radfahrer gegenüber den Fahrzeugen auf der Fahrbahn keine Vorfahrt. Die Längsverkehrsunfälle sind vor allem durch das Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug im Zulauf der Querungsanlage geprägt. An FGÜ erhöht sich die Zahl der Unfälle mit Personenschaden in Teilkollektiv 2 im Vergleich zu Teilkollektiv 1 deutlich. Grund dafür sind neben den vielen Unfällen mit Beteiligung von querenden Radfahrern zusätzlich Überschreiten-Unfälle ohne Beteiligung von Fußgängern (siehe Erläuterung zum Teilkollektiv 2 in Kapitel 3.3.2).

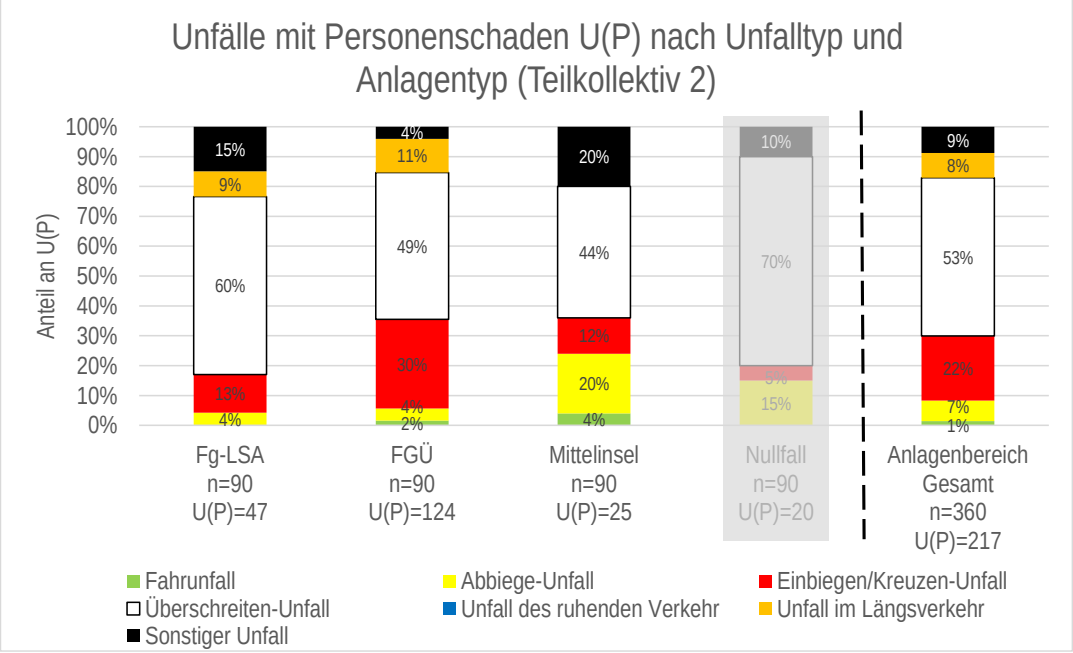


Abbildung 28: Unfallcharakteristik der Anlagentypen[6] (Teilkollektiv 2)

[6] Nullfall und Nahbereich ist in Bezug zu Teilkollektiv 2 nicht aussagekräftig)

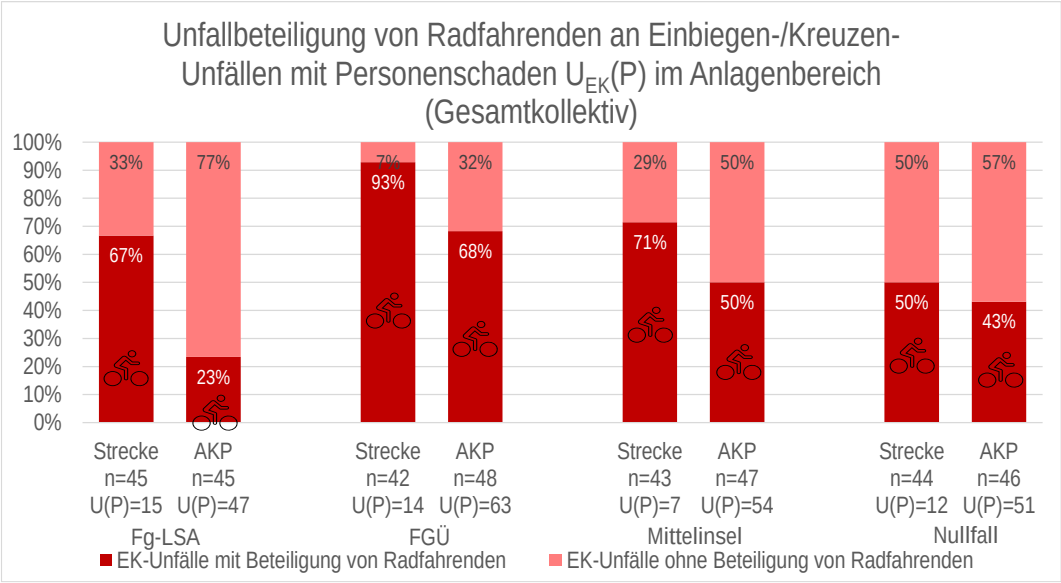


Abbildung 29: Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle und Beteiligung von Radfahrern im Anlagenbereich (Gesamtkollektiv)

4.2.3 Altersgruppen

Teilweise deutliche Unterschiede zeigen sich in der Beteiligung unterschiedlicher Altersgruppen der Fußgänger am Unfallgeschehen zwischen den Querungsanlagentypen (siehe Abbildung 30). Bei Fußgänger-LSA und Nullfall dominieren Kinder und Jugendliche (bis 17 Jahre) mit einem Anteil von über 50%, wobei vor allem Kinder bei Bereichen ohne Querungsanlage auffällig sind. Laut Statistischem Bundesamt (siehe Abbildung 19) stellen Kinder und Jugendliche unter 15 Jahren 21% der verunglückten Fußgänger in Deutschland dar. Kinder und Jugendliche sind an den benannten Anlagen im Vergleich mit den Zahlen des Statistischen Bundesamtes also überproportional häufig beteiligt. Das Unfallgeschehen an den hier untersuchten FGÜ ist klar durch die Erwachsenen im mittleren Alter von 18 bis 54 Jahre geprägt. Während bei allen verunglückten Fußgängern in Deutschland der Anteil dieser Altersgruppe laut statistischem Bundesamt 41% beträgt, liegt er bei den untersuchten FGÜ bei 56 %. Zu berücksichtigen bleiben die in diesem Fall zu Grunde liegenden kleinen Unfallstichproben. Ältere Fußgänger ab 55 bzw. 65 Jahren sind vor allem bei Mittelinseln und dem Nullfall mit im Vergleich höheren Anteilen zu den anderen Anlagentypen vertreten. Für eine Einordung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass sich der Anteil der Querungsanlagen im Bereich schutzwürdiger Einrichtungen (wie z. B. Kitas oder Altersheime) über alle Anlagentypen hinweg ähnlich groß ist und dies die Unterschiede somit nicht erklärt.

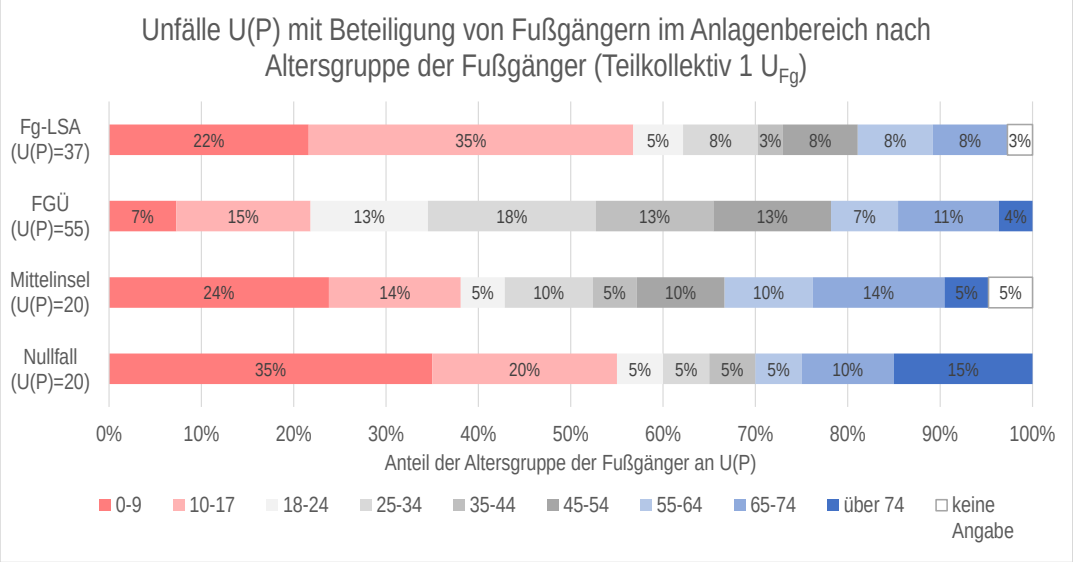


Abbildung 30: Verteilung der Altersgruppen der Fußgänger (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

Im Vergleich von Abbildung 30 und Abbildung 31 (Unfälle mit Fehlverhalten von Fußgängern als Unfallursache) wird deutlich, dass vor allem Kinder und jugendliche Fußgänger Fehlverhalten im Sinne der StVO bei Unfällen aufweisen. Zu berücksichtigen sind die den einzelnen Altersgruppen zu Grunde liegenden kleinen Unfallzahlen. Auf Grund der breiten Differenzierung über die Altersgruppen sind damit diese Aussagen nur bedingt repräsentativ

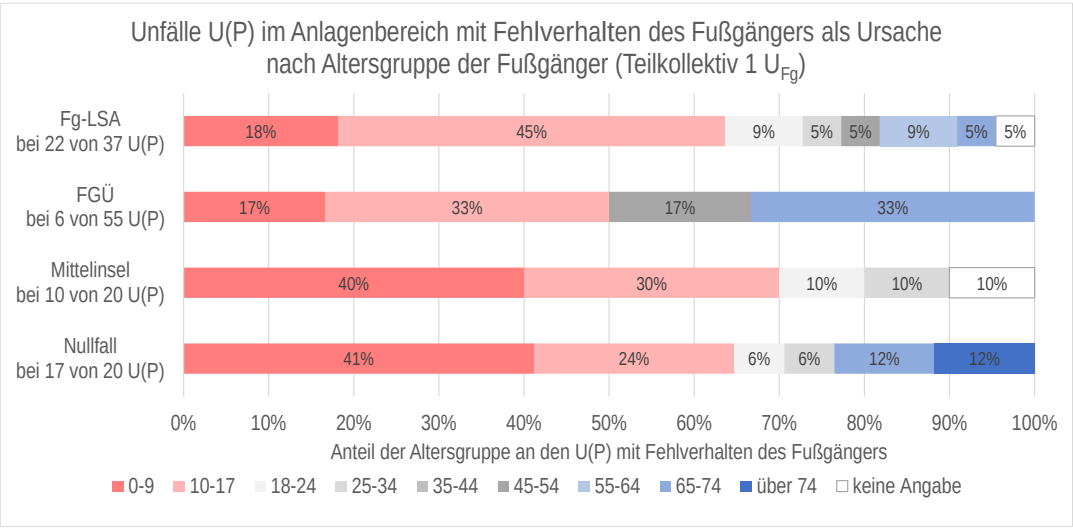


Abbildung 31: Verteilung der Altersgruppen der Fußgänger für die als Unfallursache ein Fehlverhalten durch die Polizei aufgenommen wurde (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

4.2.4 Zeitlicher Verlauf

Im Jahresverlauf sind vor allem die Wintermonate in Bezug auf die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung auffällig. Eine kleinere Spitze ergibt sich auch in den Sommermonaten außerhalb der Sommerferien. Die Spitze in den Wintermonaten ist vor allem durch die Fußgängerunfälle an FGÜ und an Mittelinseln geprägt, für die FG-LSA sticht vor allem der November heraus (siehe Abbildung 32 und Abbildung 74 in Anhang 7.2). Eine eingeschränkte Sichtbarkeit ist in den Wintermonaten durch kürzere Tageslichtzeiten wahrscheinlicher als in den Sommermonaten. Für den FGÜ ist die eingeschränkte Sichtbarkeit in hohem Maße relevant, querenden Fußgänger müssen auch für die Fahrzeugführenden erkennbar sein, um deren Vorrang zu gewährleisten. Bei den Mittelinseln haben Fußgänger zwar keinen Vorrang, befinden sie sich aber einmal auf der Fahrbahn und sind gut zu erkennen, kann der Fahrzeugführender auf der Fahrbahn bei guter Sicht zumindest noch reagieren (auch wenn kein Vorrang des Fußgängers vorliegt). Bei der FG-LSA könnte sich die Auffälligkeit durch Querungen außerhalb der Furten erklären.

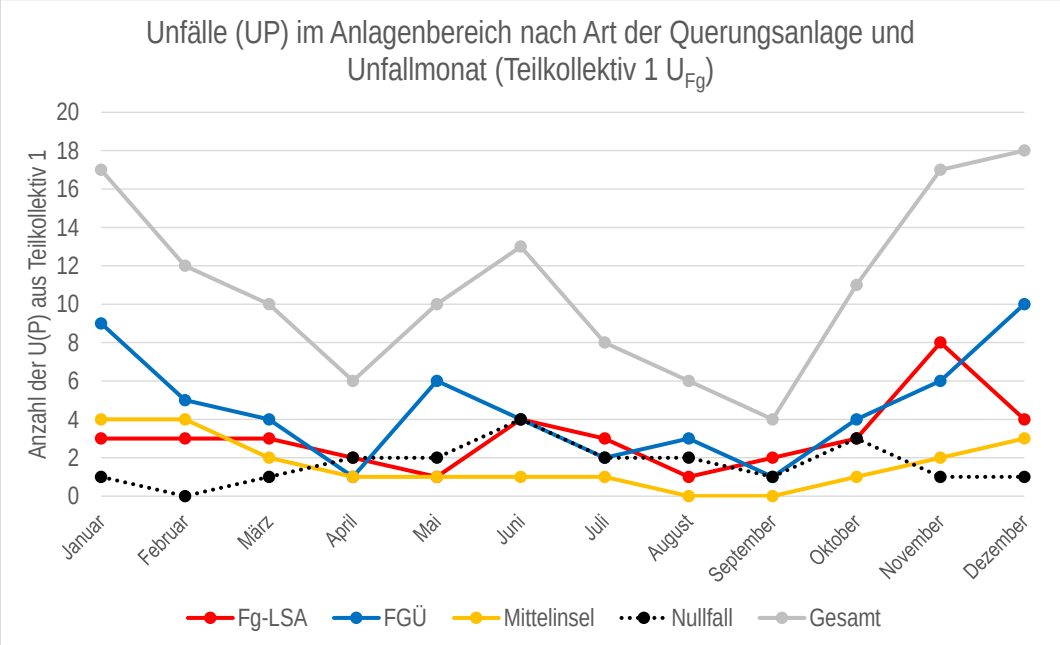
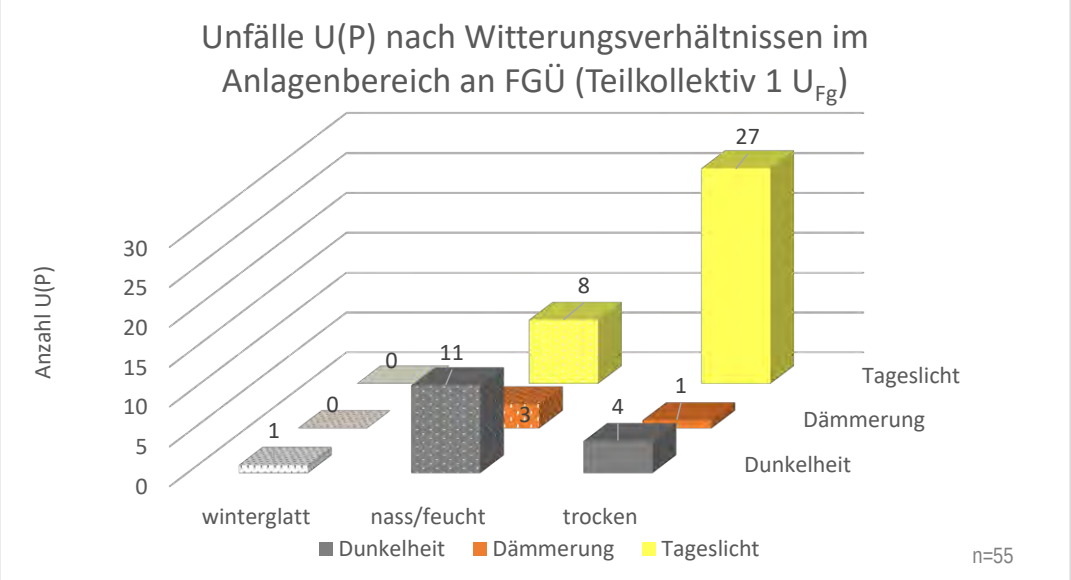


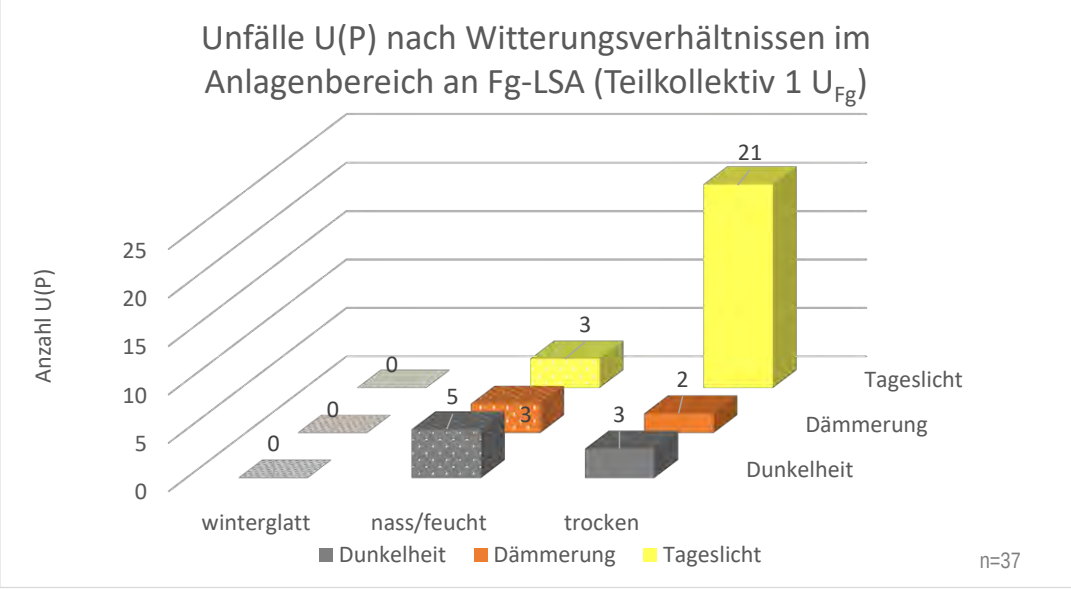
Abbildung 32: zeitliche Verteilung der Unfälle im Jahresverlauf (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

Die Analysen der zeitlichen Verläufe über die Woche und den Tag in Abbildung 75 und Abbildung 76 im Anhang 7.2 zeigen keine besonderen Auffälligkeiten. Die Spitzenstunden (früh und nachmittags) sowie die Wochentage sind erwartungsgemäß höher unfallbelastet.

4.2.5 Witterung und Lichtverhältnisse

In den Wintermonaten spielen höchst wahrscheinlich der frühe Sonnenuntergang bzw. späte Sonnenaufgang eine Rolle. Ein weiterer Einfluss entsteht durch die Witterung. Beides wurde kombiniert in Abbildung 33 dargestellt. Im Vergleich der Querungsanlagentypen wird deutlich, dass vor allem an den FGÜ eine Kombination aus Dunkelheit und Nässe (aber auch für Nässe allein) erhöhte Anteile an Fußgängerunfällen aufweist.





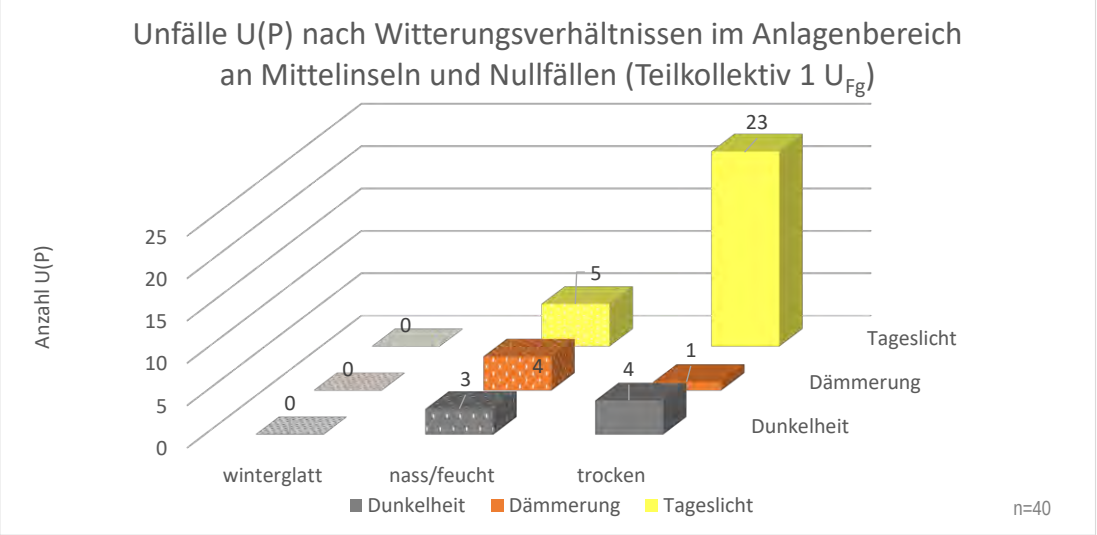


Abbildung 33: Auftreten von Dunkelheit und Nässe bei Unfällen im Anlagebereich nach Anlagetypen (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

4.2.6 Verkehrsstärken und Einflüsse des Umfelds

Aufgrund der Unterschiede zwischen den Anlagentypen werden im Folgenden die weiteren Analysen immer differenziert nach den Anlagentypen vorgenommen. Dies ist wichtig, da grundsätzlich unterschiedliche Verkehrssituationen an den Anlagentypen vorliegen. Während am FGÜ der querende Fußgänger Vorrang hat und damit höhere Anforderungen an die Sichtfelder und Erkennbarkeit besteht, ist dies bei einer FG-LSA wahrscheinlich weniger stark sicherheitsrelevant.

Für die Analyse des Einflusses möglicher indirekter Kenngrößen zur Beschreibung der auf Stufe 2 nicht zur Verfügung stehenden Fußgänger-Querverkehrsstärke wurden die drei Teilkollektive (FG-LSA, FGÜ und Mittelinsel) noch weiter differenziert. Analysiert wurden neben dem DTV des Kfz-Verkehrs auch Stellvertretergrößen für das Verkehrsaufkommen im Fußverkehr. Dafür wurden der **Umfeldfaktor**, der **Anteil des Einzelhandels, das Vorhandensein besonderer Verkehrserzeuger** verwendet**.** Anschließend wurden anhand des multikriteriellen Modellansatzes potenzielle Zusammenhänge mit der Unfallhäufigkeit untersucht (siehe dazu Anhang 7.4, Tabelle 27 und Tabelle 28). In Tabelle 27 sind die Teilmodelle nochmals klar definiert. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass aus jedem Teilmodelle unterschiedliche Informationen herausgezogen werden können. Die Analysen fokussieren sich dabei vor allem auf den Anlagenbereich, also das direkte Umfeld der Querungsanlage.

Im Ergebnis der Auswertungen mittels des multikriteriellen Modellansatzes wurden signifikante Zusammenhänge für den **DTV des Kfz-Verkehrs** vor

allem für das Gesamtkollektiv und das Teilkollektiv 2 gefunden[7]. Dabei wurden vorrangig degressive Zusammenhänge festgestellt (Regressionsparameter kleiner 1[8]), d. h. mit zunehmender Verkehrsstärke wächst die Unfallhäufigkeit weniger stark. Für das Teilkollektiv 2, bei dem verstärkt auch Auffahrunfälle im Fokus stehen, ließ sich dagegen ein progressiver Zusammenhang feststellen, welcher auch aus anderen Untersuchungen für Längsverkehrsunfälle bekannt ist. Insgesamt steigt die Relevanz des DTV_{Kfz} bei Hinzunahme weiterer Unfälle in das Unfallmodell (Unfälle ohne Fußgängerbeteiligung und Unfälle mit ausschließlich Sachschaden).

Auf Stufe 2 lagen noch keine Verkehrsstärken des Fußverkehrs vor. Aus diesem Grund wurde auf potenzielle Stellvertreterkenngrößen zurückgegriffen, von denen u. a. aus SCHÜLLER et al. (BASt 2020) bekannt ist, dass sie einen Zusammenhang mit den Fußverkehrsstärken (tendenziell eher mit den Längs- als den Querverkehrsstärken) aufweisen.

Für den **Anteil des Einzelhandels** (Länge der Gebäudefronten mit Geschäftsbesatz geteilt durch Länge des Anlagen- und Nahbereichs) sowie das **Vorhandensein besonderer Verkehrserzeuger** (z.B. Bahnhof, Einkaufszentrum, Hochschule, Veranstaltungsstätte) zeigten sich für das Teilkollektiv 1 Zusammenhänge der Merkmale mit der Unfallhäufigkeit.

Querungsstellen an **Anschlussknotenpunkten** zeigen nur in Bezug auf das Gesamtkollektiv einen positiv gerichteten Zusammenhang (höhere Unfallhäufigkeiten wegen positivem Regressionskoeffizienten). Auch der **Umfeldfaktor** zeigt nur für das Gesamtkollektiv signifikante Zusammenhänge (erhöhter Umfeldfaktor führt zu erhöhten Unfallhäufigkeiten).

Die stärksten Zusammenhänge für die besonderen Verkehrserzeuger werden auch nochmal bei einem Vergleich der entsprechenden Unfallkostendichten und dem Anteil unfallfreier Anlagenbereiche deutlich (siehe Abbildung 34). So ist an FG-LSA die Unfallkostendichte an Anlagen in der Nähe von besonderen Verkehrserzeugern höher als an Anlagen, die keine besonderen Verkehrserzeuger in der Nähe haben. Für FGÜ ist der Anteil der Nähe zu einem besonderen Verkehrserzeuger an unfallbelasteten Anlagen höher als an unfallfreien Anlagen.

---

[7] siehe hierzu Tabelle 28 in den Spalten Gk1.0 und Gk1.1 (Gesamtkollektiv) sowie Tk2.0, Tk2.1a und Tk2.1b (Teilkollektiv 2).

[8] siehe hierzu

Tabelle 28 beispielsweise in der Spalte Gk1.0 der Regressionskoeffizient 0,52 mit einem Signifikanzniveau von $p < 0{,}001$ dargestellt über „***“ in der Tabelle

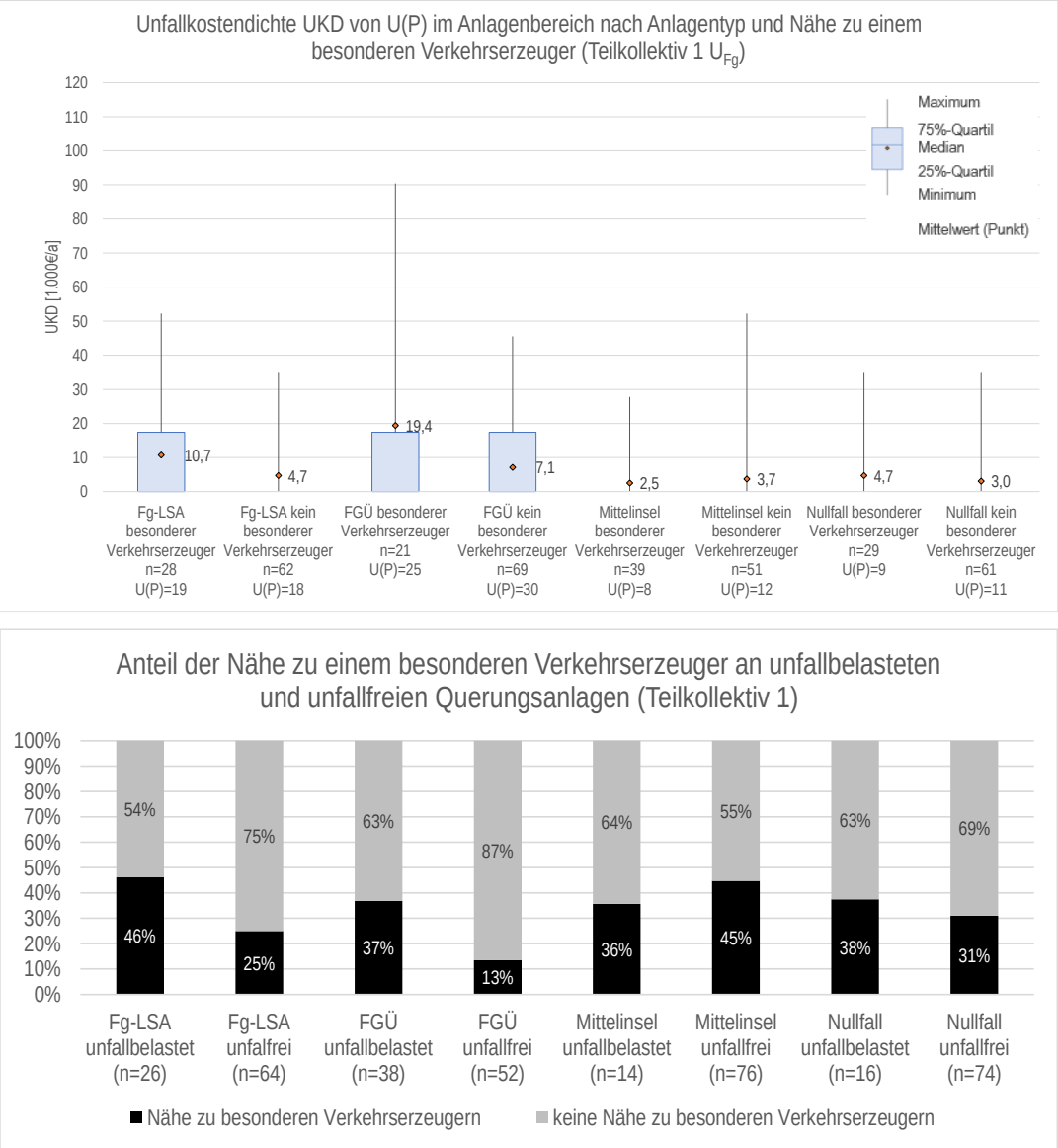


Abbildung 34: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten sowie den Anteilen unfallfreier Anlagenbereiche für Teilkollektiv 1 in Bezug auf das Vorhandensein besonderer Verkehrserzeuger

Weitere Analysen finden sich im Anhang 7.4, welche aber nur die zuvor erwähnten Ergebnisse aus den Modelluntersuchungen bestätigen.

In Tabelle 29 im Anhang 7.4 in sind die Ergebnisse der Unfallmodellierung dargestellt. Den Interpretationen liegt die Annahme zugrunde, dass durch die indirekten Kenngrößen zur Abbildung der Fußgänger-Querverkehrsstärken, dieser Einfluss zumindest grob in den Modellen abgebildet ist. Die Tabelle ist hinsichtlich des Anlagenvergleichs folgendermaßen zu interpretieren:

- Die Vergleiche zwischen den Anlagentypen beziehen sich immer auf den Nullfall. Ein Regressionskoeffizient wie z. B. bei Tk1.0 von 1,117 für den

FGÜ sagt aus, dass der FGÜ eine signifikant um den Faktor $e^{(1,117)} = 3,06$ erhöhte Unfallhäufigkeit im Vergleich zum Nullfall aufweist.

- Für die Mittelinsel zeigen sich keine signifikanten Regressionskoeffizienten. Das bedeutet die Mittelinsel liegt im Bereich der Unfallhäufigkeit bzw. des Unfallniveaus des Nullfalls.

Die Rangfolge anhand der klassischen Unfallkenngrößen aus Kapitel 4.2.1 wird erneut bestätigt. Auch unter Berücksichtigung von Umfeldkenngrößen schneidet der FGÜ am ungünstigsten ab (höchster positiver Regressionsparameter[9]), gefolgt von der Fußgänger-LSA. Keine Unterschiede lassen sich zwischen Nullfall und Mittelinsel finden, nur dass sich diese signifikant hinsichtlich des Unfallniveaus von den anderen beiden Querungsanlagentypen unterscheiden. Bezogen auf Teilkollektiv 1 weisen FGÜ im Mittel jährlich eine um Faktor 3 erhöhte Unfallhäufigkeit mit Personenschaden und Fußgängerbeteiligung im Vergleich zu Mittelinseln oder dem Nullfall auf. Bei der Fußgänger-LSA ist von einem Faktor zwischen 1,8 und 2,2 bezogen auf die Unfallhäufigkeit mit Personenschaden auszugehen (Regressionskoeffizienten zwischen 0,573 und 0,796).

4.2.7 Infrastrukturelle und verkehrstechnische Einflüsse

Alle aufgenommenen infrastrukturellen und verkehrstechnischen Merkmale (siehe Tabelle 9 und Tabelle 10) wurden auf signifikante Zusammenhänge im multikriteriellen Modell unter Berücksichtigung der o.g. Expositionsgrößen (sofern signifikante Zusammenhänge nachweisbar waren) überprüft. Letztendlich konnten nur für sehr wenige Merkmale signifikante Zusammenhänge nachgewiesen werden (siehe Anhang 7.5, Tabelle 30).

Die stärksten Zusammenhänge zeigten sich für das Vorhandensein einer Bushaltestelle im Anlagen- oder Nahbereich (vgl. auch Abbildung 35). So weisen Querungsanlagen, welche in der Nähe einer Bus-Haltestelle liegen, höhere Unfallhäufigkeiten auf[10]. Dieses Ergebnis ist aus BERGER et al. (2019) bekannt und wird hiermit nochmals bestätigt. Es wird aber an dieser

---

[9] In den Teilkollektiven Tk1 und Tk2 weist der FGÜ zwischen eine zwischen 3 ($e^{(1,106)}$)und 5,5 ($e^{(1,735)}$) höhere Unfallhäufigkeit als Nullfall oder Mittelinsel auf. Im Gesamtkollektiv ist der Unterschied mit einem Regressionskoeffizienten von 0,29 (Faktor 1,35) geringer und weniger stark signifikant.

[10] In Bezug auf das Teilkollektiv Tk1.0 wäre das ein Regressionskoeffizient von 0,625 was einem unfallerhöhenden Faktor von 1,87 entspricht. Wenn also eine Bushaltestelle vorhanden ist, steigt die Unfallhäufigkeit um Faktor 1,87 gegenüber dem Fall ohne Bushaltestelle.

Stelle vor allem als Hinweis auf einen erhöhten Querungsbedarf bzw. ein erhöhtes Fußgängerquerungsaufkommen bewertet.

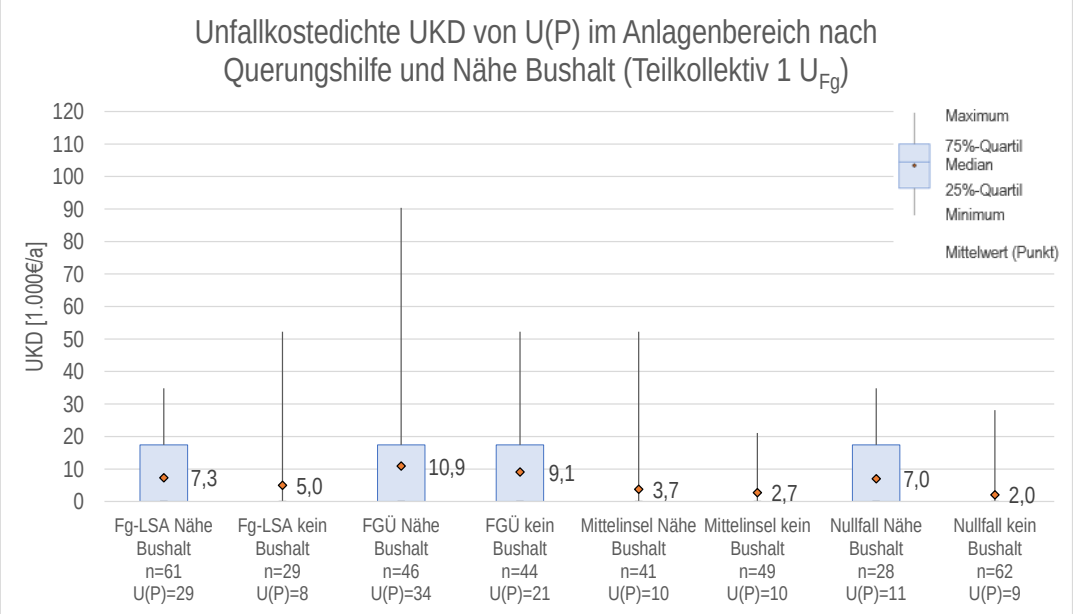


Abbildung 35: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten für Teilkollektiv 1 im Anlagenbereich für das Merkmal Bushaltestelle im Anlagen- oder Nahbereich

Weitere Ergebnisse aus dem Unfallmodell sind eher Einzelfälle bzw. lassen sich (noch) nicht, d.h. ohne eine genauere Kenntnis des Fußgängerquerverkehrs, bewerten. Hierzu gehören unfallbegünstigende Merkmale wie das Vorhandensein des ruhenden Verkehrs (nur bei Berücksichtigung der Sachschadensunfälle, Hinweis auf Parkrempler), Tempo 50 im Vergleich zu Tempo 30 bei den FGÜ im Teilkollektiv 2 (siehe hierzu auch Anhang 7.5, Tabelle 30) oder vereinzelte Radverkehrsführungen (ohne klaren inhaltlichen Bezug bzw. Erklärungsansatz).

Aufgrund der geringen Erkenntnislage aus den Unfallmodellen werden im Folgenden nochmal die – aus Sicht der Literatur – wichtigsten Einflussmerkale für Querungsanlagen anhand der klassischen Unfallkenngrößen behandelt.

In Abbildung 36 sind die Vergleiche der Unfallkostendichten für Tempo 50 und für Tempo 30 sowohl für das Gesamtkollektiv als auch das Teilkollektiv 1 aufgetragen. Die Ergebnisse sind uneinheitlich, mal weisen Tempo 50 Bereiche höhere, mal niedrigere Unfallkostendichten auf. Der deutlichste Unterschied findet sich für einen unfallreduzierenden Einfluss von Tempo 30 für das Gesamtkollektiv am FGÜ (dies wird auch für die Längsverkehrsunfälle mit FGÜ-Bezug im Teilkollektiv 2 im Modell deutlich). Ergebnisse zum Tempolimit sind aber generell mit Vorsicht zu interpretieren, da der Anordnung

von Tempo 30 meist ein Verkehrssicherheitsproblem vorausgeht, was die Vergleichbarkeit ohne Kontrolle der Merkmale, die für dieses Sicherheitsdefizit verantwortlich sind, stark einschränkt.

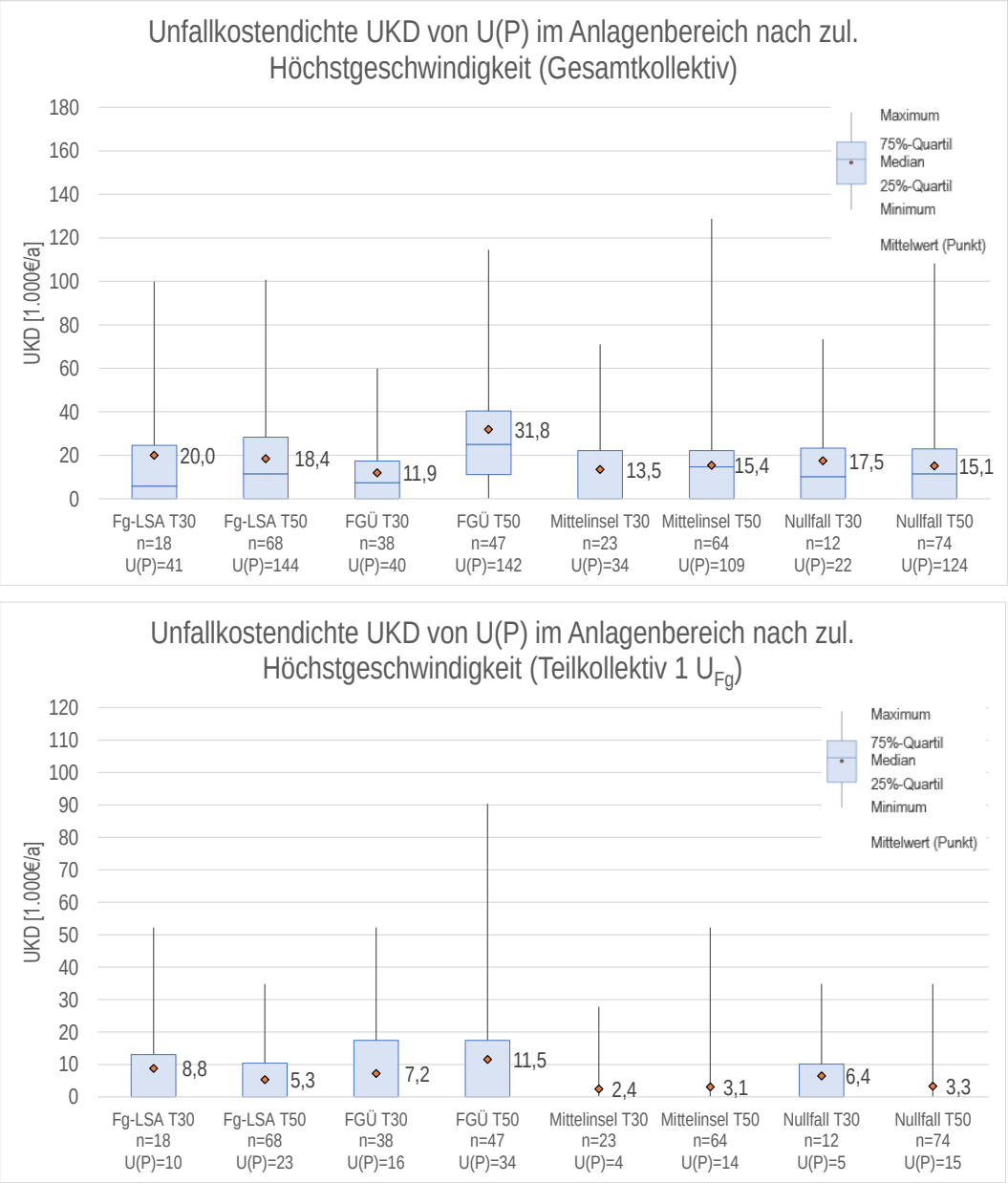


Abbildung 36: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten für Gesamt- und Teilkollektiv 1 im Anlagenbereich in Bezug auf das Tempolimit

Überraschend sind auch die Ergebnisse zu den Sichtfeldern. Sowohl Analysen zur Sicht aus 50 m als auch 30 m Entfernung auf die Warteflächen der Fußgänger ergeben kein klares Ergebnis wie Abbildung 37 zeigt. Stellen ohne ausreichende Sichtbeziehungen („Sichtfeld nicht frei“) weisen teilweise

sogar niedrigere Kostendichten auf, obwohl davon auszugehen ist, dass diese Unterschiede nicht signifikant sind (so ergeben die Unfallmodelle hierzu auch kein Ergebnis).

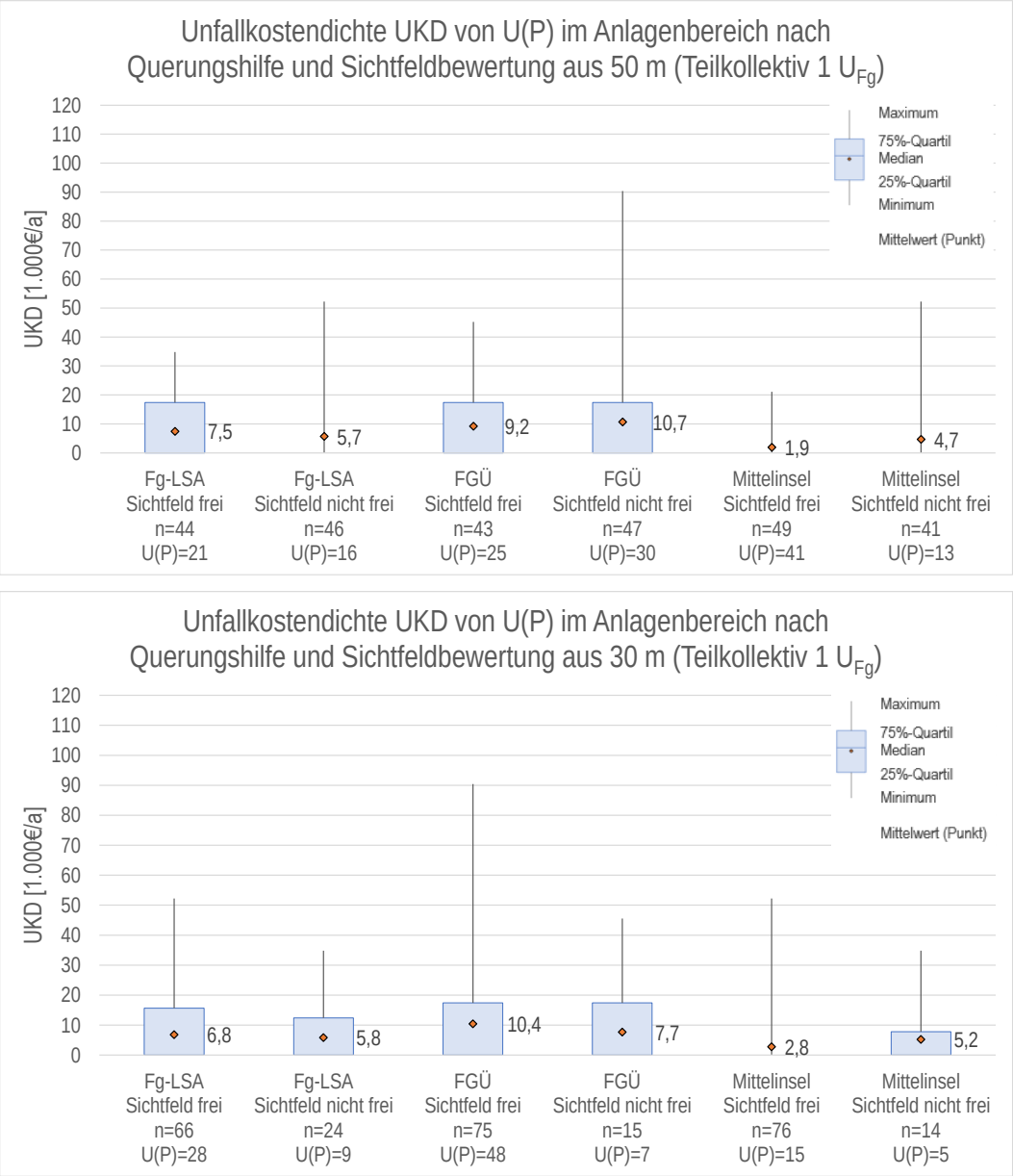


Abbildung 37: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostendichten differenziert nach Sichtfeldbewertung für Teilkollektiv 1 für Sichtfelder 50 m (oben) und Sichtfelder 30 m (unten)

4.2.8 Anlagespezifische Teilanalysen

Im Folgenden werden das Unfallgeschehen sowie relevante Einflussfaktoren je Querungsanlage beschrieben. Die Ergebnisse können sich aus den deskriptiven oder multikriteriellen Analysen ergeben.

4.2.8.1 Fußgänger-LSA (FG-LSA)

Ein erster Ansatzpunkt für die Analysen ist die Nutzung und Akzeptanz der Querungsanlage. In den Anlagenbereichen (25 Meter) mit einer FG-LSA verteilen sich die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung (Teilkollektiv 1) räumlich wie folgt:

- 15 Überschreiten-Unfälle $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich auf der Fußgängerfurt (36,5 %)
- 9 Überschreiten-Unfälle $U(P)_{Fg}$ und 2 Sonstige Unfälle $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich im Zu- oder Ablauf der FG-LSA (26,8%)
- 8 Überschreiten-Unfälle $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich im Seitenraum des Anlagenbereichs (vor allem Konflikte mit Radfahrern, 19,6%)
- 7 Sonstige oder Abbiege-Unfälle $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich im Seitenraum sowie an einem Anschlussknotenpunkt (z. B. beim Queren der nachgeordneten Zufahrt) (17,1%)

Fast ein Drittel der verunglückten querenden Fußgänger nutzten also nicht die Querungsstelle bzw. die Furt selbst, sondern querten davor oder dahinter. Wie häufig an FG-LSA vor oder hinter der Anlage gequert wird, kann erst in Stufe 3 der Analyse untersucht werden.

Bei den verunglückten Fußgängern auf der Furt spielt bei 53 % die eigene Rotlichtmissachtung eine Rolle (siehe Anhang 7.6, Abbildung 86). Beim Queren der Fahrbahn im Zu- oder Ablauf der FG-LSA (siehe Anhang 7.6, Abbildung 87) wird ein Queren durch haltende Fahrzeuge aufgrund des Rotlichts der FG-LSA vermutet (siehe u. a. SCHÜLLER et al. (BASt, 2020)). Rund ein Fünftel der Unfälle beziehen sich auf Konflikte mit Radfahrern im Seitenraum. Diese werden in Verhaltensbeobachtung (siehe Kapitel 4.5.5) näher untersucht.

Aus dem Unfallmodell (siehe Anhang 7.5, Tabelle 30) ergibt sich für Fußgänger-LSA noch eine Tendenz[11] (Signifikanzniveau zwischen $0,05<p<0,1$): Bei geringeren Fahrbahnbreiten wurde eine höhere Häufigkeit der Unfälle mit

[11] Zur Erinnerung: Ein Signifikanzniveau zwischen 0,05 und 0,1 wird auf Stufe zwei als nicht signifikant eingeordnet aber trotzdem hier erwähnt, da das geforderte Signifikanzniveau nur knapp verfehlt wurde. Es wird daher von einer Tendenz gesprochen.

Fußgängerbeteiligung festgestellt. Hier wird eine stärkere Tendenz zum Queren außerhalb der FG-LSA vermutet, die aber aktuell noch nicht nachgewiesen werden kann.

Eine interessante Auffälligkeit an FG-LSA ist, dass im Vergleich von Teilkollektiv 1 und 2, die Unfallzahl nicht so stark wie bei den FGÜ ansteigt. Beim FGÜ spielen im Teilkollektiv 2 die Radverkehrsunfälle eine größere Rolle, welche an FG-LSA nicht die gleiche Relevanz aufweisen.

4.2.8.2 Fußgängerüberweg (FGÜ)

In den Anlagenbereichen (25 Meter) der FGÜ verteilen sich die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung (Teilkollektiv 1) räumlich wie folgt:

- 42 $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich auf dem FGÜ (76,4 %)
- 7 $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich im Zu- oder Ablauf des FGÜ (12,7%)
- 6 $U(P)_{Fg}$ ereigneten sich im Seitenraum des Anlagenbereichs oder an angrenzenden Anschlussknotenpunkten (10,9%)

Im Vergleich zur FG-LSA wird deutlich, dass am FGÜ das Unfallgeschehen viel stärker direkt auf der Anlage konzentriert auftritt. Inwiefern am FGÜ auch weniger vor oder hinter der Anlage gequert wird, kann erst in Stufe 3 der Analyse untersucht werden.

Aus dem Unfallmodell (siehe Anhang 7.5, Tabelle 30) ergibt sich für das Teilkollektiv 2 ein signifikanter Zusammenhang für Tempo 30[12] (niedrigere Unfallhäufigkeit). Das Ergebnis zu Gehweg - Radfahrer frei ist nicht aussagekräftig, da der Anteil solcher Stellen im Kollektiv der FGÜ verschwindend gering ist (siehe hierzu auch Tabelle 9).

Für Ausstattungsmerkmale wie Zusatzbeleuchtung oder eine Zusatzausstattung (Kragarm bzw. Überkopf-Beschilderung) ergaben sich in den Unfallmodellen keine Zusammenhänge mit der Unfallhäufigkeit. In Abbildung 38 sind jedoch Unterschiede der mittleren UKD zu beobachten. Es deutet sich somit eine Tendenz an, dass eine Zusatzbeleuchtung zu einer geringeren Unfallhäufigkeit führt, dies kann aber nicht als robust eingeordnet werden und war bei der Prüfung im multikriteriellen Modell auch nicht auffällig (und wurde daher nicht dokumentiert). Überprüft man diesen Zusammenhang nochmals

---

[12] Ein positiver Regressionskoeffizient für das Merkmal Tempo 50 bedeutet, dass Tempo 30 eine geringere Unfallhäufigkeit als Tempo 50 für das Tk2.2 in Tabelle 30 aufweist. Der Regressionskoeffizient von 0,512 führt zu einem Faktor von 1,67, d.h. bei Tempo 50 ist eine, um Faktor 1,67 höhere Unfallhäufigkeit zu erwarten. Da der Regressionskoeffizient mit *** gekennzeichnet ist, kann dieser als (hoch) signifikant eingeordnet werden.

anhand des Anteils unfallfreier Querungsanlagen, deutet sich ebenfalls diese Tendenz an (siehe Abbildung 39). Bei Betrachtung der Lichtverhältnisse (Unfälle bei Helligkeit und Dunkelheit) wird aber deutlich, dass dieser Zusammenhang nicht mit einer besseren Sichtbarkeit bei Nacht erklärt werden kann. Damit kann kein relevanter Einfluss der Zusatzbeleuchtung auf das Unfallgeschehen mit Fußgängerbeteiligung nachgewiesen werden.

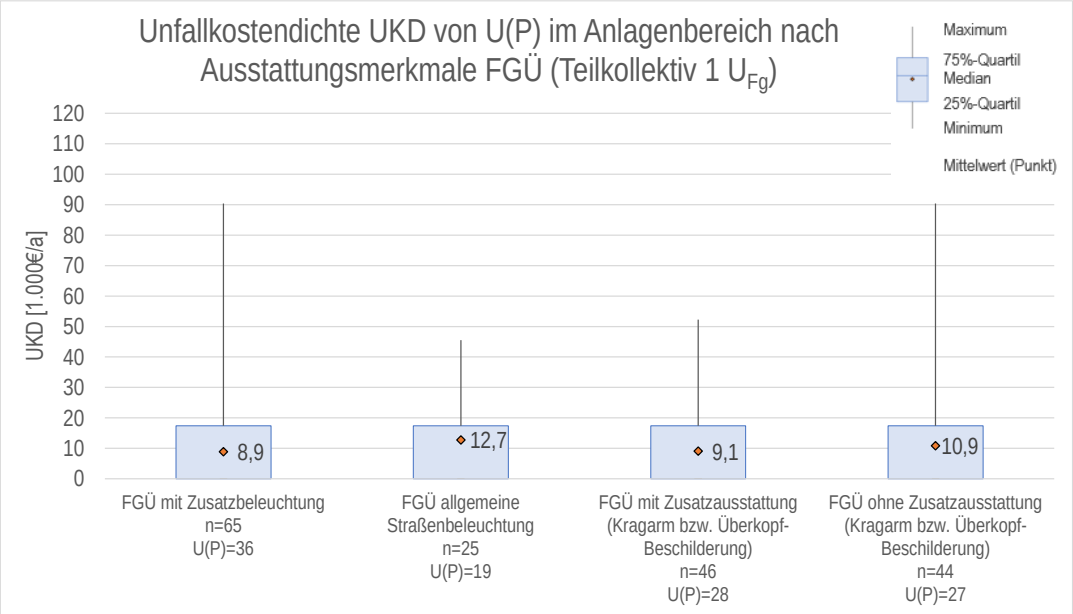


Abbildung 38: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten für FGÜ differenziert nach Ausstattungsmerkmalen für Teilkollektiv 1

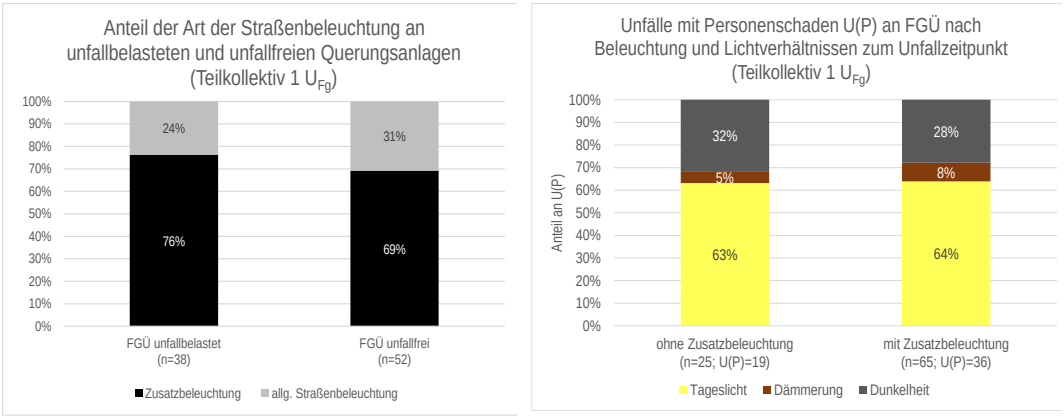


Abbildung 39: Anlagenvergleich basierend auf Anteil unfallfreier Bereiche sowie den Anteilen der Unfälle bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen für FGÜ mit und ohne Zusatzbeleuchtung für Teilkollektiv 1

In der Literatur wird häufiger vom positiven Einfluss von Mittelinseln auf die Verkehrssicherheit vor allem an FGÜ berichtet. Wie in Abbildung 40 ersichtlich kann dieser Zusammenhang anhand des vorliegenden Analysekollektivs nicht bestätigt werden. Dies sollte aber nicht mit den eher positiven

Ergebnissen zu „allein stehenden“ Mittelinseln verwechselt werden, welche besser als FG-LSA und FGÜ abschneiden.

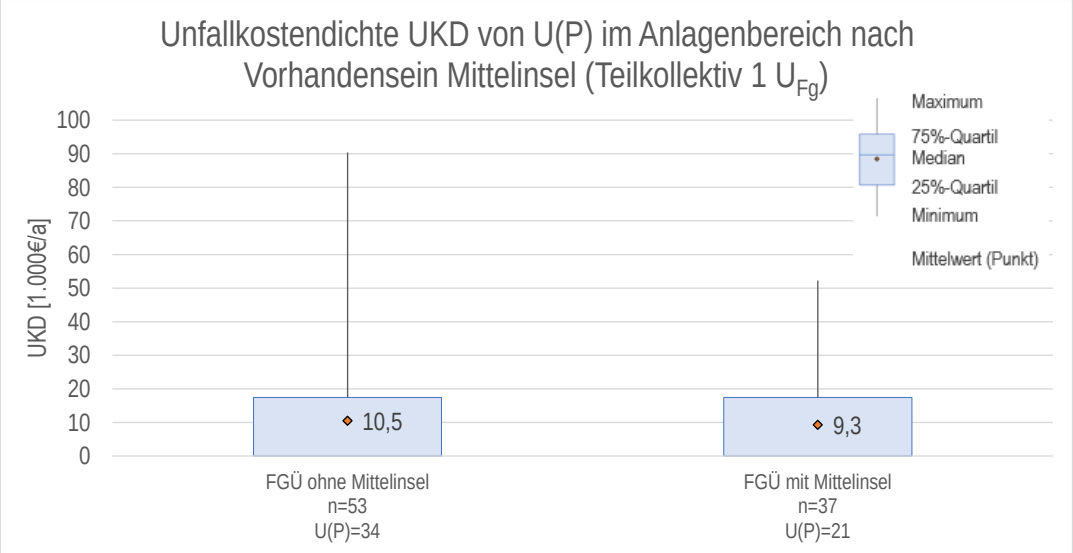


Abbildung 40: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten für FGÜ mit und ohne Mittelinsel für Teilkollektiv 1

4.2.8.3 Mittelinsel

In den Anlagenbereichen mit einer Mittelinsel (ohne FGÜ und ohne FG-LSA) verteilen sich die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung räumlich wie folgt:

- 5 U(P)$_{Fg}$ ereigneten sich beim Queren an der Mittelinsel (25%)
- 3 U(P)$_{Fg}$ ereigneten sich im Zu- oder Ablauf vor oder hinter der Mittelinsel (15%)
- 12 U(P)$_{Fg}$ ereigneten sich im Seitenraum des Anlagenbereichs oder an angrenzenden Anschlussknotenpunkten (60%)

Noch deutlicher als an den FG-LSA finden die Unfälle im Anlagenbereichen von Mittelinseln nicht direkt auf, sondern vor allem im Seitenraum (häufig Sonstige Unfälle[13]) sowie den angrenzenden Anschlussknotenpunkten (Abbiege-Unfälle) statt.

Die Untersuchung der polizeilichen Unfallursachen (siehe Anhang 7.6, Abbildung 89) ergab keine besonderen Auffälligkeiten.

[13] Lassen sich aufgrund fehlender Unfallhergangstexte hier nicht weiter konkretisieren. Unfälle zwischen Fußgängern und Radfahrern im Seitenraum werden aber häufig als Sonstige Unfälle (Unfalltyp 7) aufgenommen.

In den Unfallmodellen konnten keine Zusammenhänge zu Ausstattungsmerkmalen oder sonstigen infrastrukturellen Randbedingungen festgestellt werden. Dieses ist vor allem auf das im Vergleich zu den anderen Anlagetypen kleinere Unfallkollektiv von 20 Unfällen mit Fußgängerbeteiligung an den 90 Mittelinseln zurückzuführen.

4.2.8.4 Nullfall

Die untersuchten Stellen ohne Querungshilfe (Nullfälle) weisen ähnlich wenige Unfälle mit Fußgängerbeteiligung wie die Mittelinseln auf und ermöglichen zudem keine räumliche Aufteilung der Unfälle auf Querungsanlage und andere Bereiche (siehe Definition Nullfall in Kapitel 3.1). Auch im Unfallmodell ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge für die Nullfälle, nicht einmal für die Verkehrsstärken Kfz oder die Kenngrößen zur Beschreibung des Umfelds.

4.2.9 Fazit zur Unfallanalyse der Stufe 2

Auf Stufe 2 der Unfallanalyse wurden für 360 Querungsanlagen, zu gleichen Teilen auf FG-LSA, FGÜ, Mittelinseln und Nullfälle aufgeteilt, Merkmale erhoben und dem Unfallgeschehen gegenübergestellt. Die Stufe 2 berücksichtigt nur die Verkehrsstärken der Kfz aber (noch) nicht die Verkehrsstärken der Fußgänger im Quer- und Längsverkehr. Hierfür wurden auf Stufe 2 stellvertretend Kenngrößen zur Beschreibung des Umfelds berücksichtigt. Da die Verkehrsstärken der Fußgänger für eine aussagekräftige Analyse des Unfallgeschehens an Querungsanlagen notwendig sind, muss für eine abschließende Interpretation der Ergebnisse der Stufe 2 die Ergebnisse der Unfallanalyse der Stufe 3 mit den Verkehrsstärken des Fußgängerquerverkehrs abgewartet werden.

Die untersuchten Anlagenbereiche weisen im Mittel eine jährliche Häufigkeit von Unfällen mit Fußgängerbeteiligung und Personenschaden von $U(P)_{Fg}$ = 0,073 U/a auf. Unabhängig von der jeweiligen Querungsanlage sind Unfälle mit Fußgängerbeteiligung (TK1) und Unfälle des Teilkollektivs 2 sehr seltene Ereignisse. Es geschieht statistisch betrachtet an einer Mittelinsel im Durchschnitt nur alle 25 Jahre ein Fußgängerunfall mit Personenschaden. Dennoch ist zu erkennen, dass die für FG-LSA ermittelten Werte für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung etwa doppelt und die für FGÜ etwa dreimal so hoch liegen. Bezogen auf das Teilkollektiv 2 sind statistisch betrachtet entsprechende Unfälle sogar fast fünfmal so wahrscheinlich wie an Mittelinseln. Hinzu kommt, dass nicht jede Querungsanlage gleich stark unfallbelastet ist.

Neben Überschreiten-Unfällen (16%) spielen in den untersuchten Anlagenbereichen der Querungsanlagen vor allem Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle eine

Rolle (37%). Auch Abbiege-Unfälle[14] (18%) und Längsverkehrs-Unfälle[15] (14 %) treten in relevanten Größenordnungen auf. Fußgänger sind im Anlagenbereich (25 Meter) neben den Überschreiten-Unfällen (75% der Unfälle des Teilkollektivs 1) vor allem an Sonstigen Unfällen (11%) beteiligt. Die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle an den Querungsanlagen weisen einen hohen Anteil an Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung auf (insgesamt 52%, an Anlagen auf der Strecke sogar 71%). Querungsanlagen spielen daher sowohl für den Fuß- als auch den Radverkehr eine Rolle.

Im Vergleich der Anlagentypen weisen FGÜ die höchsten Anteile (29 % der Unfälle des Gesamtkollektivs im Anlagenbereich) aber auch die höchste absolute Anzahl an Überschreiten-Unfällen auf. Das gleiche gilt für die im Teilkollektiv 2 dem FGÜ zugeordneten Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle (30 %, hier häufig mit querenden Radfahrerenden). Verglichen mit den anderen Anlagentypen weisen Abbiege- und Fahrunfälle an Mittelinseln relevante Größenordnungen auf (alle Unfallkollektive). Auffahrunfälle spielen vor allem an FG-LSA eine wichtige Rolle.

Hinsichtlich der am Unfallgeschehen der untersuchten Querungsanlagen beteiligten Altersgruppen zeigte sich im Vergleich zu gesamten Fußgängerunfallgeschehen in Deutschland insgesamt ein erhöhter Anteil von Kindern und Jugendlichen (39 % bis 17 Jahre), insbesondere jedoch an FG-LSA (57%) und beim Nullfall (55%). Das Unfallgeschehen an FGÜ ist vor allem durch die Beteiligung von Erwachsenen Fußgängern im Alter von 18-54 Jahren geprägt. Ältere Fußgänger (ab 55 Jahre) weisen höhere Anteile an Mittelinseln (29%) sowie Bereichen ohne Querungsanlagen (Nullfall; 30%) im Vergleich zu FG-LSA (16%) und FGÜ (22%) auf. Fehlverhalten der Fußgänger, beschrieben über zugewiesene polizeiliche Unfallursachen, findet sich häufiger bei jüngeren Fußgängern und hier vor allem bei den Jugendlichen (zwischen 10 und 17 Jahren). Zur berücksichtigen sind hierbei die den Auswertungen zu Grunde liegenden kleinen Unfallstichproben. Auf Grund der breiten Differenzierung über die Altersgruppen sind damit diese Aussagen nur bedingt repräsentativ.

Querungsanlagen weisen im zeitlichen Verlauf vor allem in den Wintermonaten erhöhte Häufigkeiten für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung auf. Dies spielt vorrangig an FGÜ und Mittelinseln, im November auch an FG-LSA eine Rolle. Auch in den Sommermonaten gibt es einen leichten Anstieg. Im Tagesverlauf sind die üblichen Spitzstundenbereiche (6-9 und 15-18 Uhr)

---

[14] Vor allem ein- oder abbiegende Kfz an Anschlussknotenpunkten.

[15] Vorrangig Auffahrunfälle

auffällig bzw. durch erhöhte Unfallhäufigkeiten geprägt. Die Auffälligkeit der Wintermonate findet sich auch in der Auffälligkeit für Fußgängerunfälle bei Dunkelheit und Nässe[16] wieder. Dies ist vor allem an FGÜ auffällig.

Im Anlagenvergleich – sowohl bezogen auf Unfallkostendichten als auch Unfallkostenraten (auf Basis von Kfz-Verkehrsstärken) – weisen die FGÜ gefolgt von den FG-LSA die höchsten Kennwerte auf. Diese Auffälligkeit wurde auch durch andere Analyseansätze (multikriterieller Modellansatz, Anteil unfallfreier Querungsanlagen) bestätigt. Bei den FGÜ sind als ergänzende Unfallauffälligkeit vor allem die querenden Radfahrer über den FGÜ zu nennen.

Da keine Verkehrsstärken für den (vor allem querenden) Fußgängerverkehr auf Stufe 2 zur Verfügung standen, wurden im Unfallmodell dafür stellvertretende Kenngrößen zur Beschreibung des Umfelds analysiert. Hier weisen vor allem die besonderen Verkehrserzeuger (u. a. Bahnhöfe, Einkaufszentren) als auch der Anteil des Geschäftsbesatzes in der Randbebauung signifikante Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen auf. Auch bei Berücksichtigung dieser Stellvertreterkenngrößen für das Fußgängeraufkommen bleibt die oben genannte Unfallauffälligkeit von FGÜ bestehen. Der DTV der Kfz weist nur bei Betrachtung des Gesamtkollektivs sowie des Teilkollektivs 2 (Einbezug weiterer Unfälle neben den Fußgängerunfällen, die mit der Querungsanlage in Zusammenhang gebracht werden) einen signifikanten Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen auf.

Aus den Unfallmodellen ergibt sich eine höhere Unfallhäufigkeit an FGÜ als an FG-LSA. Die geringste Unfallhäufigkeit findet sich an Mittelinseln. Allerdings sind in dieser Betrachtung die Verkehrsstärken unberücksichtigt, was zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen kann. Daher werden im Folgenden weitere detaillierte Analysen durchgeführt.

Für infrastrukturelle Merkmale finden sich im Unfallmodell kaum signifikante Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen. Ausnahmen bildet hier das Vorhandensein einer Bushaltestelle im Anlagen-/Nahbereich.

Hinsichtlich der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (v_{zul} = 30 km/h im Vergleich zu v_{zul} = 50 km/h) findet sich nur für FGÜ und bei Betrachtung des Teilkollektivs 2 ein signifikanter Zusammenhang. Eine geringere zulässige Höchstgeschwindigkeit steht dabei im Zusammenhang mit einer geringeren Unfallhäufigkeit.

---

[16] Die Kombination aus Dunkelheit und Nässe tritt vor allem in den Wintermonaten am Morgen sowie in den frühen Abendstunden auf und ist dort ein unfallbegünstigender Einfluss für das Fußgängerunfallgeschehen, wie auch die Literaturanalyse zeigt.

Alle anderen untersuchten Merkmale ergaben bisher keine belastbaren Hinweise auf einen Einfluss auf das Unfallgeschehen mit Fußgängerbeteiligung. Dies trifft auch auf die Sicht oder die Ausstattung von FGÜ zu.

Im Vergleich der Querungsanlagentypen fällt auf, dass sich an FG-LSA und Mittelinseln ein größerer Anteil des Unfallgeschehens nicht auf die Querungsanlage direkt bezieht (also räumlich dort verortet ist), sondern außerhalb der Furt bzw. des für die Querung vorgesehenen Bereichs stattfindet. Ganz anders beim FGÜ, bei dem sich das Unfallgeschehen mit Beteiligung der Fußgänger stark auf die Querungsanlage selbst bezieht.

In den Analysen auf Stufe 3 unter Berücksichtigung der Daten aus den Videoerhebungen werden nun die bisherigen Ergebnisse durch tatsächliche Messungen von Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten überprüft. Diese Analysen werden dann noch durch stichprobenhafte Beobachtungen zum Verhalten von Kindern und Jugendlichen sowie älteren Menschen ergänzt.

4.3 Untersuchungskollektiv mit Verkehrsstärken (Stufe 3)

Auf Stufe 3 wurden für 100 Querungsanlagen das Verkehrsaufkommen im Längs- und Querverkehr sowie gefahrene Geschwindigkeiten erhoben. Der Fokus liegt hierbei auf den Untersuchungsstellen mit einer Querungsanlage (ohne Nullfall), da sich an diesen mehr Unfälle ereigneten als an Stellen ohne Querungsanlage. Für dieses kleinere Kollektiv wurde ebenfalls eine Unfallanalyse unter Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens und der Geschwindigkeiten durchgeführt.

4.3.1 Längsverkehr

Für das Untersuchungskollektiv auf der dritten Stufe wurde an 100 Querungsanlagen das Längsverkehrsaufkommen des Kfz- und Radverkehrs und teilweise auch des Fußverkehrs erhoben. Einschränkungen bei der Erhebung des Fußverkehrs ergeben sich aus der Erhebungsmethode, die nicht immer die vollständige Aufnahme des Seitenraums zuließ. Die erhobenen Kenngrößen dienen als Einordnung der Bandbreite der Querungsanlagen. Abbildung 41 zeigt die Bandbreiten des Verkehrsaufkommens des Kfz-Verkehrs je nach Art und Lage der Querungshilfe. Die erhobenen Stellen mit FG-LSA weisen etwas höhere Kfz-Aufkommen auf als Stellen mit FGÜ und Mittelinsel. Insgesamt liegen die Kfz-Verkehrsstärken der unterschiedlichen Anlagetypen auf einem ähnlichen Niveau von im Mittel 1.000 bis 1.300 Kfz/2h.

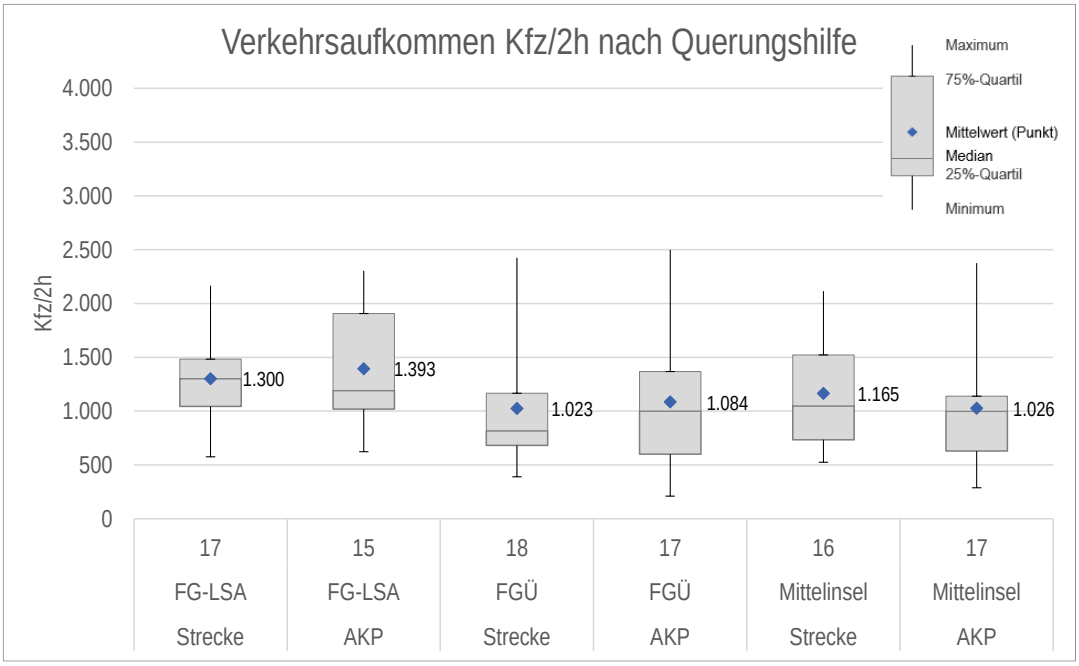


Abbildung 41: Verkehrsaufkommen des Kfz-Verkehrs nach Querungshilfe

Das Aufkommen des Fußgängerlängverkehrs je 2 Stunden ist in Abbildung 42 dargestellt. Die Mittelwerte und Mediane der Querungshilfen liegen auf

einem sehr ähnlichen Niveau. Die Mittelinseln weisen im Vegleich zu FG-LSA und FGÜ jedoch größer Bandbreiten auf. Einzelne Stellen sind sehr schwach belastet.

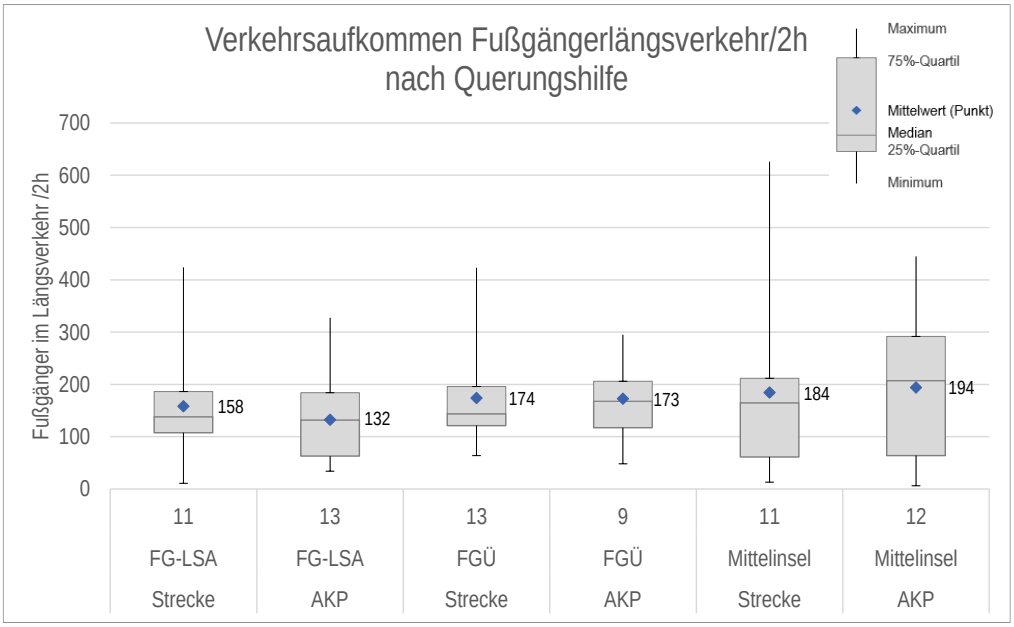


Abbildung 42: Fußgängerlängsverkehr nach Querungshilfe

Das Radverkehrsaufkommen im Längsverkehr je zwei Stunden zeigt Abbildung 43. Berücksichtigt wurde hier das gesamte Aufkommen im Querschnitt, somit alle Radfahrer im Seitenraum und auf der Fahrbahn. Die Untersuchungsstellen mit FG-LSA oder Mittelinseln auf der Strecke wissen sowohl die höchsten Mittelwerte als auch die größten Bandbreiten auf.

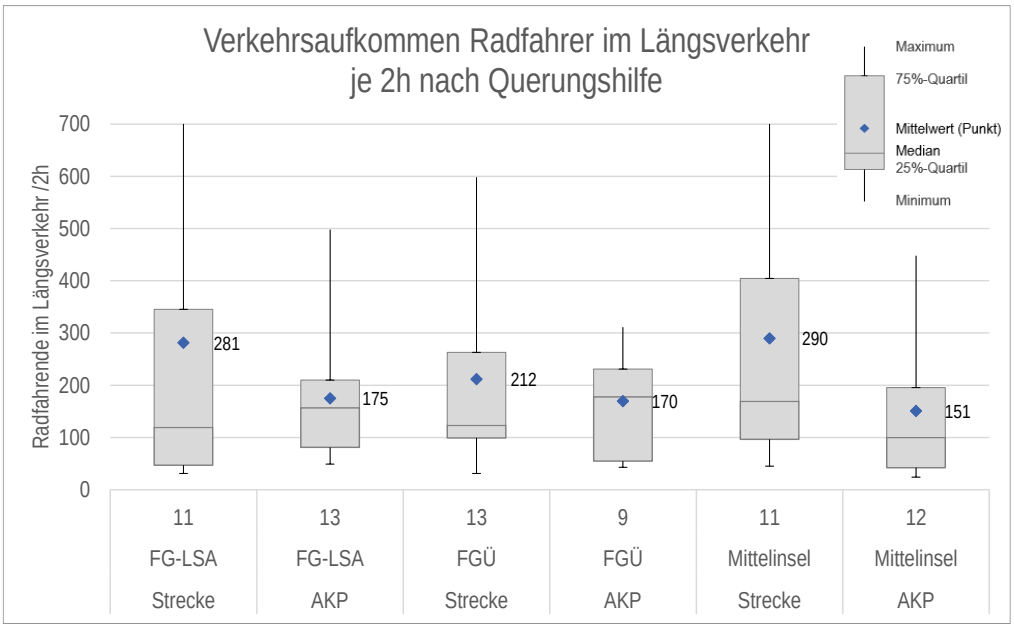


Abbildung 43: Radfahrer im Längsverkehr nach Querungshilfe

4.3.2 Querverkehr

An und bis zu 25m neben den Querungsanlagen wurde das Querverkehrsaufkommen von Fußgängern und Radfahrern erhoben. Schiebende Radfahrer wurden zwar getrennt erhoben, in allen Auswertungen werden sie jedoch als querende Fußgänger bewertet. In Tabelle 15 ist die Stichprobe der Querverkehrserhebung dargestellt. An den insgesamt 100 Stellen konnten knapp 14.500 querende Fußgänger oder Radfahrer gezählt werden. Der Anteil der Radfahrer liegt im Mittel bei 26 %, wobei die größten Anteile an den im Kollektiv enthaltenden FGÜ an Anschlussknotenpunkten (32%) und die niedrigsten Anteile an den Mittelinseln an Anschlussknotenpunkten (18%) festgestellt wurden.

Tabelle 15: Erhobene Fußgänger und Radfahrer im Querverkehr

Lage	Typ	Stellen	Querende FG	Querende RF schiebend	Anteil FG an allen Querenden	Querende RF	Anteil RF an allen Querenden	Querende Gesamt
Strecke	FG-LSA	17	2.155	68	74%	766	26%	2.989
AKP	FG-LSA	15	937	34	73%	363	27%	1.334
Strecke	FGÜ	18	1.983	61	75%	698	25%	2.742
AKP	FGÜ	17	1.599	141	68%	833	32%	2.573
Strecke	Mittelinsel	16	1.642	47	72%	650	28%	2.339
AKP	Mittelinsel	17	1.972	79	82%	440	18%	2.491
Gesamt		100	10.288	430	74%	3.750	26%	14.468

Die Bandbreite des Fußgängerquerverkehrsaufkommens ist in Abbildung 44 dargestellt. Es liegt eine ähnliche Verteilung der Querverkehrsstärken über fast alle Anlagentypen und Lagen vor. Lediglich die im Kollektiv enthaltenen FG-LSA an AKP weisen deutlich geringere Fußgängerquerverkehrsmengen auf.

Anhand von Tabelle 15 und Abbildung 45 wird deutlich, dass das Querverkehrsaufkommen der Radfahrer an den Querungsanlagen im Mittel deutlich niedriger ist als das Querverkehrsaufkommen der Fußgänger. Einzelne Stellen weisen jedoch sehr hohe Radverkehrsmengen im Querverkehr auf.

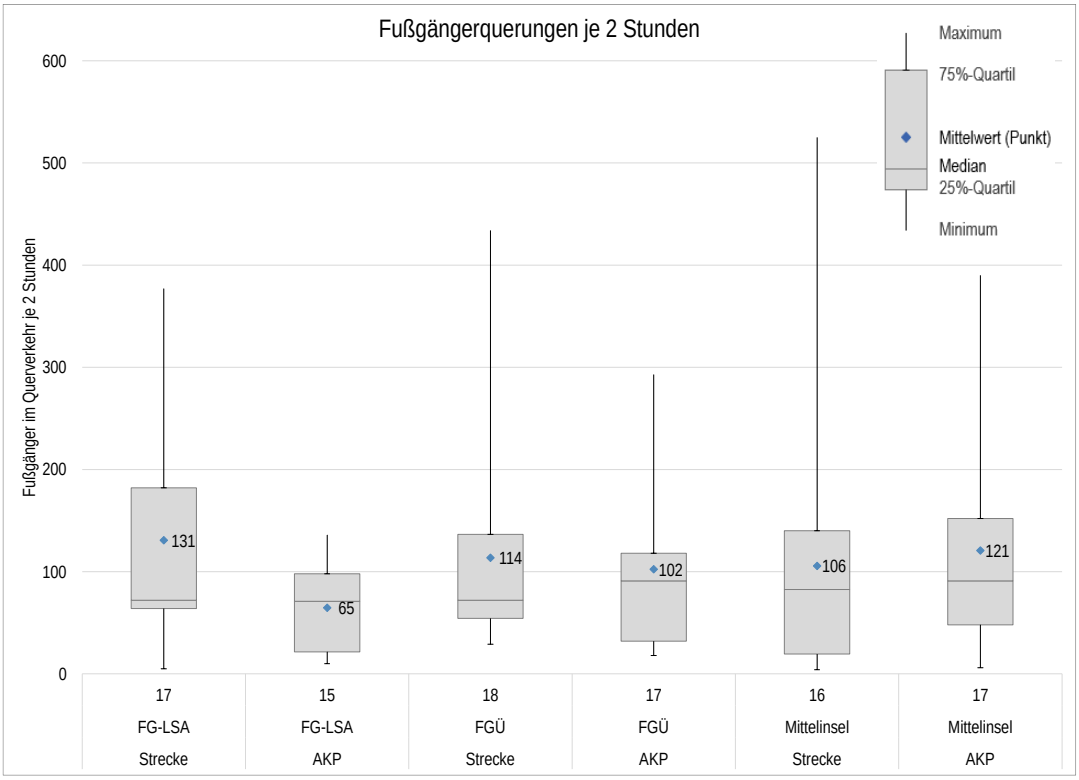


Abbildung 44: Fußgänger im Querverkehr nach Querungshilfe

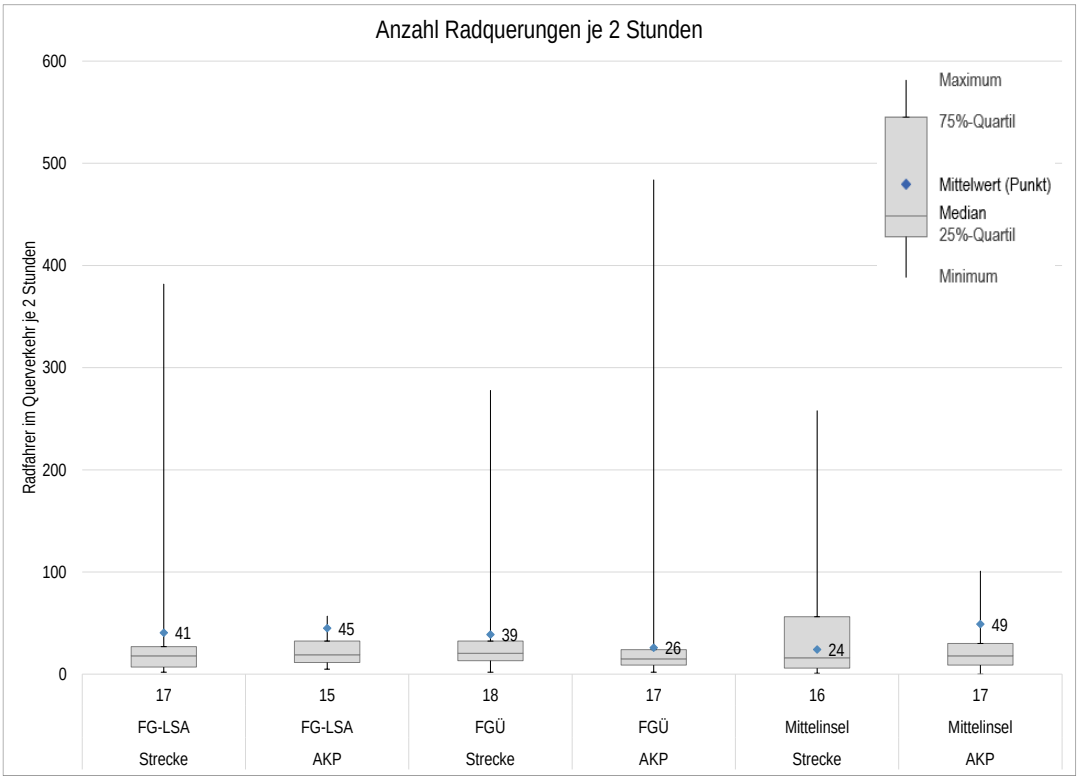


Abbildung 45: Radfahrer im Querverkehr nach Querungshilfe

4.3.3 Gefahrene Geschwindigkeit

Zur Ermittlung des Einflusses der gefahrenen Geschwindigkeiten auf die Verkehrssicherheit an den Querungsanlagen wurden die mittleren gefahrenen Geschwindigkeiten freifahrender Kfz erhoben (siehe Kapitel 3.4.2.2). In Abbildung 46 ist die Bandbreite der v_{85}-Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der Querungsanlage und der jeweiligen zulässigen Höchstgeschwindigkeit dargestellt. An Stellen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h sind die v_{85}-Geschwindigkeiten größtenteils unter 50 km/h. An den Querungsanlagen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h liegen die v_{85}-Geschwindigkeiten bis auf wenige Ausnahmen zwischen 30 km/h und 40 km/h und damit über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Querungsanlagen sind gering. Die größten Bandbreiten weisen jeweils die Stellen mit Mittelinseln auf. An einzelnen Querungsanlagen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h wurden v_{85}-Geschwindigkeiten von weniger als 30 km/h erhoben. In einer Nachprüfung konnten keine besonderen infrastrukturellen Merkmale, die zu diesen niedrigen Geschwindigkeiten führen, erkannt werden.

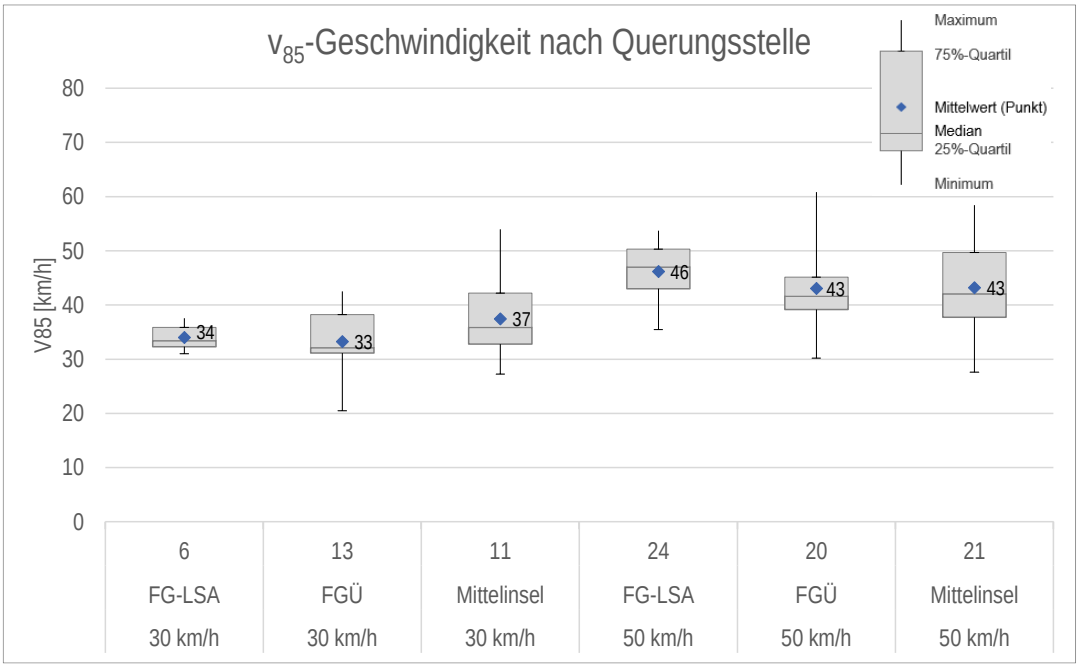


Abbildung 46: v_{85} der gefahrenen Geschwindigkeiten

4.3.4 Unfallanalyse für Querungsstellen mit Fußgängerquerverkehrsaufkommen

Wesentlicher Schwerpunkt der folgenden Analysen ist es, den Einfluss des Querverkehrsaufkommens der Fußgänger zu ermitteln und zu überprüfen, ob sich die bisherigen Ergebnisse der Unfallanalysen auf Stufe 1 und 2 auch vor diesem Hintergrund bestätigen lassen.

Insgesamt wurden auf dieser Stufe 100 Querungsanlagen mit den in Tabelle 16 dargestellten Unfallkollektiven analysiert. Für die Unfallanalyse auf Stufe 3 wurde das Querverkehrsaufkommen der Fußgänger als Expositionsgröße genutzt. Die Analysen beschränken sich vorrangig auf den Anlagenbereich (Querungsanlage und 25m vor und nach der Anlage), da nur für diesen Bereich das Querverkehrsaufkommen erhoben wurde.

Da diese Stufe eine Teilstichprobe der Stufe 2 darstellt, werden in Abbildung 47 beide Stichproben gegenübergestellt. Da alle Stellen mit zwei oder mehr Fußgängerunfällen im Anlagenbereich in den Verhaltensanalysen berücksichtigt werden sollten, zeigt sich eine Verschiebung hin zu unfallauffälligen Querungsanlagen. Bei FG-LSA und Mittelinseln ist der Anteil der Querungsanlagen mit zwei oder mehr Fußgängerunfällen im Anlagenbereich etwa doppelt so hoch als auf der Stufe 2, bei FGÜ sogar 2,5-mal so groß. Für den Vergleich von Unfallkenngrößen bedeutet dies, dass diese auf der Stufe 3 im Mittel schlechter ausfallen als auf Stufe 2.

Tabelle 16: Unfallkollektive für die Analyse Stufe 3 mit Fußverkehrsaufkommen

Kollektiv		FG-LSA	FGÜ	Mittelinsel	Gesamt
Gesamtkollektiv	Anlagen- und Nahbereich U(P,S)	529	643	627	1799
	Anlagen- und Nahbereich U(P)	152	166	141	459
	Anlagenbereich U(P,S)	286	268	281	835
	Anlagenbereich U(P)	84	86	65	235
	Nahbereich U(P,S)	243	375	346	964
	Nahbereich U(P)	68	80	76	224
Teilkollektiv 1	Anlagen- und Nahbereich U(P,S)	34	45	29	108
	Anlagen- und Nahbereich U(P)	32	44	28	104
	Anlagenbereich U(P,S)	22	36	15	73
	Anlagenbereich U(P)	21	36	15	72
	Nahbereich U(P,S)	12	9	14	35
	Nahbereich U(P)	11	8	13	32
Teilkollektiv 2	Anlagen- und Nahbereich U(P,S)	44	109	33	186
	Anlagen- und Nahbereich U(P)	36	75	30	141
	Anlagenbereich U(P,S)	31	91	19	141
	Anlagenbereich U(P)	24	63	17	104
	Nahbereich U(P,S)	13	18	14	45
	Nahbereich U(P)	12	12	13	37

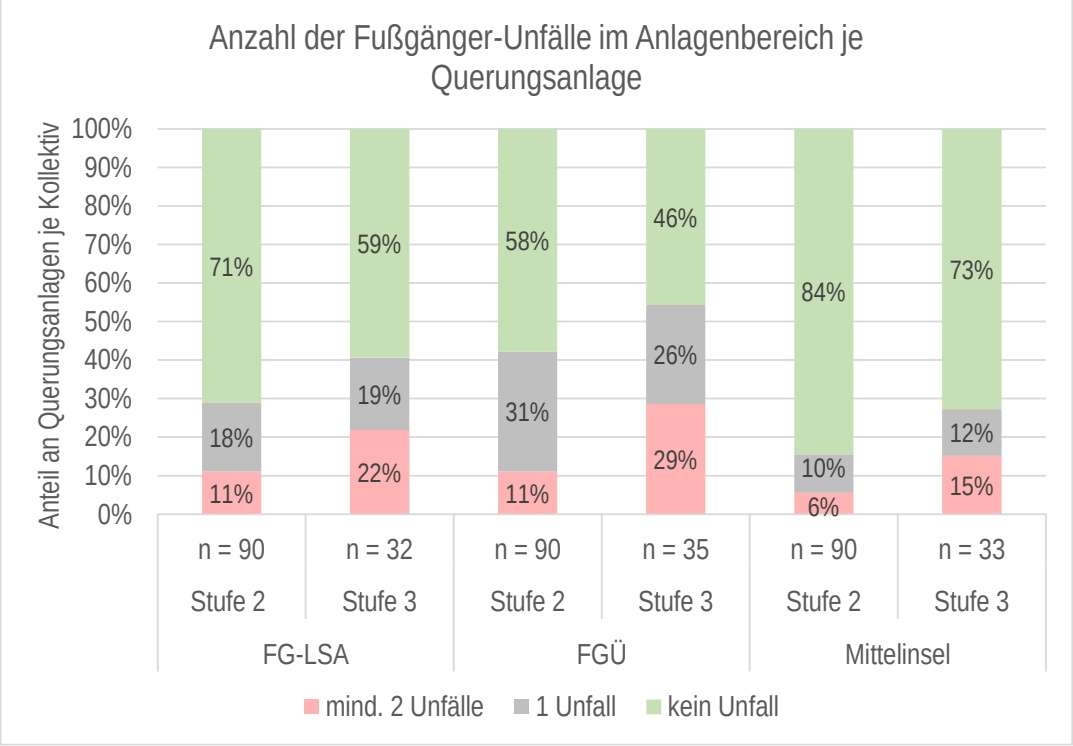


Abbildung 47: Vergleich der Unfallkollektive der Stufe 2 (360 Stellen) und Stufe 3 (100 Stellen) in Bezug auf die Anzahl der unfallbelasteten Querungsanlagen

4.3.4.1 Unfallkenngrößen

Für die Unfallkostenraten unter Berücksichtigung des Fußgängerquerverkehrs auf Stufe 3 zeigt sich bei Betrachtung des Gesamtkollektivs aller Unfälle im Anlagenbereich (siehe Abbildung 48), dass das Ergebnis durch Ausreißer beeinflusst wird. Die Größe des Einflusses und eventuelle Besonderheiten der Querungsanlagen werden daher zusätzlich in einer Ausreißeranalyse (Kapitel 4.3.4.3) thematisiert. Insgesamt gibt es eine Tendenz zu erhöhten Risiken an Anschlussknotenpunkten für alle Querungsanlagentypen. Durch die Berücksichtigung des Querverkehrsaufkommens ist ein erhöhtes Fußverkehrsaufkommen an Anschlussknotenpunkten aber bereits herausgerechnet, es muss daher andere Gründe für ein erhöhtes Unfallgeschehen an Anschlussknotenpunkten im Vergleich zu Querungsanlagen auf der Strecke geben. Die niedrigsten Unfallkostenraten weisen die Mittelinseln auf der Strecke auf.

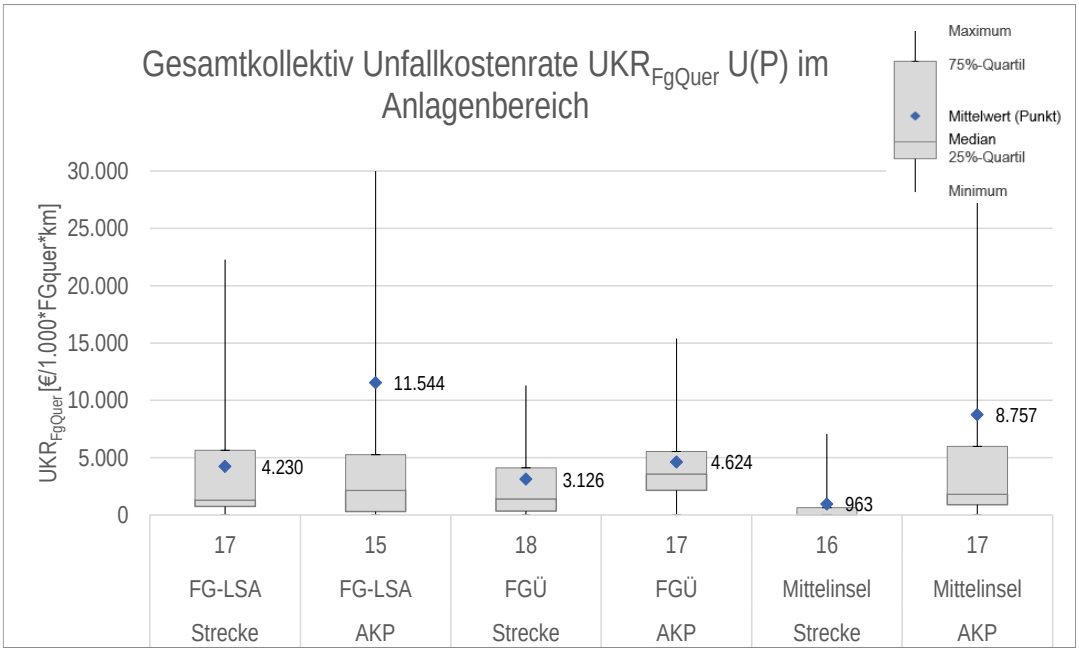


Abbildung 48: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostenraten (FG-Querverkehr) für das Gesamtkollektiv im Anlagebereich

Bei Betrachtung der Unfallkostenraten für Fußgängerunfälle (Teilkollektiv 1) im Anlagenbereich zeigen sich deutlichere Unterschiede (siehe Abbildung 49). Mittelinseln weisen sowohl auf der Strecke als auch am Anschlussknotenpunkt die niedrigsten Unfallkostenraten auf. Für FG-LSA zeigt sich eine höhere Unfallkostenrate für Anlagen an der Strecke im Vergleich mit Anlagen am Anschlussknotenpunkt. Gegensätzlich verhalten sich die Unfallkostenraten der FGÜ. Diese sind an der Strecke geringer als an Anschlussknotenpunkten. 59 der 100 Querungsanlagen weisen keine Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern auf.

Werden zu den Fußgängerunfällen weitere Unfälle im Anlagenbereich mit Bezug zur Querungsanlage betrachtet (Teilkollektiv 2) zeigt sich keine Veränderung der Unterschiede, die sich schon für das Teilkollektiv 1 ergeben (siehe Abbildung 50). Allerdings erhöhen sich die absoluten Unfallraten an FG-LSA und FGÜ, während die an Mittelinseln weiterhin niedrig bleiben. Mittelinsel zeigen sich auch unter Berücksichtigung des Querverkehrsaufkommens des Fußverkehrs an Anschlussknotenpunkten und auf der freien Strecke sicherer als andere Querungsanlagen. FGÜ und FG-LSA weisen höhere Unfallkostenraten auf. Im Vergleich der beiden Anlagentypen ist der FGÜ eher an der freien Strecke und die FG-LSA eher am Anschlussknotenpunkt geeignet.

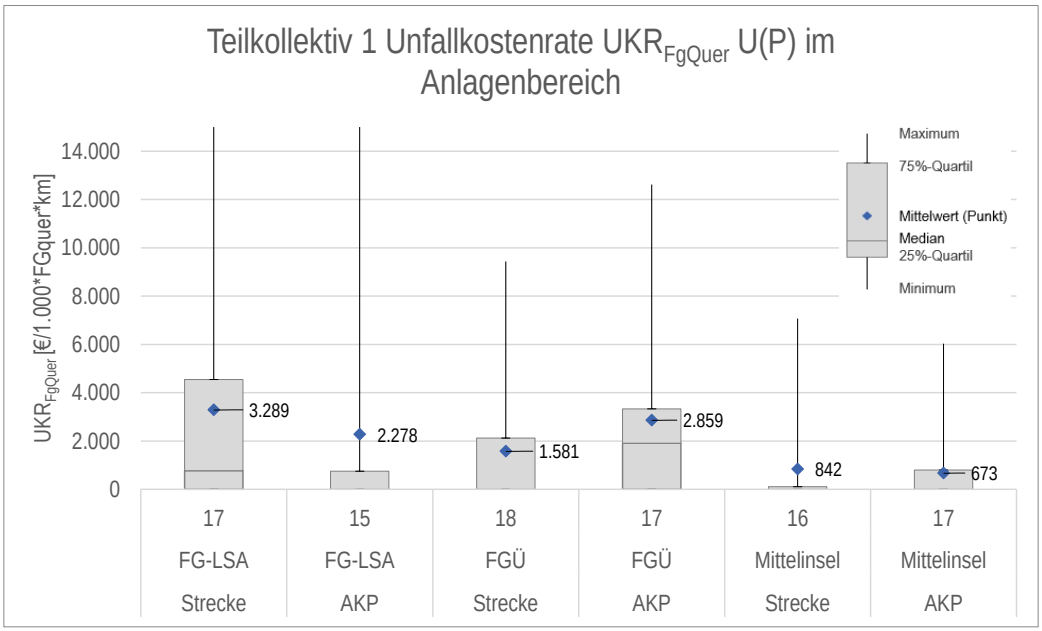


Abbildung 49: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostenraten (FG-Querverkehr) für das Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) im Anlagebereich

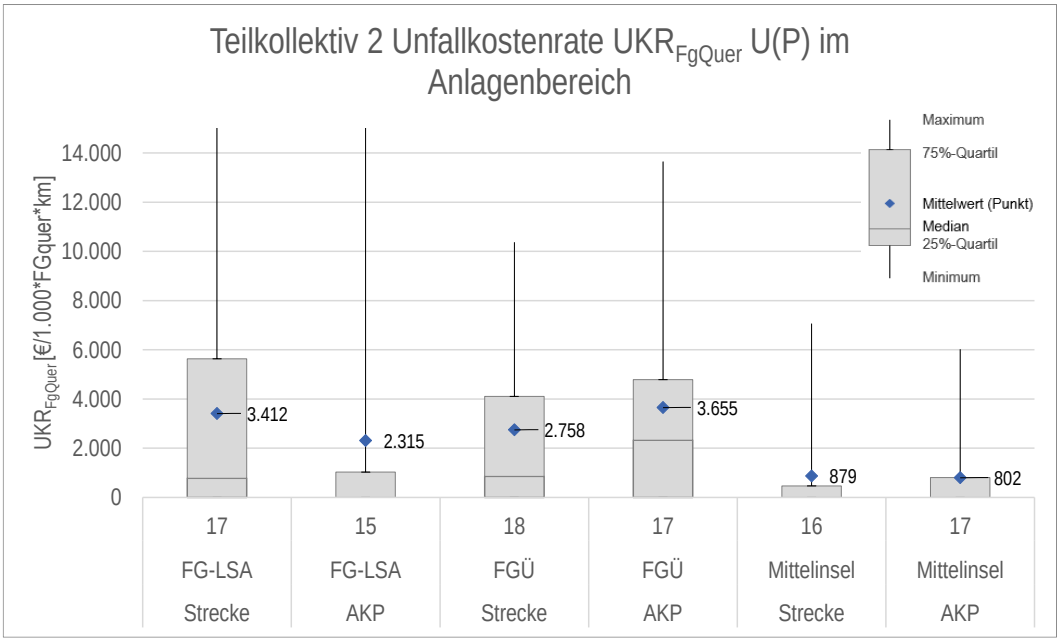


Abbildung 50: Vergleich der Anlagetypen basierend auf Unfallkostenraten (FG-Querverkehr) für das Teilkollektiv 2 im Anlagebereich

4.3.4.2 Geschwindigkeiten

Die v_{85}-Geschwindigkeiten der freifahrenden Fahrzeuge werden in Abbildung 51 mit der zur Stelle zugehörigen Unfallkostenrate für Fußgängerunfälle im Anlagenbereich (Teilkollektiv 1) dargestellt. Unterschieden wird dabei auch die zulässige Höchstgeschwindigkeit an den jeweiligen Querungsanlagen (Abbildung 51) bzw. die Art der Querungsanlagen (Abbildung 52). Hier zeigt sich unabhängig von der Querungsanlage und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit kein eindeutiger Einfluss der gefahrenen Geschwindigkeiten auf die Verkehrssicherheit der Querungsanlagen. Die vier einzelnen Stellen mit besonders hohen Unfallkostenraten (über 10.000 €/1000*FgQuer*km) werden in der Ausreißeranalyse (Kapitel 4.3.4.3) genauer betrachtet. Erkennbar ist jedoch, dass diese vier Stellen eine v_{85}-Geschwindigkeit aufweisen, die oberhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegt.

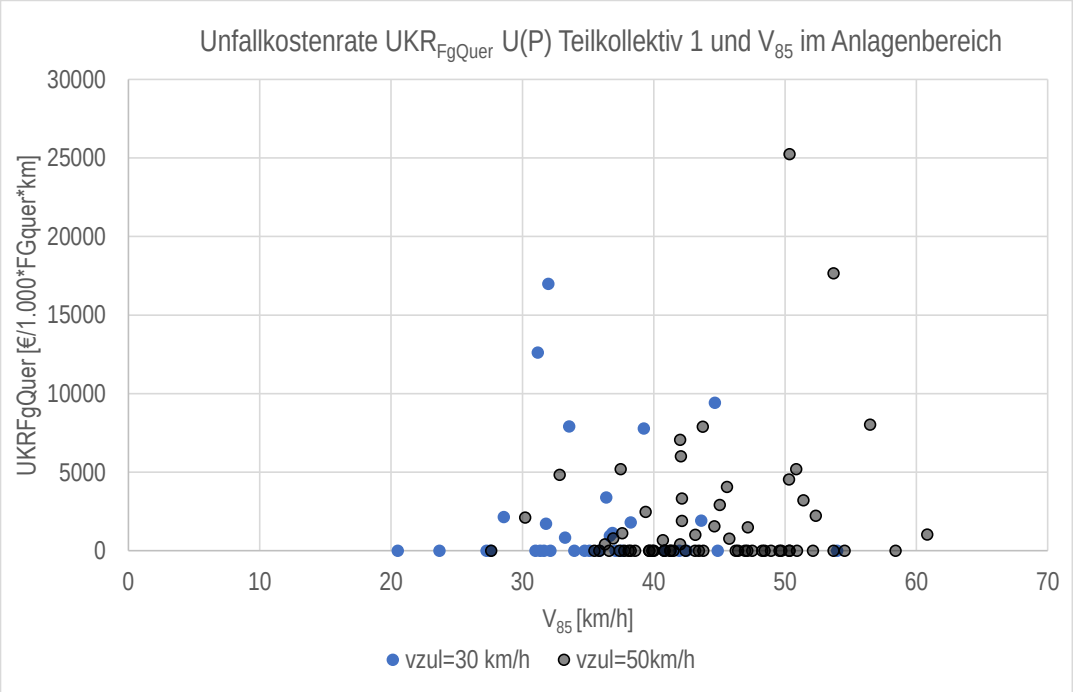


Abbildung 51: Unfallkostenrate im Anlagenbereich für Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) über die v85-Geschwindigkeit unterschieden nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit

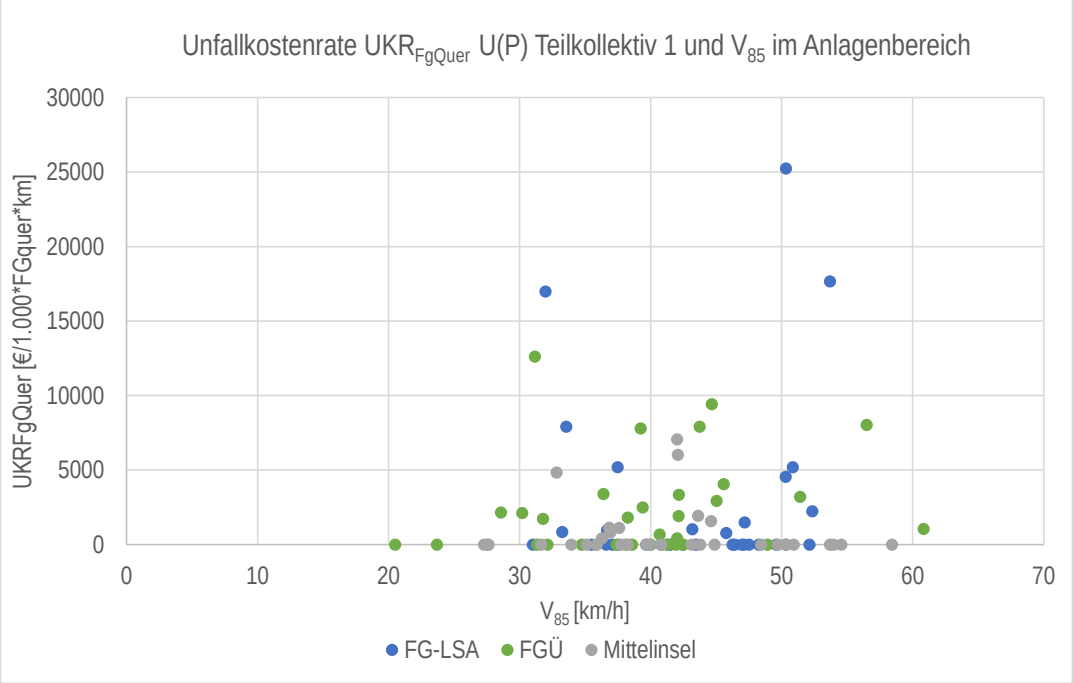


Abbildung 52: Unfallkostenrate im Anlagenbereich für Teilkollektiv 1 (Unfälle mit Fußgängerbeteiligung) über die v85-Geschwindigkeit unterschieden nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit

4.3.4.3 Ausreißeranalyse

Einzelne Querungsanlagen des Untersuchungskollektivs weisen besonders hohe Unfallkostenraten auf. Diese Stellen werden hier näher betrachtet, um ergänzende Hinweise zu gegebenenfalls unfallbegünstigender Infrastruktur zu erhalten.

Bei FG-LSA zeigen sich drei Stellen vorrangig auffällig, eine Anlage liegt am Anschlussknotenpunkt und zwei an der Strecke. Alle drei Anlagen weisen ein sehr niedriges Fußgängerquerverkehrsaufkommen auf mit weniger als 20 FG/2h bei gleichzeitig ein bzw. zwei schweren FG-Unfällen. Erkennbar ist, dass die Anlage am Anschlussknotenpunkt leicht abgesetzt von der querenden Straße liegt. An allen drei Stellen ereignen sich die Unfälle räumlich nicht auf der Fußgängerfurt. Die v_{85}-Geschwindigkeit liegt an den Querungsanlagen oberhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Der FGÜ am Anschlussknotenpunkt mit hoher Unfallkostenrate weist zwei schwere Unfälle mit Fußgängerbeteiligung auf. Aus der örtlichen Lage ist erkennbar, dass der FGÜ in Fahrtrichtung hinter der Busbucht angelegt wurde. Dieses kann zu Sichteinschränkungen auf wartende und querende Fußgänger durch haltende Busse führen. Beide Unfälle ereigneten sich auf dem FGÜ, einer auf der Seite der Busbucht. Ob diese Unfälle in Zusammenhang

mit einem haltenden Bus standen, konnte auf Grundlage der vorliegenden Unfalldaten nicht geklärt werden.

Weitere Stellen, die beim Gesamtkollektiv oder beim Teilkollektiv 2 hohe Unfallkostenraten vorwiesen, wurden ebenfalls näher betrachtet. Insgesamt lassen sich aus der Ausreißeranalyse folgende Erkenntnisse ableiten:

- Ausreißer liegen an Stellen, an denen die Querungsanlage von Anschlussknoten oder von selbstständigen Wegen abgesetzt ist (ohne erkennbaren Grund und weitere Ziele im Seitenraum). Das Unfallgeschehen verlagert sich dadurch in den Nahbereich.
- An einer Stelle ist ein FGÜ, der in Fahrtrichtung hinter einer Busbucht liegt.
- Alle Ausreißer liegen an geraden Strecken und nicht in Kurvenbereichen.
- Es sind Querungsanlagen sowohl mit als auch ohne Parkstände in der Nähe der Querung.
- Erkennbarkeit und Sicht sind nur an einer Stelle eingeschränkt.

Die Analysen werden auch nach der Ausreißeranalyse weiterhin im Kollektiv der 100 Querungsanlagen berücksichtigt, da nur sehr selten der Grund (in der Infrastruktur) bekannt ist und diese Gründe bzw. Infrastrukturmerkmale auch im Gesamtkollektiv bzw. an unfallunauffälligen Querungsanlagen aufkommen können. Eine vollständige Abgrenzung ist somit nicht möglich.

4.3.4.4 Multikriterielle Analyse

Es wurden zahlreiche Teilkollektive, potenzielle Einflussfaktoren und auch Kollektive des Unfallgeschehens untersucht. Es wurde parallel das Gesamtkollektiv der Unfälle (Gk), die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung (Teilkollektiv 1) sowie die Unfälle mit direktem Querungsstellenbezug (u. a. Einbezug Radverkehrsunfälle, Teilkollektiv 2) untersucht. Außerdem wurden sowohl alle Arten von Querungshilfen gemeinsam als auch separat untersucht. Grund hierfür ist, dass die Querungshilfen zum Teil grundsätzlich unterschiedliche Verkehrsvorgänge und Konfliktkonstellationen aufweisen. Bei Mittelinseln muss der Fußgänger grundsätzlich warten, beim FGÜ hat der Fußgänger Vorrang, es bedarf aber auch der Abstimmung mit den Fahrzeugen auf der Fahrbahn, und bei der LSA hat der Fußgänger nur auf Anforderung und nach entsprechender Wartezeit Vorrang. Bei gemeinsamer Betrachtung in einem Analysekollektiv heben sich solche Unterschiede in Bezug auf die Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen u. U. auf, weswegen es auch der separaten Betrachtung und Modellierung bedarf.

Zentrales Fazit ist, dass – obwohl hier erstmals in Deutschland ein derart großes Kollektiv an Querungshilfen mit Verkehrsstärken aller

Verkehrsteilnehmer inkl. der Kfz-Geschwindigkeiten erhoben wurde – die Stichprobe keine Ableitung umfangreicher signifikanter Einflussfaktoren ermöglicht. Das bedeutet, es wurden kaum signifikante Zusammenhänge gefunden. Es kann dabei aber nicht abschließend gesagt werden, ob die Zusammenhänge nicht vorhanden sind oder ob der Zusammenhang eher gering ist und aufgrund der kleinen Stichprobe nicht als signifikant auffällt.

Aufgrund der kleinen Stichprobe auf Stufe 3 und den damit verbundenen Einschränkungen der Aussagekräftigkeit der Modellergebnisse sollen an dieser Stelle nur drei Modelle, jeweils eins für das Gesamtkollektiv, das Teilkollektiv 1 und 2, gezeigt werden. Alle anderen Ergebnisse haben sich meist aus der Kombination der Verkehrsstärke der querenden Fußgänger und der zu untersuchenden Einflussvariable in einem Teilmodell ergeben. Dies ergibt sehr viele Teilmodelle, welche sich hier kaum übersichtlich darstellen lassen. Exemplarisch finden sich daher im Anhang 7.8 in Tabelle 32 drei Modelle, welche aus Übersichtsgründen auch wichtige, aber nicht signifikante Einflussvariablen dokumentieren und deren Signifikanzniveaus ausweisen. Mit diesen Modellen soll eine grundsätzliche Einordnung der Ergebnisse der multikriteriellen Analyse auf Stufe 3 verdeutlicht werden. Es wird im Folgenden (in den meisten Fällen) bewusst vermieden, konkrete Regressionskoeffizienten zu nennen, damit deren Höhe nicht überinterpretiert wird. Die wichtigsten Aussagen der eingeschränkten Stichprobe auf Analysestufe 3 sind signifikante Unterschiede und Wirkungsrichtungen. Konkrete Effektstärken sollten nicht aus den Ergebnissen abgeleitet werden.

Hinsichtlich der Expositionskenngrößen lassen sich folgende Schlussfolgerung aus den Analysen ziehen:

- Für die Verkehrsstärke querender Fußgänger ist in allen Teilkollektiven ein signifikant positiver Zusammenhang (degressiver Anstieg) feststellbar. Einzig bei alleiniger Betrachtung der Fußgänger-LSA sowie alleiniger Betrachtung des Nahbereichs (ohne Anlagenbereich, für Unfallkollektiv mit Fg) ist kein Zusammenhang feststellbar. Die Regressionskoeffizienten bewegen sich im Bereich zwischen 0,25 und 0,75. Das bedeutet, dass bei kleineren Verkehrsstärken von querenden Fußgängern (meist unterhalb von 50 Fg/h) mit jedem zusätzlichen Fußgänger die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Unfällen in relevanter Größenordnung ansteigt. Bei größeren Fußgängerquerverkehrsstärken führen zusätzlich querende Fußgänger kaum noch zu einer Erhöhung der Unfallhäufigkeit.
- Für die Verkehrsstärke der Kfz auf der zu querenden Fahrbahn finden sich kaum signifikante Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen. Ausnahmen bestehen bei Einbezug der Sachschadensunfälle bei Betrachtung aller Unfälle (Gk) sowie im Teilkollektiv 2 mit signifikant positivem Zusammenhang (degressiver Anstieg). Das bedeutet vor allem auch, dass das Risiko für die Fußgängerunfälle unabhängig von der Höhe der

Verkehrsstärke der Kfz ist. Damit entfällt die Grundlage für das Argument, dass erst ab einer bestimmten Verkehrsstärke der Kfz eine besondere Sicherung der Fußgängerquerung notwendig ist (wie es das bisherige Nomogramm der EFA suggeriert). Die Ablehnung der Verwendung der Unfallkostenraten auf Basis des Kfz-Verkehrs auf Stufe 2 (siehe Kapitel 3.3.4.2) wird damit bestätigt.

- Für die Verkehrsstärke querender Radfahrer finden sich keine signifikanten Zusammenhänge. Mit einem Signifikanzniveau von 0,066 deutet sich ein Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke querender Radfahrer bei den FGÜ im Teilkollektiv 2 bei gemeinsamer Betrachtung von Anlagen und Nahbereich an. Hier wurden auch die meisten Unfälle mit Beteiligung querender Radfahrer im Vergleich der Querungsanlagentypen festgestellt.

Ein Ziel des Forschungsprojekt ist es auch Empfehlungen für Einsatzbereiche unterschiedlicher Querungsanlagen abzugeben. Aus diesem Grund wird in der folgenden Matrix die Rangfolge der Querungsanlagentypen entsprechend der Unfallhäufigkeit gereiht (Rangfolge von geringerer Unfallhäufigkeit zu höherer Unfallhäufigkeit).

Folgende Aspekte gilt es beim Interpretieren der Tabelle 17 zu berücksichtigen:

- Es wird zwischen dem Gesamtkollektiv der Querungsanlagen und den Querungsanlagen auf der freien Strecke oder am Anschlussknotenpunkt (AKP) unterschieden, da sich hier relevante Unterschiede im Unfallgeschehen ergeben haben.
- Teilweise finden sich zwei Querungsanlagentypen auf dem gleichen Rangfolgenplatz. Das bedeutet, dass sich zwischen den beiden Querungsanlagen keine signifikanten Unterschiede ergeben, das Unfallniveau ist also ähnlich.
- Das Analysekollektiv der Stufe 3 umfasst nur Mittelinseln (MI), FGÜ und FG-LSA.

Tabelle 17: Rangfolgen der Anlagetypen nach Unfallhäufigkeit (geringer bis höher, MI = Mittelinsel)

Kollektiv	**Freie Strecke und AKP**	**Freie Strecke**	**AKP**
Gesamt-kollektiv	1. MI / FGÜ 2. FG-LSA	1. Mittelinsel 2. FG-LSA / FGÜ	keine Unterschiede
Teilkollektiv 1 (Fußgängerunfälle)	1. MI / FG-LSA 2. FGÜ	keine Unterschiede	1. MI / FG-LSA 2. FGÜ
Teilkollektiv 2 (Tk1 plus Radverkehrs- und weiterer Unfälle)	1. MI / FG-LSA 2. FGÜ	1. MI / FG-LSA 2. FGÜ	1. MI / FG-LSA 2. FGÜ

Aus Tabelle 17 ergeben sich bei ausschließlicher Betrachtung der Unfallanzahl folgende Rangfolgen:

- Insgesamt und über alle Kollektive hinweg schneidet die Mittelinsel in Bezug auf die Unfallhäufigkeit im Anlagenbereich am besten ab. Je nach Kollektiv findet sich auf dem ersten Rangfolgenplatz manchmal auch die FG-LSA, seltener der FGÜ.
- Für die Querungsanlagen im Bereich von Anschlussknotenpunkten zeigt sich eine vergleichsweise deutliche Präferenz der Mittelinsel und der FG-LSA. Der FGÜ schneidet an den Anschlussknotenpunkten durchweg schlechter im Vergleich zu den beiden anderen Querungsanlagentypen ab.
- Auf der freien Strecke ergibt sich kein einheitliches Bild. Die Betrachtung des Teilkollektivs 1 (nur Fußgängerunfälle) im Anlagen- und Nahbereich stellt einen der wenigen Fälle dar, in dem der FGÜ besser als die FG-LSA abschneidet.
- Im Teilkollektiv 2 schneidet durchgängig der FGÜ am ungünstigsten ab. Dies wird auf den hohen Anteil der Radverkehrsunfälle (querende Radfahrer) an FGÜ zurückgeführt.
- Die FG-LSA schneidet vor allem bei Betrachtung aller Unfälle (Gesamtkollektiv) und dabei eher auf der freien Strecke ungünstig ab. Dies wird vor allen auf Auffahrunfälle vor der LSA (keine Fußgängerbeteiligung, deswegen Gesamtkollektiv) zurückgeführt.

Auch wenn kaum weitere signifikante Zusammenhänge für zusätzliche Einflussfaktoren u. a. der Gestaltung des Straßenraums, gefunden werden konnten, sollen hier trotzdem einige weitere Erkenntnisse der Modellierung aufgelistet werden. Die Dokumentation von konkreten Regressionskoeffizienten ist hier wenig zielführend, da die Zusammenhänge nicht signifikant sind.

- Sowohl für eine reduzierte zulässige Höchstgeschwindigkeit als auch für die tatsächlich gemessenen Geschwindigkeiten der Kfz (abgebildet über die mittlere Geschwindigkeit v_m und die v_{85}-Geschwindigkeit) finden sich keine signifikanten Zusammenhänge mit der Unfallhäufigkeit.
- Alle Kenngrößen zur Beschreibung der Sicht auf (Erkennbarkeit) und von Querungsanlagen bzw. der Wartebereiche zeigen keinerlei signifikanten Zusammenhänge mit der Unfallhäufigkeit.
- Bei alleiniger Betrachtung von Mittelinseln und Teilkollektiv 1 zeigt sich eine signifikant geringere Unfallhäufigkeit, wenn diese in der Nähe einer Schule liegt.

4.3.5 Fazit Stufe 3

Für die Erweiterung der Unfallanalyse auf Stufe 3 wurden die Verkehrsstärken des Fuß-, Rad- und Kfz-Verkehrs sowie die gefahrenen Geschwindigkeiten der Kfz an 100 Querungsanlagen erhoben.

Das Unfallgeschehen ist an den unterschiedlichen Anlagentypen (zumindest teilweise) signifikant anders. Die Fußgänger-Querverkehrsstärke hat einen wesentlichen Einfluss auf das Unfallgeschehen. Zusammenhänge des Unfallgeschehens mit der Kfz-Verkehrsstärke oder gestalterischen Randbedingungen wurden nicht gefunden.

Aus dem Vergleich der Unfallkenngrößen der unterschiedlichen Unfallkollektive (Gesamtkollektiv, Teilkollektiv 1 und 2) wird deutlich, dass die Mittelinseln die niedrigsten Unfallkostenraten (bezogen auf die Verkehrsstärke des Fußgängerquerverkehrs nicht des Kfz-Verkehrs) aufweisen. FGÜ weisen niedrigere Unfallkostenraten (Teilkollektive 1 und 2) auf der Strecke im Vergleich zum Anschlussknotenpunkt auf. An FG-LSA verhalten sich die Unfallkenngrößen entgegengesetzt, d.h. die Strecke schneidet schlechter als der Anschlussknotenpunkt ab. Ein Einfluss der gefahrenen Geschwindigkeiten konnte nicht nachgewiesen werden. An Stellen mit besonders hohen Unfallkostenraten (Ausreißer) wurden jedoch v_{85}-Geschwindigkeiten oberhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit festgestellt. Hier zeigt sich also zumindest eine Tendenz, dass überhöhte Geschwindigkeiten eine Rolle für ein erhöhtes Unfallgeschehen spielen, auch wenn hier keine signifikanten Einflüsse gefunden wurden.

Im Vergleich zu den Analysen auf Stufe 2 haben sich zentrale Unterschiede zwischen den Anlagetypen weitestgehend bestätigt, so schneidet weiterhin die Mittelinsel besser als FG-LSA und FGÜ ab. Einflüsse der Geschwindigkeit (zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Stufe 2 tatsächlich gefahrene Geschwindigkeiten auf Stufe 3) sowie der Erkennbarkeit und Sichtbarkeit ließen sich auf beiden Analysestufen nicht nachweisen, was im Kontrast zu den Aussagen der Literatur steht. Während Kfz-Verkehrsstärken auf Stufe 2 noch einen signifikanten Einfluss aufwiesen, konnte dieser auf Stufe 3 nicht mehr nachgewiesen werden. Mögliche Gründe wären die exakteren Messungen auf Stufe 3, das reduzierte und veränderte Kollektive auf Stufe 3 oder der Einbezug der Fußgängerquerverkehrsstärken, welche besser als die Kfz-Verkehrsstärken die Varianz in der Stichprobe erklärten. Ansonsten mussten aber – zumindest was die untersuchten Merkmale auf Stufe 3 betrifft – keine weiteren Ergebnisse aus Stufe 2 relativiert werden.

4.4 Verhaltensanalysen

Das Verhalten der querenden Fußgänger und Radfahrer wurde detailliert beobachtet (siehe Kapitel 3.4.2.3). Dabei wurde der Querungsort (auf oder neben der Anlage), Interaktionen mit dem Längsverkehr und deren Kritikalität und das Anhalteverhalten erhoben und analysiert.

4.4.1 Querungsort

Die Querungen von Fußgängern und Radfahrer können in Querungen direkt auf der Anlage oder im Bereich 25 m vor und nach der Anlage unterschieden werden. An Mittelinseln zeigte sich ein erhöhter Fußgängerquerverkehr neben der Anlage, siehe Abbildung 53. An Mittelinseln, die an einem Anschlussknotenpunkt liegen, quert jeder dritte Fußgänger neben der Anlage. An Mittelinseln oder FG-LSA auf der freien Strecke quert noch jeder fünfte Fußgänger neben der Anlage. In Einzelfällen wird die Mittelinsel gar nicht direkt genutzt. Bei Betrachtung dieser Einzelfälle zeigte sich, dass es sich in einem Fall um eine Mittelinsel handelt, die leicht abgesetzt von einem Anschlussknotenpunkt, aber ebenso abgesetzt von einem selbständigen Geh- und Radweg, der senkrecht auf die zu querende Straße führt, befindet. In einem anderen Fall befindet sich rund um die Mittelinsel eine verlängerte Sperrfläche (40m in eine Richtung) die von querenden Fußgängern genutzt wird. Im Mittel am seltensten beobachtet wurden Querungen neben der Anlage an FGÜ.

Alle erhobenen Querungen beziehen sich auf den Anlagenbereich (25 Meter). Die Unfälle im Anlagenbereich können räumlich differenziert werden zwischen Unfällen auf der Querungsanlage (6m breit) und Unfällen neben der Anlage (3 bis 25 Meter neben der Anlage). Mittelinseln weisen keine Auffälligkeiten hinsichtlich Unfälle neben der Anlage auf, obwohl sie die höchsten Anteile der Querungen neben der Anlage zeigen. Die Mittelinseln mit einem Anteil von Querungen neben der Anlage über 50 % weisen alle keine Unfälle neben der Anlage auf. Bei den anderen Anlagen lassen sich keine Schlussfolgerungen ziehen. Der Anteil der Querungen neben der Anlage ist demnach kein Indikator für Unfälle neben der Anlage.

Radfahrer queren seltener neben Mittelinseln als Fußgänger (siehe Abbildung 54). Im Vergleich der Querungsanlagen zeigt sich, dass Radfahrer häufiger an Mittelinseln und FGÜ neben der Anlage queren als an FG-LSA. Vor allem an FG-LSA auf der Strecke quert nur jeder 12. Radfahrer neben der Querungsanlage.

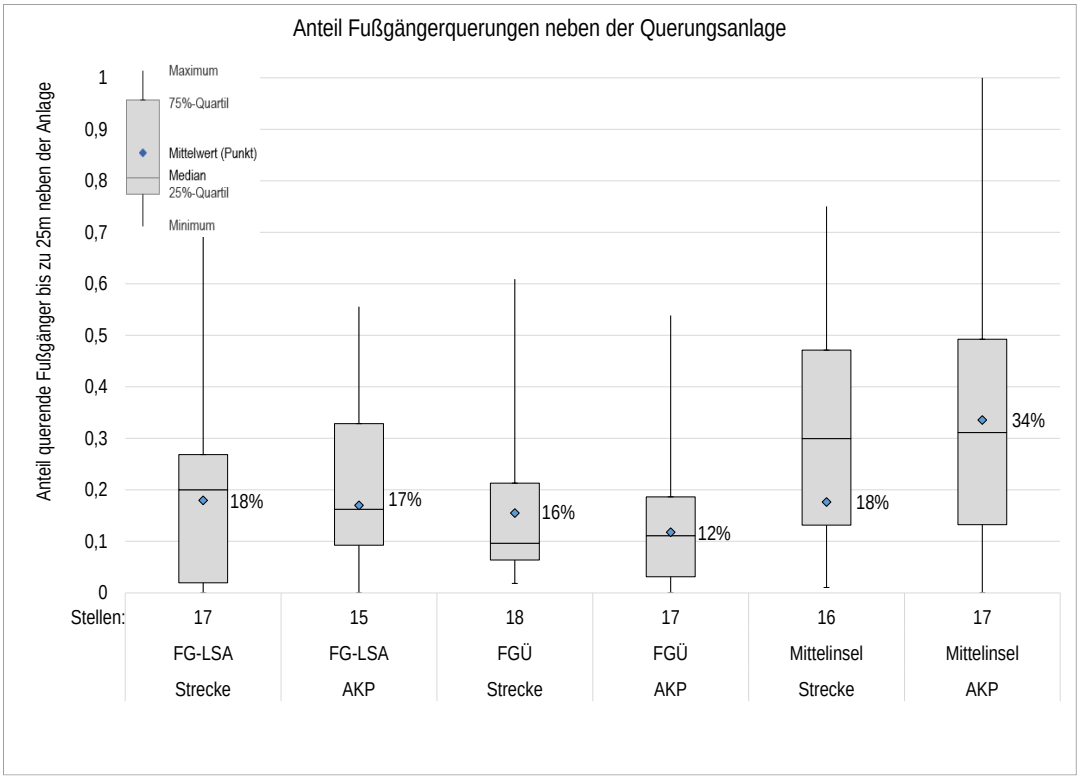


Abbildung 53: Anteil der Fußgängerquerungen bis zu 25m neben der Querungsanlage

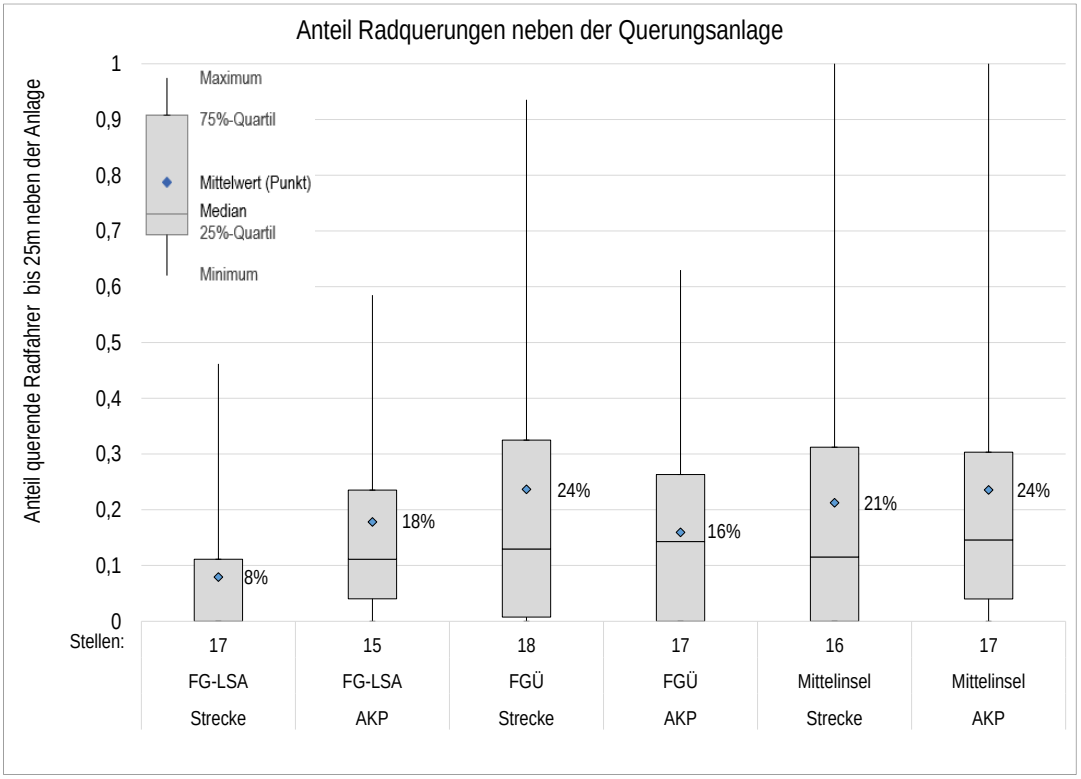


Abbildung 54: Anteil der Radquerungen bis zu 25m neben der Querungsanlage

4.4.2 Interaktionen

Von den knapp 14.400 querenden Fußgängern und Radfahrern hatten 766 Radfahrer und 2.223 Fußgänger eine oder mehrere Interaktionen (Definition siehe Kapitel 3.4.2.3) während des Querungsvorgangs. Je nach Anlagentyp unterscheidet sich der Anteil der querenden mit Interaktionen jedoch stark (siehe Abbildung 55). An FG-LSA hatten nur rund 10 % der Fußgänger und ca. 7 % der Radfahrer eine Interaktion. An FGÜ und Mittelinseln hingegen haben 62-79% der Fußgänger und 49-72% der Radfahrer eine oder mehrere Interaktionen bei der Querung. Der deutliche Unterschied lässt sich durch die Verkehrsregelung der einzelnen Anlagentypen erklären. An FG-LSA werden die konfligierenden Verkehrsströme die Lichtsignalanlage geregelt und getrennt. Interaktionen von sich kreuzenden Verkehrsteilnehmern dürften somit gar nicht auftreten. Die hier aufgetretenen Fälle sind auf Querungen oder Fahrten bei Rot oder Querungen im Bereich bis zu 25 m neben der FG-LSA zurückzuführen. An FGÜ und Mittelinseln kommt es bereits bei regelkonformen Verhalten beider Verkehrsteilnehmer zu einer Interaktion, wenn ein Verkehrsteilnehmer sein Verhalten anpassen muss.

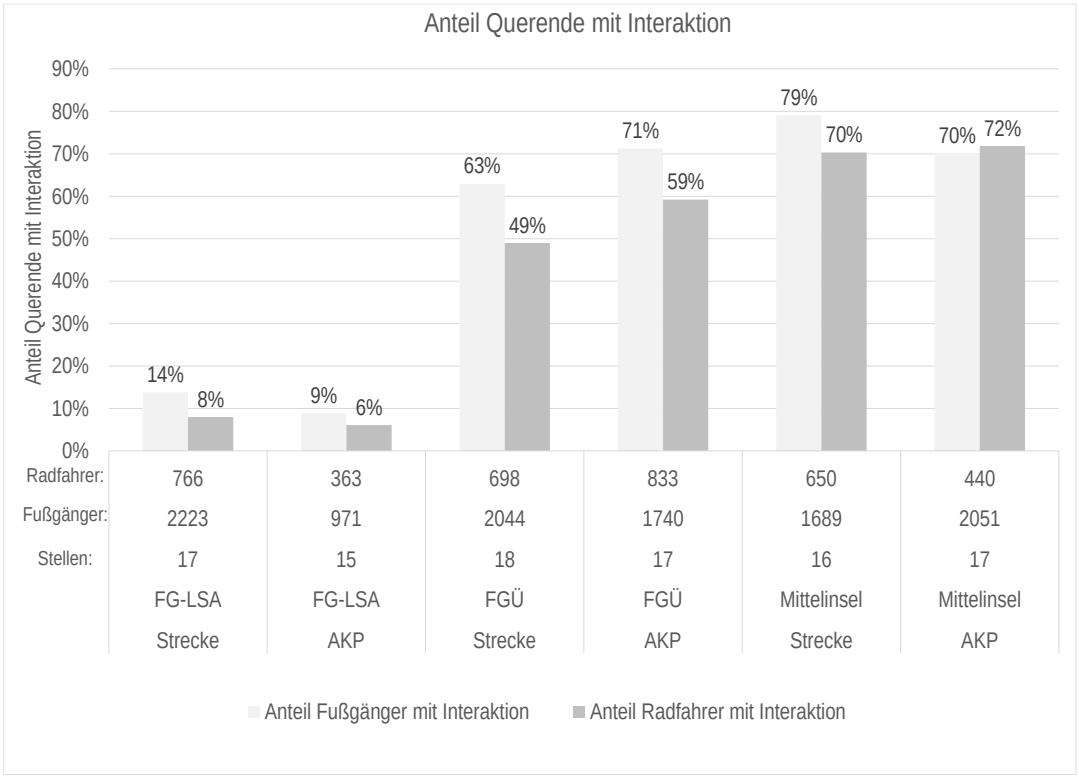


Abbildung 55: Anteil der Querenden mit Interaktionen

Weiterhin kann unterschieden werden, ob Radfahrer und Fußgänger eher an Interaktionen beteiligt sind, wenn Sie auf oder 25 m vor und nach der Anlage queren. Betrachtet wird in Abbildung 56 dafür jeweils der Anteil der Querenden mit Interaktion an den im jeweiligen Bereich querenden

Verkehrsteilnehmern. Hier zeigt sich, dass Fußgänger, die direkt über FG-LSA queren kaum Interaktionen haben. Die Interaktionsraten der Querenden an FGÜ und Mittelinseln sind deutlich höher oder ähnlich hoch. Bei Querungen neben der Anlage unterscheiden sich die Anlagentypen weniger, die höchsten Interaktionsraten wurden bei Mittelinseln vor allem am Anschlussknotenpunkt festgestellt.

Die Interaktionsraten querender Radfahrer (siehe Abbildung 57) sind an FG-LSA ebenfalls neben der Anlage höher als bei Querungen auf der Anlage. An FGÜ wurden, auch im Vergleich zu Fußgängern, sehr selten Interaktionen bei Querungen neben der Anlage beobachtet. Weniger als 3% der querenden Radfahrer neben FGÜ waren an Interaktionen beteiligt, querten also meist dann, wenn kein Fahrzeug in der Nähe war. Auch an Mittelinseln sind die Interaktionsraten neben der Anlage geringer als bei Querungen auf der Anlage, bei Mittelinseln am Anschlussknotenpunkt sind die Unterschiede jedoch am geringsten.

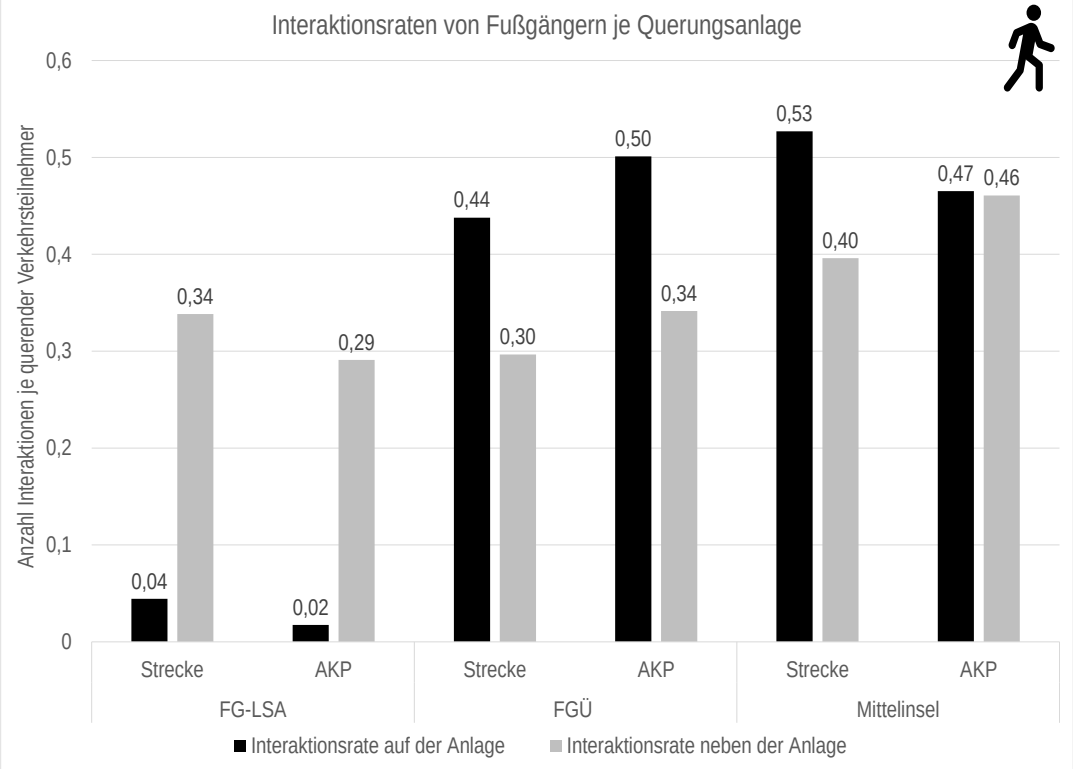


Abbildung 56: Interaktionsrate querender Fußgänger bei Querungen auf oder neben der Anlage

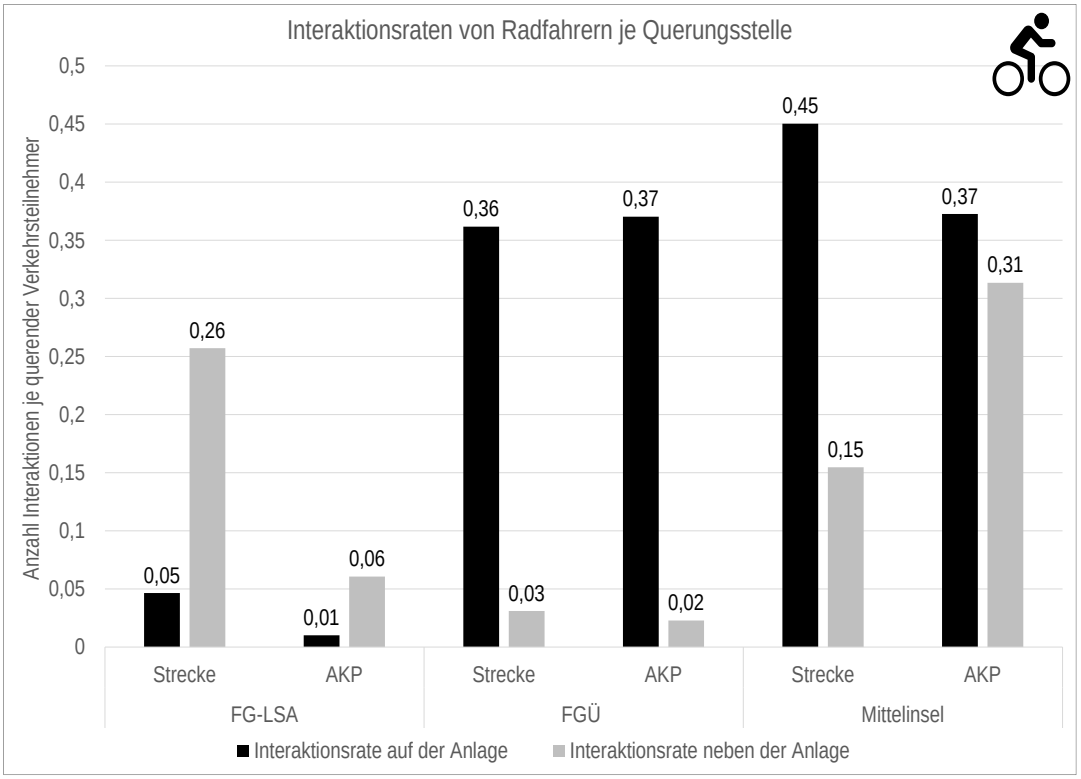


Abbildung 57: Interaktionsrate querender Radfahrer bei Querungen auf oder neben der Anlage

Da den einzelnen Kollektiven (Querungen auf der Anlage und Querungen neben der Anlage) teilweise sehr kleine Anzahlen von Interaktionen zu Grunde liegen, erfolgt die Auswertung der Interaktionsorte (Seitenraum oder Fahrbahn) und der Interaktionsstufen (Schwere der Interaktion) für alle Querungsorte (auf oder neben der Anlage) gemeinsam.

Die Auswertung der Interaktionsraten unterteilt nach Interaktionsort in Abbildung 58 zeigt, dass Interaktionen zwischen querenden Fußgängern oder Radfahrern und Radfahrern im Längsverkehr im Seitenraum sehr selten sind. Diese ereignen sich vorrangig an den Stellen, an denen eine Radverkehrsanlage im Seitenraum vorliegt. Dies ist jedoch nur an elf Stellen mit Benutzungspflicht und an weiteren 15 Stellen ohne Benutzungspflicht der Fall. Schwerpunkt der Interaktionen sind daher Interaktionen mit Kfz und Radfahrern im Längsverkehr auf der Fahrbahn. Die Interaktionsraten sind dabei auf dem ersten Fahrstreifen etwas höher als auf dem zweiten Fahrstreifen. Insgesamt haben Fußgänger und Radfahrer zusammen die höchsten Interaktionsraten an Mittelinseln an der Strecke, wo im Schnitt sogar mehr als eine Interaktion je querender Verkehrsteilnehmer beobachtet wurde.

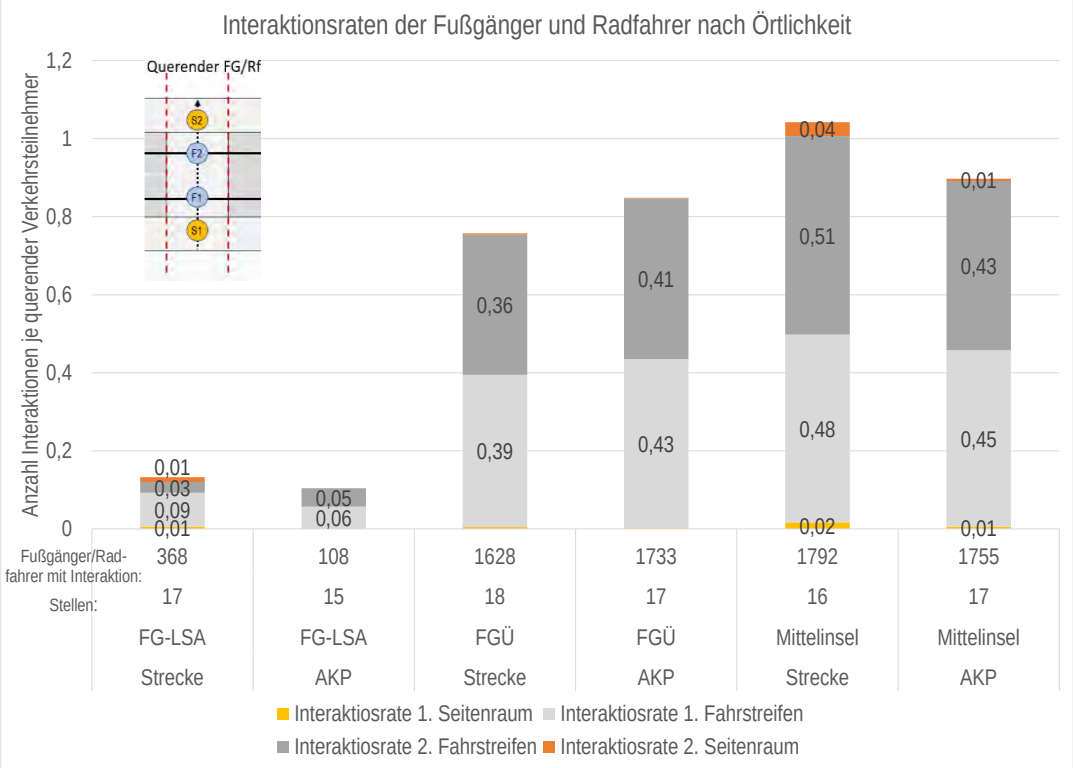


Abbildung 58: Interaktionsrate unterteilt nach Interaktionsort (Seitenraum und Fahrbahn)

Die Interaktionen wurden zusätzlich in Bezug auf ihre Schwere bewertet (siehe Kapitel 3.4.2.3). Unterschieden wurde dabei, wie kritisch die Interaktionen waren, vor allem in Bezug darauf, welche Verkehrsteilnehmer reagieren mussten, um eine Kollision zu verhindern. Da sich kaum Interaktionen im Seitenraum ereigneten, wird eine Unterteilung der Interaktionen nach Schwere auf Grund der kleinen Kollektive als nicht zielführend angesehen. Abbildung 59 zeigt die Anteile der Interaktionsstufen. Berücksichtigt wurden alle Querungen bei denen Fußgänger Interaktionen auf dem ersten Fahrstreifen nach Querungsbeginn hatten. Der Großteil der Interaktionen (mehr als 85 %) wurde als kontrollierte Interaktion oder Interaktion ohne Behinderung der bevorrechtigten Verkehrsteilnehmer eingestuft.

An FG-LSA wird der Vorrang durch die Lichtsignalanlage geregelt, dennoch geschehen Konflikte, wenn Fußgänger bei Rot oder neben der Anlage queren. In 2% der Fälle an FG-LSA auf der Strecke und 6% am Anschlussknotenpunkt wurden Fahrzeuge durch querende Fußgänger bei Rot oder neben der Anlage behindert. Einmal kam es zu einem Beinaheunfall an einer FG-LSA an einem Anschlussknotenpunkt.

An FGÜ sind Fußgänger bevorrechtigt gegenüber Verkehrsteilnehmern im Längsverkehr. In 12% der Fälle an FGÜ auf der Strecke und 7 % am Anschlussknotenpunkt wurden Fußgänger am direkten Queren behindert. In

diesen Fällen mussten querende Fußgänger kurzfristig ihre Querung abbrechen, da ihnen der Vorrang von Fahrzeugen im Längsverkehr genommen wurden. Interaktionen mit Beinaheunfall ereigneten sich eine an einem FGÜ am Anschlussknotenpunkt und zwei an FGÜ auf der Strecke.

An Mittelinseln haben Kfz Vorrang vor querenden Verkehrsteilnehmern. In 3% (Strecke) bzw. 4 % (Anschlussknotenpunkte) der Fälle musste ein Kfz bremsen, da ein Fußgänger den ersten Fahrstreifen querte. Einmal kam es zu einem Beinaheunfall an einer Mittelinsel am Anschlussknotenpunkt. Unter den kontrollierten Interaktionen finden sich auch solche, bei denen das Kfz frühzeitig abbremste und einen Fußgänger queren ließ, nachdem dieser am Fahrbahnrand wartete.

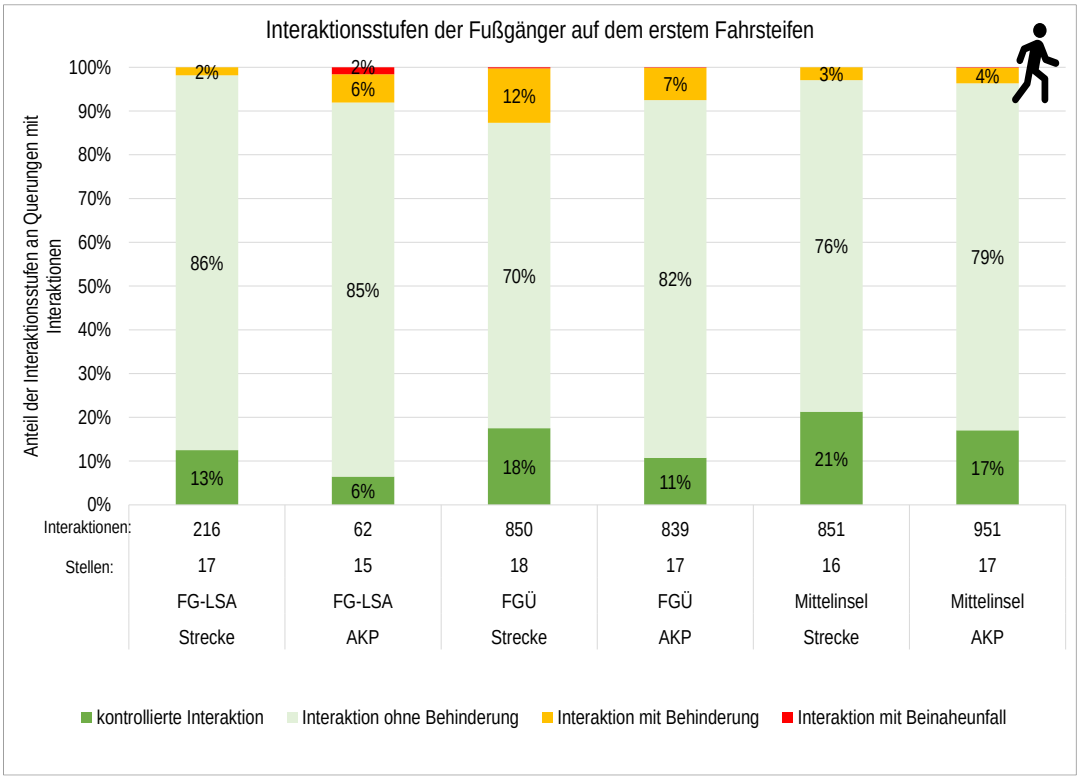


Abbildung 59: Schwere der Interaktionen von querenden Fußgängern auf dem ersten Fahrstreifen

Bei Interaktionen auf dem zweiten Fahrstreifen wurde ein Beinaheunfall an einem FGÜ auf der Strecke festgestellt. Der Anteil der Interaktionen mit Behinderung erhöht sich an FG-LSA an der Strecke im Vergleich zu Interaktionen auf dem ersten Fahrstreifen deutlich, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Anzahl der Interaktionen auf dem zweiten Fahrstreifen deutlich geringer ist als auf dem ersten Fahrstreifen (siehe Abbildung 60 und Abbildung 59). An FGÜ und Mittelinseln an Anschlussknotenpunkten sind Interaktionen auf dem zweiten Fahrstreifen etwas seltener als auf dem ersten Fahrstreifen und bleiben zum größten Teil unkritisch.

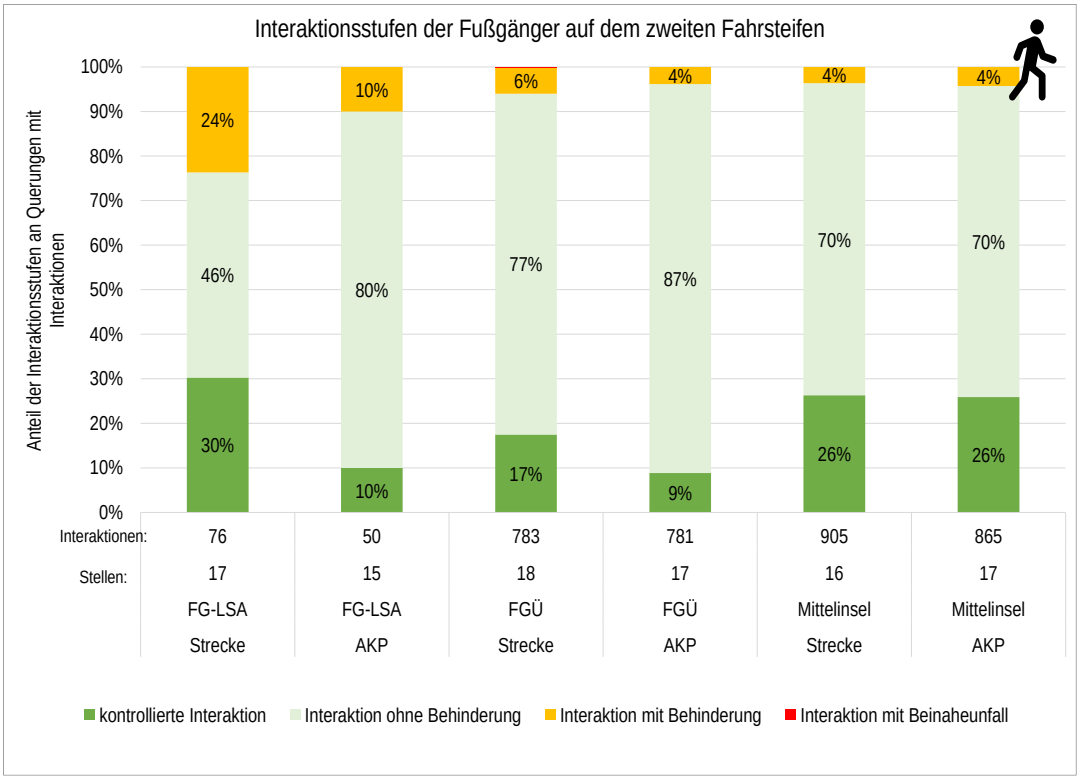


Abbildung 60: Schwere der Interaktionen von querenden Fußgängern auf dem zweiten Fahrstreifen

Die Interaktionen der Radfahrer sind in Einzelfällen kritischer als die der Fuß-gänger. Wie auch bei Fußgängern ist der Großteil der Interaktionen als kon-trolliert oder ohne Behinderung einzustufen (fast 90 % auf dem ersten Fahr-streifen und mehr als 80 % auf dem zweiten Fahrstreifen, siehe Abbildung 61 und Abbildung 62), jedoch treten mehr Interaktionen mit Beinaheunfall auf.

Auffällig ist ein FGÜ an der Strecke, an dem vier Beinaheunfälle mit Radfah-rern bei Querung des ersten Fahrstreifens beobachtet wurden. An dieser Stelle führt ein Geh- und Radweg einer Parkanlage auf die Straße, an der ein Gehweg und Schutzstreifen für den Radverkehr vorliegen, sodass Rad-fahrer und Fußgänger den FGÜ nutzen, um die Parkanlage zu verlassen. Bei den Beinaheunfälle hielten jeweils die Radfahrer und die Kfz-Fahrer an. In zwei von vier Fällen befanden sich beide Beteiligten im Stillstand auf dem markierten FGÜ.

Bei Querung des zweiten Fahrstreifens sind Interaktionen mit Beinaheunfäl-len seltener, jedoch sind die Anteile der Interaktionen mit Behinderung an FGÜ größer (siehe Abbildung 62). Dort mussten Kfz auf der Fahrbahn an-halten oder zumindest die Geschwindigkeit reduzieren, da Radfahrer den FGÜ nutzten und den Vorrang der Fahrzeuge im Längsverkehr missachte-ten.

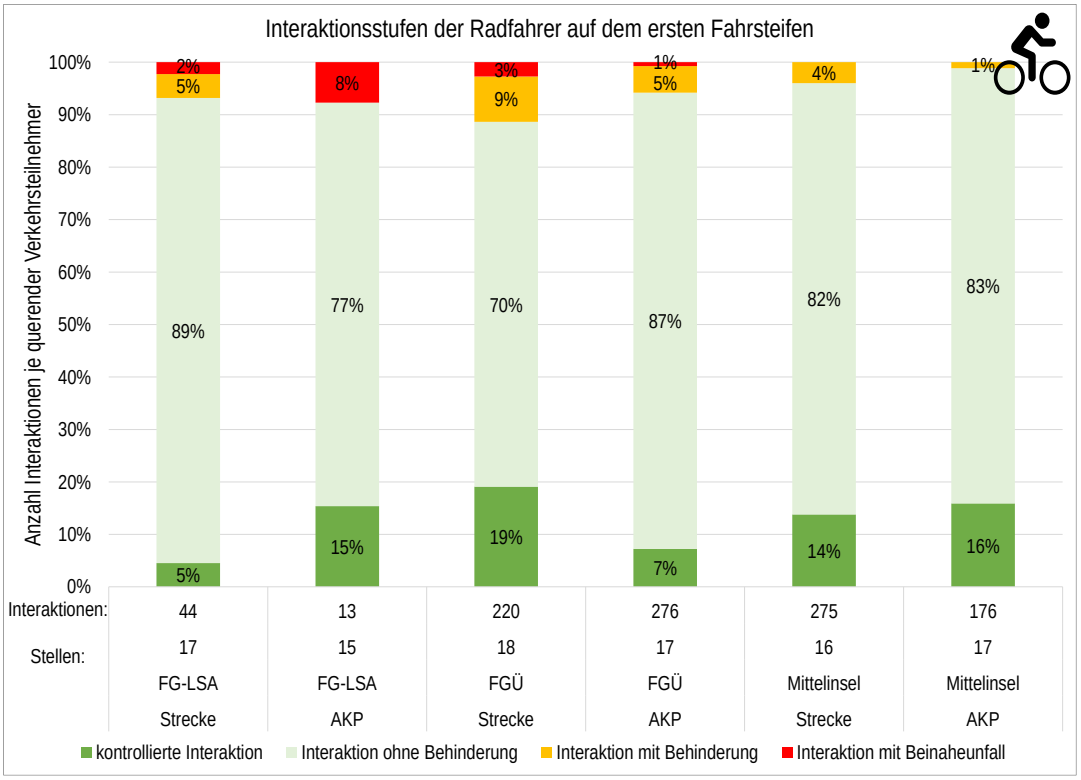


Abbildung 61: Schwere der Interaktionen von querenden Radfahrern auf dem ersten Fahrstreifen

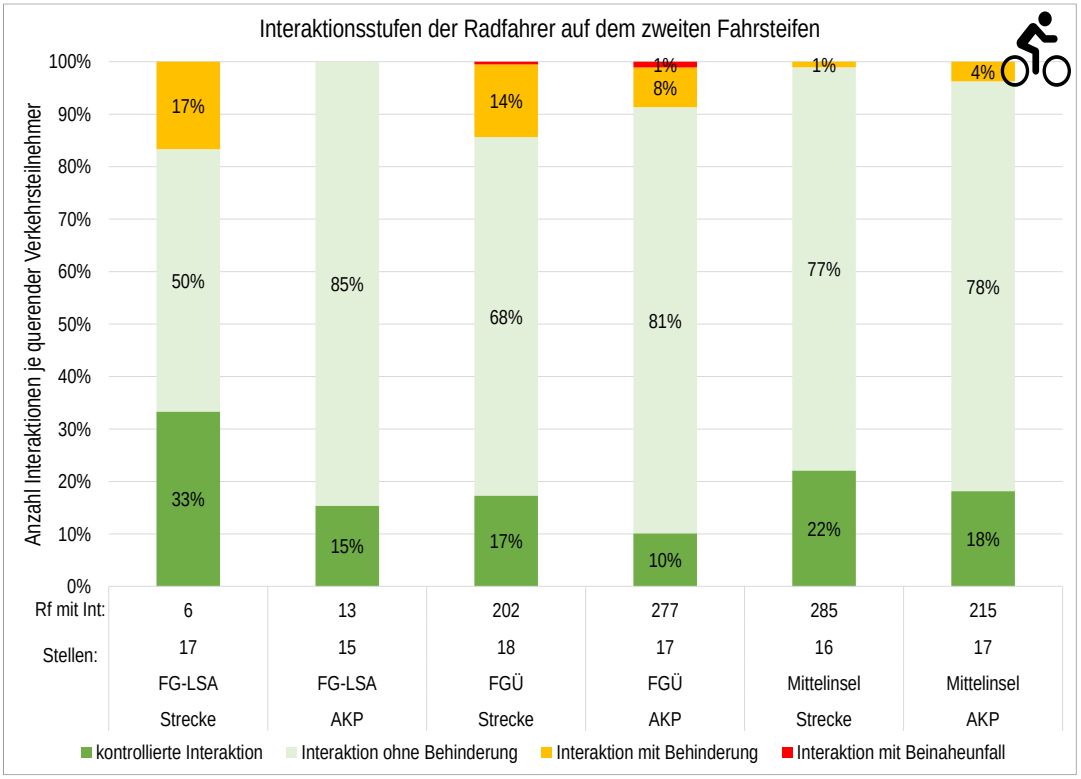


Abbildung 62: Schwere der Interaktionen von querenden *Radfahrern* auf dem zweiten Fahrstreifen

Die Betrachtung der Interaktionen in Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Interaktionsraten an FG-LSA sind deutlich geringer (Faktor 5-7) als an FGÜ oder Mittelinseln. Für die Interpretation muss aber auch berücksichtigt werden, dass Querungen bei grün per se ohne Interaktionen ablaufen und daher hier nicht berücksichtigt wurden. Bei einem ähnlichen Niveau der Unfallkostenraten wie FGÜ bedeutet dies für die restlichen Querungen an FG-LSA, dass das Unfallrisiko je Interaktion deutlich höher im Vergleich zu den FGÜ und den Mitteinseln sowieso ist. Ein regelkonformes Verhalten der querenden Fußgänger ist damit an FG-LSA von einer hohen Bedeutung für die Verkehrssicherheit. Als nicht regelkonform wird hier auch das Queren neben der Furt verstanden. Der Anteil der Unfälle beim Queren neben der Furt ist an FG-LSA doppelt so hoch im Vergleich zu den Anteilen an FGÜ und Mittelinseln.
- FGÜ weisen die meisten Interaktionen mit Behinderungen oder Beinaheunfällen auf[17]. Das schließt sowohl Fußgänger als auch (den nicht bevorrechtigen) Radverkehr ein. Gleichzeitig weisen FGÜ auch mit die höchsten Unfallkostenraten bezogen auf den Fußgängerquerverkehr auf, wobei für potenzielle Einflussfaktoren wie Verkehrsstärke Kfz, die gefahren Geschwindigkeiten der Kfz aber auch die Erkenn- und Sichtbarkeit der Anlage kein Einfluss nachgewiesen werden konnte. Das führt zur Interpretation, dass die Verkehrsregelung und die Verkehrsabläufe an FGÜ per se ein erhöhtes Konfliktpotenzial für querende Fußgänger aufweisen.
- Mittelinseln zeigen unabhängig davon, ob die Anlage direkt genutzt oder neben der Anlage gequert wird, hohe Interaktionsraten. Die Schwere der Interaktionen ist jedoch gering und auch das Unfallgeschehen unter Berücksichtigung des Fußgängerquerverkehrsaufkommens ist im Vergleich zu FGÜ und FG-LSA unauffällig. Interaktionen weisen also an Mittelinseln im Vergleich zu FGÜ und FG-LSA geringere Risiken für die querenden Fußgänger auf.

Zusammenfassend sind Mittelinseln trotz hoher Interaktionsraten im Vergleich zu den anderen Querungsanlagen unkritisch. Bei FG-LSA weisen Abweichungen vom regelkonformen Verhalten, vor allem das Queren neben

[17]Die Anteile der Interaktionen mit Behinderungen oder Beinaheunfällen an allen Interaktionen sind teilweise an FG-LSA höher, das Kollektiv der Interaktionen jedoch deutlich kleiner und weniger mit dem der FGÜ vergleichbar.

der Anlage zu erhöhten Risiken je Interaktion. Bei FGÜ sind die Verkehrsabläufe und Interaktion per se mit erhöhten Risiken verbunden.

4.4.3 Anhalteverhalten

Für alle Querenden wurde erfasst, ob sie vor dem Queren am Fahrbahnrand angehalten haben. In Kombination damit, ob sie auf dem ersten Fahrstreifen eine Interaktion hatten, lässt sich ermitteln, ob das Anhalten auf andere Verkehrsteilnehmer zurückzuführen ist oder eine präventives Sicherungsverhalten darstellt. In den Auswertungen in Abbildung 63 und Abbildung 64 wurden die Querungsanlagen nicht nach ihrer Lage (Strecke und AKP), sondern nach den vorliegenden Sichtverhältnissen unterschieden. Eine eingeschränkte Sicht bedeutet dabei, dass die Sicht zwischen Fahrzeugen und der Wartefläche der Querungsanlage nicht gewährleistet ist (siehe Kapitel 3.2.1). Für Radfahrern und Fußgänger zeigt sich ein vergleichbares Anhalteverhalten:

- Bei Querungen an FG-LSA, die bei Rot oder neben der FG-LSA stattfinden, wird in mindestens 80% der Fälle am Fahrbahnrand angehalten. Nur sollten (7% der Querungen) ist dies darauf zurückzuführen, dass sich Fahrzeuge auf dem ersten Fahrstreifen in der Nähe der Querungsstelle befinden.
- Querende Verkehrsteilnehme an FGÜ kompensieren häufiger eine eingeschränkte Sicht durch das Anhalten am Fahrbahnrand als an anderen Querungsanlagen.
- An Mittelinseln wird vorrangig dann am Fahrbahnrand vor der Querung gehalten, wenn mit Fahrzeugen im Längsverkehr interagiert wird.

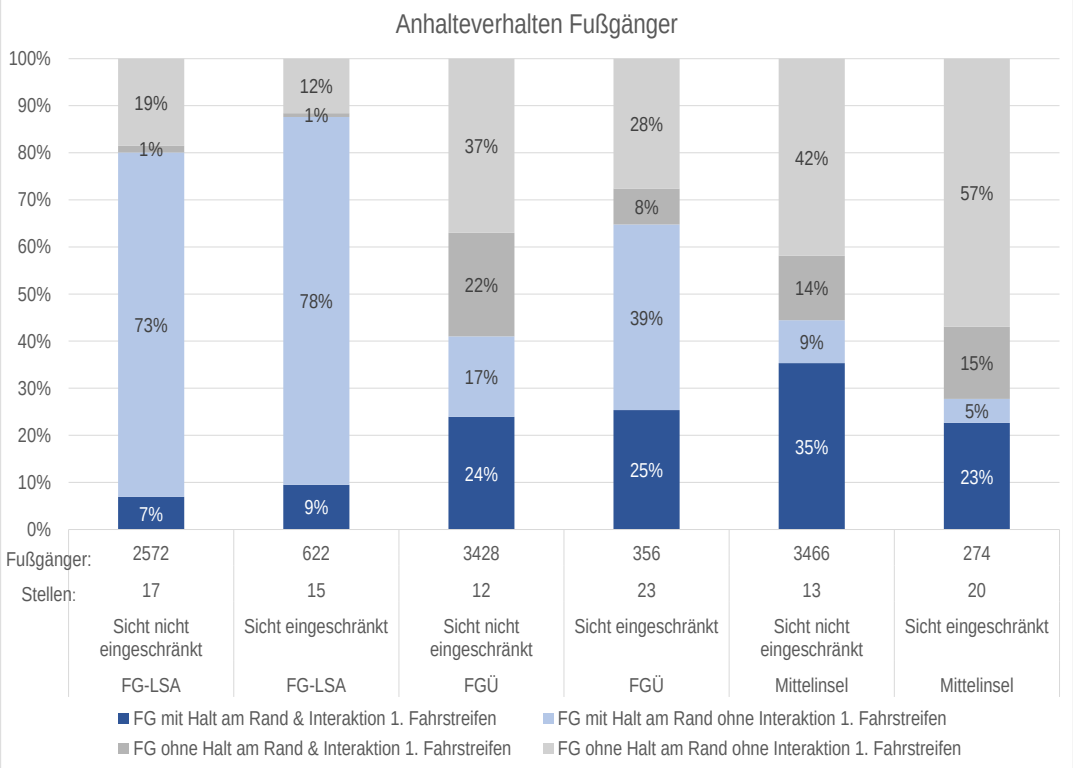


Abbildung 63: Anhalteverhalten von querenden Fußgängern

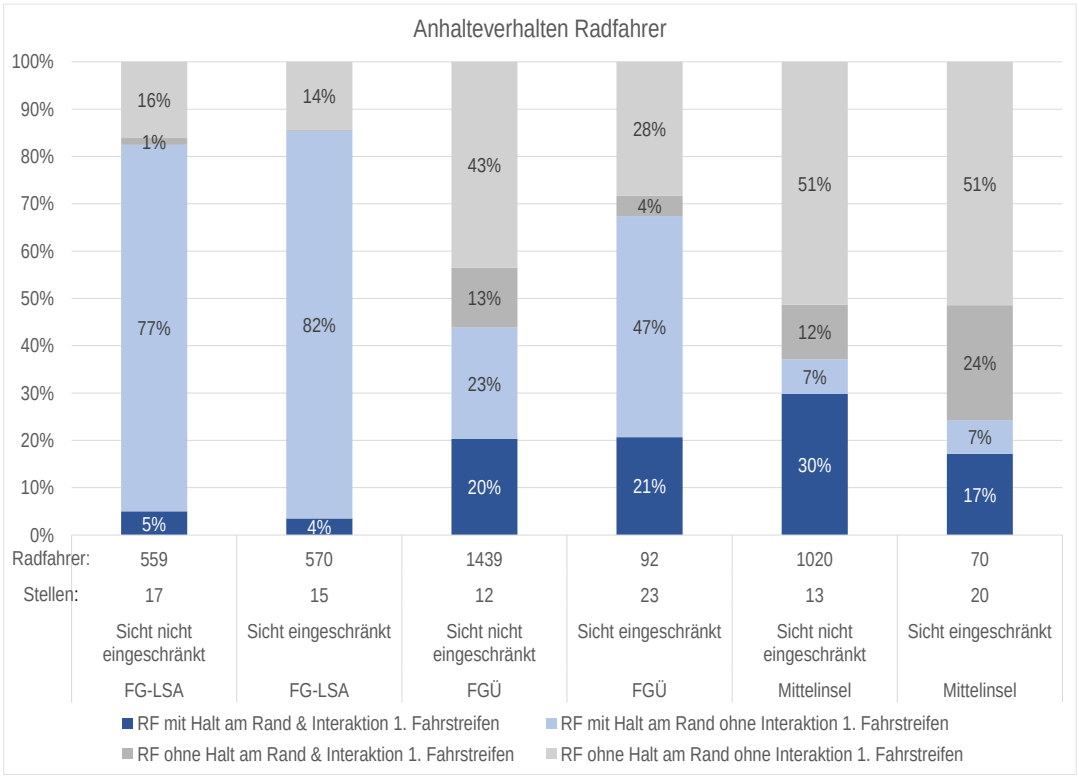


Abbildung 64: Anhalteverhalten von querenden Radfahrern

4.4.4 Fazit Verhaltensanalysen

Die detaillierte Untersuchung des Querungsverhaltens von Fußgängern und Radfahrern wurde an 32 FG-LSA, 35 FGÜ und 33 Mittelinseln durchgeführt. Beim Queren wird nicht nur immer die Querungsanlage direkt genutzt, sondern auch neben der Anlage gequert. Bei Mittelinseln wird im Vergleich zu FG-LSA und FGÜ häufiger neben der Anlage gequert. Radfahrer nutzen im Vergleich zu Fußgängern häufiger die Querungsanlage direkt und weichen am seltensten bei FG-LSA aus.

Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern ereignen sich sehr selten an FG-LSA, wo nur jeder 10. Fußgänger und jeder 14. Radfahrer an einer Interaktion im Laufe der Querung beteiligt ist. An FGÜ und Mittelinseln sind Interaktionen rund siebenmal häufiger. Hinsichtlich des Interaktionsortes gibt es jedoch Unterschiede. An FG-LSA treten Interaktionen von Fußgängern vorrangig neben der Anlage auf. An FGÜ treten sie etwas häufiger auf der Anlage auf. An Mittelinseln verteilen sich die Interaktionen gleichmäßiger. Radfahrer interagieren an FGÜ deutlich häufiger mit anderen Verkehrsteilnehmern, wenn sie die Anlage benutzen, als wenn sie neben der Anlage queren.

Interaktionen im Seitenraum zwischen Querenden und Radfahrern im Längsverkehr sind sehr selten und unkritisch. Das relevante Interaktionsgeschehen konzentriert sich auf die Fahrbahn, wobei Interaktionen auf dem ersten Fahrstreifen leicht häufiger sind als auf dem zweiten Fahrstreifen im Verlauf der Querung. Der Großteil aller Interaktionen (mehr als 80 %) ist als unkritisch einzustufen. Interaktionen mit Behinderung oder Beinaheunfall sind bei Radfahrern auffälliger als bei Fußgängern. Interaktionen an Mittelinseln sind für Radfahrer ähnlich häufig unkritisch wie für Fußgänger. Bei der Nutzung von FGÜ durch Radfahrer zeigen sich hingegen häufiger kritische Interaktionen.

Mittelinseln sind trotz hoher Interaktionsraten im Vergleich zu den anderen Querungsanlagen unkritisch. Bei FG-LSA weisen Abweichungen vom regelkonformen Verhalten, vor allem das Queren neben der Anlage zu erhöhten Risiken je Interaktion. Bei FGÜ sind die Verkehrsabläufe und Interaktion per se mit erhöhten Risiken verbunden.

4.5 Beobachtung besonders schutzbedürftiger Personen

An den neun Erhebungsstellen wurden in den 90 Erhebungsstunden insgesamt 613 Fußgänger beobachtet, darunter 329 Kinder bis 13 Jahre (entspricht 54 %) sowie 284 Senioren ab 65 Jahren (46 %). Die Verteilung der beobachteten Personen auf Kinder und Senioren ist in Abbildung 65 dargestellt, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich bei der Einstufung als Kind oder Senior jeweils nur um die Schätzung des Alters durch das Erhebungspersonal handelt.

An den FG-LSA wurden im Mittel am wenigsten (51 Fußgänger in 10 Stunden), an den Mittelinseln am meisten (84 Fußgänger in 10 Stunden) Fußgänger beobachtet, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich dabei nicht um alle Fußgänger (und auch nicht um alle Kinder oder Senioren) handelt, sondern nur um diejenigen Kinder und Senioren, die aufgrund der Verteilung der Ankünfte vom Erhebungspersonal aufgenommen werden konnten. Bei der Beobachtungsstelle mit den wenigsten aufgenommenen Fußgängern handelt es sich um die FG-LSA Magdeburger Straße (42 Fußgänger in 10 Stunden), bei der Beobachtungsstelle mit den meisten aufgenommenen Fußgängern um den FGÜ Kipsdorfer Straße (115 Fußgänger in 10 Stunden).

Über alle Beobachtungsstellen aggregiert verteilen sich die beobachteten Fußgänger in etwa gleich auf Kinder und Senioren, wobei der Anteil der Kinder bei den FGÜ etwas höher, bei den FG-LSA etwas niedriger liegt. Die Geschlechterverteilung schwankt zwischen 40 % und 60 % Männer bzw. Frauen, einzig an der FG-LSA Tittmannstraße ist der der Anteil der Frauen mit 65 % deutlich größer als der Anteil der Männer.

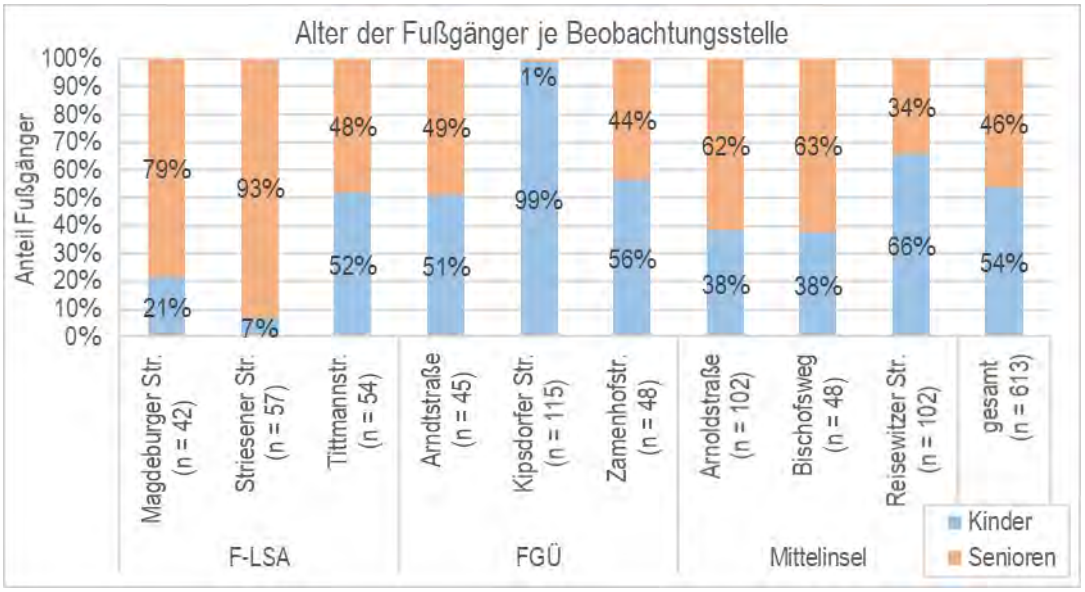


Abbildung 65: Alter der beobachteten Fußgänger je Beobachtungsstelle

4.5.1 Verhalten und Ablauf der Querungen

Der geringste Anteil an Querungen ohne Halt wurde an FG-LSA beobachtet (10 % bei Berücksichtigung von Querungen bei Grün und Rot), wobei der Anteil bei den Senioren deutlich höher lag (siehe Tabelle 18). Rund die Hälfte dieser Querungen ohne Halt an LSA war auf Rotlichtverstöße zurückzuführen, die ausschließlich von Senioren begangen wurden, was den höheren Anteil an Querungen ohne Halt zum Teil er-klärt.

An FGÜ querte die Mehrheit der Verkehrsteilnehmer (meist ohne sich näherndes Kfz) ohne Halt, wobei der Anteil bei den Kindern deutlich höher lag.

Offensichtlich sind Senioren an FGÜ vorsichtiger als Kinder und bleiben eher am Fahrbahnrand stehen, auch wenn dies – da sich kein Fahrzeug nähert oder das Fahrzeug bereits hält – nicht notwendig ist. An Mittelinseln unterscheiden sich die Anteile der Querungen ohne Halt zwischen Kinder und Senioren kaum.

Tabelle 18: Anteile der Querungen ohne Halt

	Anteile der Querungen ohne Halt		
	Kinder	**Senioren**	**Gesamt**
FG-LSA	2 % (n = 41)	11 % (n = 112)	10 % (n = 153)
FGÜ	79 % (n = 164)	49 % (n = 44)	72 % (n = 208)
Mittelinsel	39 % (n = 124)	40 % (n = 128)	41 % (n = 252)
gesamt	40 % (n = 329)	31 % (n = 284)	41 % (n = 613)

Die mittlere Wartezeit der Fußgänger am Fahrbahnrand lag an FGÜ bei 1,3 s, an Mittelinseln bei 4,5 s (siehe Abbildung 66). Einzig bei FG-LSA traten mit im Mittel 10,6 s etwas höhere Wartezeiten auf. An FGÜ und Mittelinseln konnten viele Fußgänger ohne Wartezeit queren (s. o.), die Mehrheit der anderen Fußgänger hatte Wartezeiten von weniger als 5 s. Wie aufgrund der verkehrstechnisch notwendigen Übergangs- und Zwischenzeit (Anforderung durch den Fußgänger über Sperrung des Fahrbahnverkehrs bis zur Freigabe des Querverkehrs) zu erwarten, betrug an FG-LSA die Wartezeit für die Mehrheit der Verkehrsteilnehmer mindestens 5 s, 13 % warteten über 20 s.

An FG-LSA unterscheiden sich die mittleren Wartezeiten zwischen Kindern und Senioren trotz des höheren Anteils an Querungen ohne Halt und Querungen bei Rot bei den Senioren kaum, der Median der Wartezeiten liegt bei den Kindern etwas niedriger. Dass an FGÜ Senioren im Mittel länger warten als Kinder, ist darauf zurückzuführen, dass im Untersuchungskollektiv bei Senioren an FGÜ häufiger zugleich Kfz eintrafen. An Mittelinseln sind Mittelwert und Verteilung der Wartezeiten von Kindern und Senioren ähnlich, sowohl bei Betrachtung aller Querungen als auch bei unbeeinflussten Querungen (ohne Fahrzeug in der Nähe).

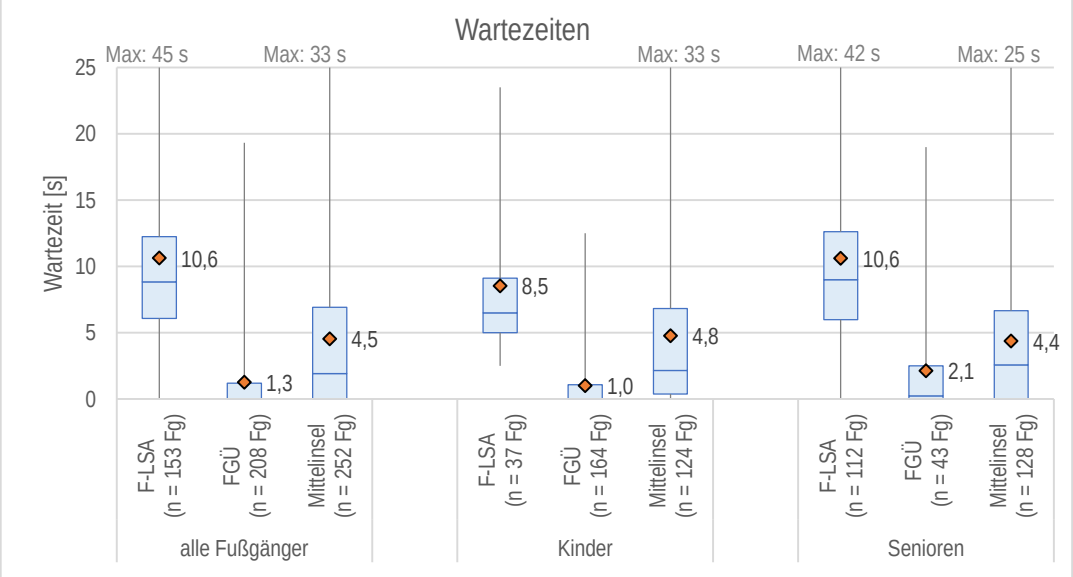


Abbildung 66: Wartezeiten aller querenden Fußgänger

Querungen durch Rückstau traten nur an der Mittelinsel Reisewitzer Straße auf, dort querten drei Personen direkt an der Mittelinsel durch einen Rückstau (zwei auf dem ersten zu querenden, eine auf dem zweiten zu querenden Fahrstreifen). Bei zwei dieser Querungen kam es während der Querung zur Auflösung des Rückstaus, wobei es nicht zu kritischen Situationen kam und die Kfz die Fußgänger passieren ließen.

4.5.2 Sicherungsverhalten

Aufgenommen wurden die Kopfbewegungen der querenden Personen, differenziert nach Sicherungsverhalten auf dem Weg zur Querungsstelle, direkt vor der Querung (am Fahrbahnrand) sowie während der Querung. Das Verhalten auf Mittelinseln wird der Kategorie „während der Querung“ zugeordnet. Da viele Verkehrsteilnehmer individuelles Sicherungsverhalten mit mehrfacher Absicherung (bspw. mehrfacher Blick nach links und rechts) zeigten, wird das Sicherungsverhalten für die Abschnitte im Vorlauf, vor und während der Querung zu folgenden Kategorien zusammengefasst:

- Kein (sichtbares) Sicherungsverhalten
- Blick (nur) nach links
- Blick (nur) nach rechts
- Blicke nach links und rechts
- Unspezifisches Verhalten oder keine Möglichkeit der Aufnahme des Verhaltens (bspw. bei fehlender Erkennbarkeit des Verhaltens oder bei Personen, die bereits länger im Seitenraum stehen und daher eine dezidierte Abgrenzung von Aufenthalt und Querung nicht möglich ist)

Im Vorlauf der Querung erfolgt bei der Mittelinsel am häufigsten, bei der FG-LSA am seltensten ein Sicherungsverhalten (siehe Abbildung 67) Dabei zeigt sich ein an die jeweilige Situation angepasstes Sicherungsverhalten: Bei FGÜ und Mittelinseln wird direkt vor der Querung nur von wenigen Personen nicht gesichert (9 % bei FGÜ, 8 % bei Mittelinseln). Bei Mittelinseln sichern über die Hälfte aller Personen direkt vor der Querung nur nach links, realisieren das Sicherungsverhalten für die zweite Hälfte der Querung also erst auf der Mittelinsel. Entsprechend niedrig ist mit knapp 6 % der Anteil der Fußgänger, die während der Querung gar nicht sichern (im Vergleich zu 42 % bei FGÜ sowie 62 % bei FG-LSA). Der Anteil der Fußgänger, die auf der Mittelinsel nur nach rechts sichern liegt bei fast zwei Dritteln.

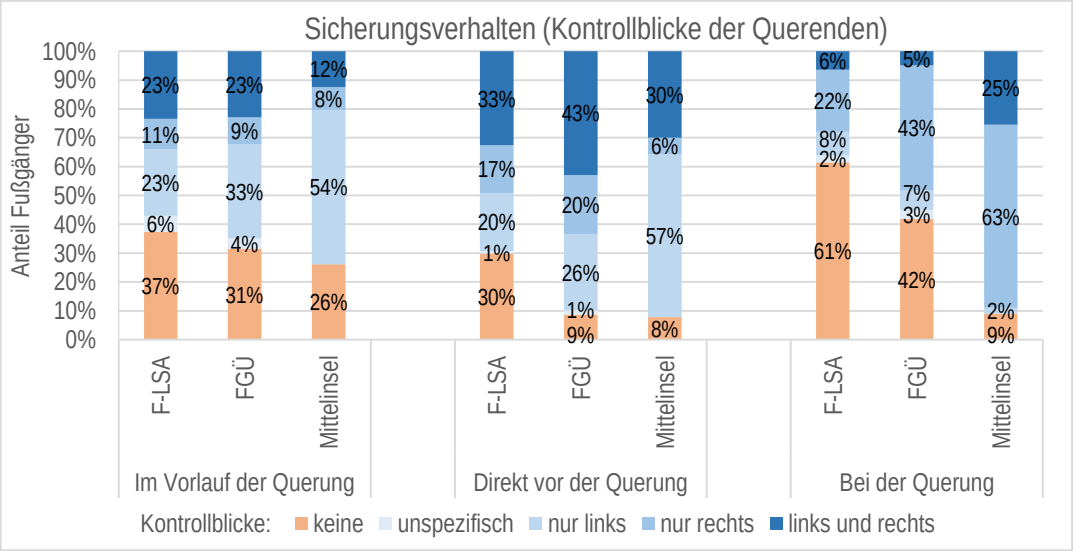


Abbildung 67: Sicherungsverhalten querender Fußgänger

Im Vorlauf der Querung sichern Kinder an FG-LSA und Mittelinseln seltener, an FGÜ ähnlich oft ab wie Senioren (siehe Abbildung 68 und Abbildung 69). Senioren queren deutlich seltener als Kinder ohne erkennbares Sicherungsverhalten am Fahrbahnrand sowie auf der Mittelinsel, also an den Stellen, an denen direkt darauf der Konfliktpunkt mit dem Fahrbahnverkehr folgt. Der Unterschied zum Verhalten von Kindern ist an allen drei Arten von Querungshilfen groß: So liegt der Anteil der Senioren, der direkt vor der Querung an einem FGÜ oder einer Mittelinsel kein Sicherungsverhalten erkennen lässt, bei 2 % bzw. 1 %, bei Kindern dagegen bei 9 % (FGÜ) bzw. 14 % (Mittelinsel). Während der Querung ist das Verhältnis an Mittelinseln ähnlich (3 % ohne Absicherung bei den Senioren, 15 % bei den Kindern). Senioren sichern bei FGÜ und Mittelinseln etwas häufiger als Kinder bereits am Fahrbahnrand in beide Richtungen ab. Auch auf der Mittelinsel blicken Senioren etwas häufiger in beide Richtungen, obwohl nur noch aus einer Richtung bevorrechtige Fahrzeuge kommen können. Zudem sichern Senioren an

FG-LSA deutlich häufiger ab, was einerseits auf ein geringeres Vertrauen in das regelkonforme Verhalten der Fahrzeugführer, andererseits auch auf die höhere Bereitschaft zur Querung bei Rot zurückgeführt werden könnte (etwas mehr als ein Fünftel aller Senioren querte bei Rot, bei Kindern wurde keine Querung bei Rot beobachtet).

Wird das Sicherungsverhalten vor Erreichen der Querungsstelle und am Fahrbahnrand aggregiert (siehe Abbildung 68 und Abbildung 69), zeigen an Mittelinseln 11 % der Kinder keinerlei (sichtbares) Sicherungsverhalten. Bei den Senioren sichern alle Personen vor der Querung ab. An FGÜ liegt der Anteil der Kinder ohne erkennbares Sicherungsverhalten mit 3 % geringer als an Mittelinseln. Auch bei den Senioren sichern an FGÜ 3 % der beobachteten Personen vor dem Betreten der Fahrbahn nicht ab.

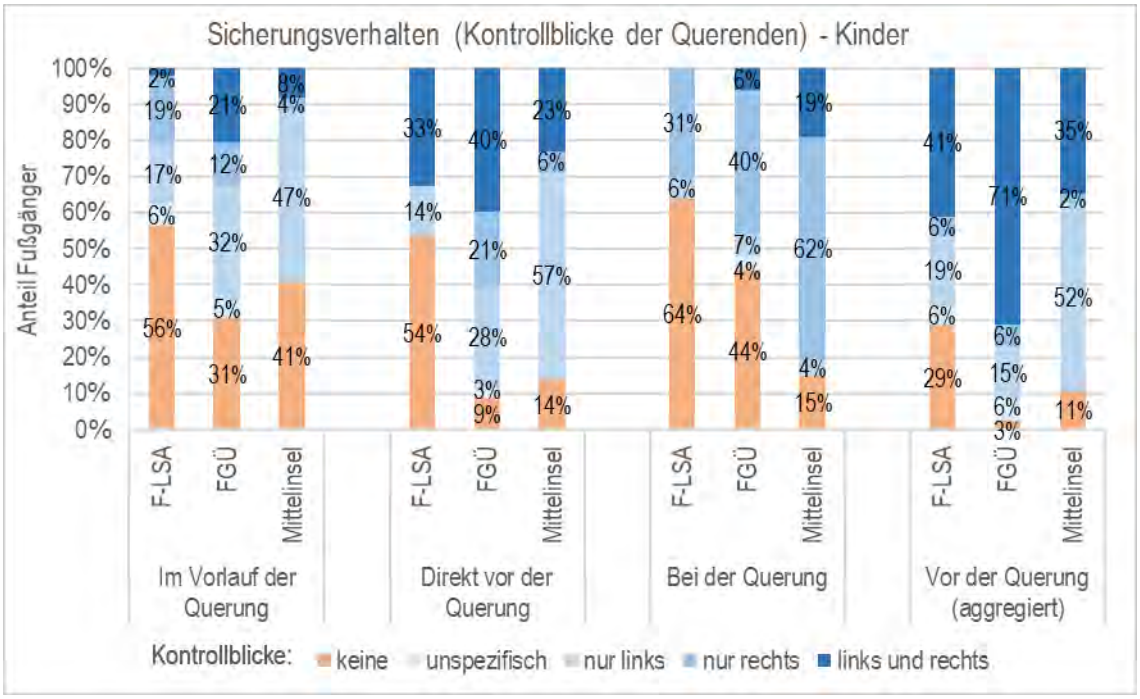


Abbildung 68: Sicherungsverhalten querender Kinder

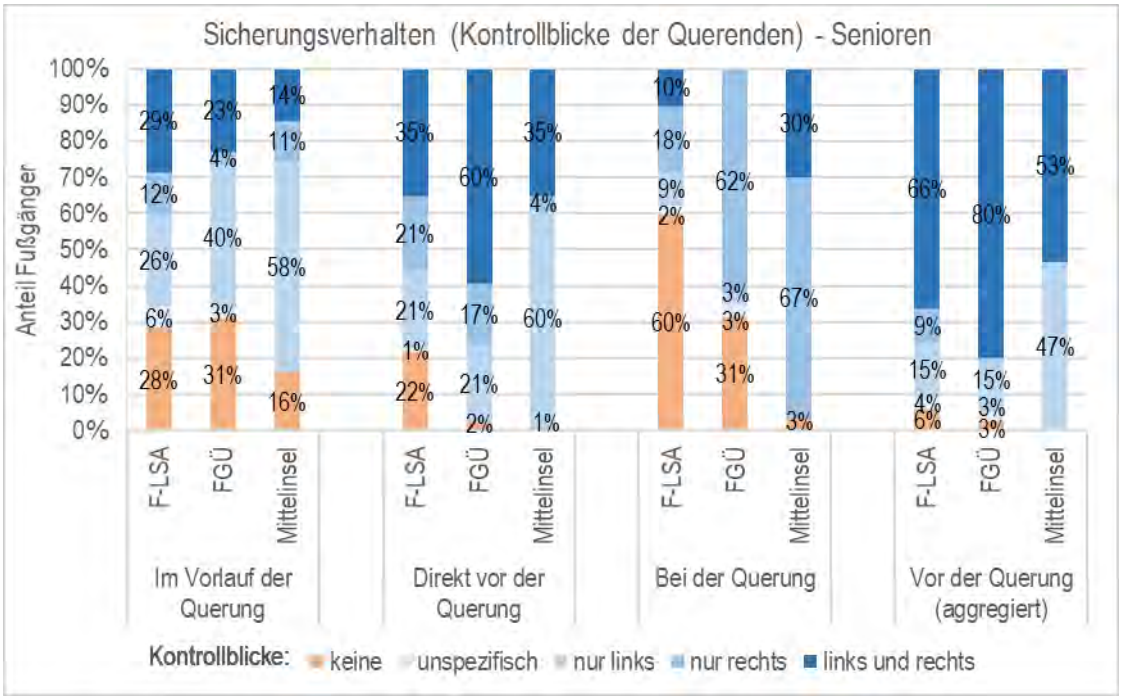


Abbildung 69: Sicherungsverhalten querender Senioren

Diese Ergebnisse ändern sich bzgl. der Verhältnisse zwischen Senioren und Kindern auch nicht, wenn Personen ausgeschlossen werden, die in Begleitung anderer Personen unterwegs sind. Ebenfalls ergeben sich bei Differenzierung der Querungsvorgänge danach, ob ein (haltendes oder nicht haltendes) Kfz die Querungsstelle zeitgleich mit dem Querenden erreicht bzw. passiert, nur minimale Unterschiede: die Anwesenheit bzw. nicht-Anwesenheit von Kfz beeinflusst das (sichtbare) Sicherungsverhalten nicht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Senioren ein ausgeprägteres Sicherungsverhalten zeigen als Kinder. Dass Kinder an FGÜ aufgrund des Vertrauens in die Befolgung der Anhaltepflicht der Kfz seltener am Fahrbahnrand sichern als an Mittelinseln, bestätigt sich dagegen nicht: Sowohl bzgl. des vollständigen Verzichts auf eine Sicherung als auch bzgl. der Sicherung in beide Fahrtrichtungen schneiden FGÜ bei Kindern besser ab als Mittelinseln.

4.5.3 Verhalten der Kfz-Führer

Erreicht ein Fußgänger die Querungsanlage, besteht bei FGÜ für Fahrzeugführer auf der Fahrbahn die Pflicht, ein Queren zu ermöglichen. Bei FG-LSA und Mittelinseln besteht diese Pflicht nicht. Bei Mittelinseln besteht jedoch die Möglichkeit, dass Fahrzeugführer wartenden Fußgängern dennoch Vortritt gewähren.

Bei den beobachteten Querungen an den FG-LSA (n = 153) wurde ein Rotlichtverstoß eines Fahrzeugführers beobachtet: Ein Taxifahrer beschleunigte

beim Aufleuchten des Gelblichts und überquerte die Anlage deutlich bei Rot. Weitere Rotlichtverstöße waren nicht zu beobachten, wobei zu berücksichtigen ist, dass aufgrund der Beobachtung direkt vor Ort (statt mit Videos etc.) Rotlichtverstöße auch nur dann zuverlässig festgestellt werden können, wenn sie deutlich nach dem Aufleuchten des Rotlichts erfolgen.

Tabelle 19: Häufigkeit und Verhalten von Kfz bei Querungen

	Fahr-streifen	Bei Ankunft der Fußgänger		Verhalten der Kfz bei Ankunft		
		kein Kfz	Kfz	Davon		
				1. Kfz. hält	1. Kfz. hält nicht	Weitere Fahrzeuge
FG-LSA (n = 153 Fg)	1. FS	52 %	48 %	100 %	0 %	–
	2. FS	48 %	52 %	99 % *	1 % *	_
FGÜ (n = 208 Fg)	1. FS	75 %	25 %	81 %	19 %	Dem nicht haltenden Kfz folgen fünf weitere Kfz, davon halten vier nicht
	2. FS	70 %	30 %	78 %	22 %	
Mittelinsel (n = 252)	1. FS	67 %	33 %	6 %	94 %	Von den weiteren 33 Kfz halten 4
	2. FS	71 %	29 %	13 %	87 %	Von den weiteren 31 Kfz halten 2

* 1 Rotlichtverstoß Kfz

An FGÜ (n = 208) war die gleichzeitige Ankunft von Fußgänger und Kfz deutlich seltener: Nur bei 25 % (erster Fahrstreifen) bzw. 30 % (zweiter Fahrstreifen) der Querungen näherte sich ein Kfz. Dabei beachteten auf dem ersten und auf dem zweiten zu querenden Fahrstreifen im Mittel 81 % bzw. 78 % der zuerst ankommenden Kfz-Führer die Pflicht zum Anhalten, 19 % bzw. 22 % fuhren trotz wartendem Fußgänger weiter. Von den fünf Kfz-Führern, die einem ersten, nicht haltenden Kfz-Führer direkt folgten, hielten vier ebenfalls nicht an.

Etwas häufiger als an FGÜ, aber ebenfalls deutlich seltener als an FG-LSA trafen an Mittelinseln (n = 252) Fußgänger und Kfz gleichzeitig ein: Bei Querungen näherte sich bei 33 % auf dem ersten, bei 29 % auf dem zweiten Fahrstreifen ein Kfz. Auf dem ersten Fahrstreifen hielten 6 % der zuerst ankommenden Kfz an und ließen den Fußgänger passieren (n = 76), auf dem zweiten Fahrstreifen – also bei auf der Mittelinsel wartendem Fußgänger – lag der Anteil mit 13 % deutlich höher (n = 73). Sofern das erste Fahrzeug nicht anhielt und sich danach noch ein zweites Fahrzeug näherte, so hielten von diesen beim ersten Fahrstreifen 4 von 33 Kfz, beim zweiten Fahrstreifen

2 von 31 Kfz an. Insgesamt hielt bei 14 % der querenden Fußgänger, bei denen sich ein oder mehrere Kfz näherten, mindesten ein Kfz an.

Der Anteil der nicht haltenden Fahrzeuge lag an FGÜ bei Senioren mehr als dreimal so hoch wie bei Kindern. Bei Mittelinseln war der Unterschied zwar etwas geringer, dennoch lag die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kfz-Führer einem Querenden den Vortritt zugesteht, bei Kindern mehr als doppelt so hoch als bei Senioren. Offensichtlich verhalten sich die Kfz-Führer gegenüber Kindern entsprechend vorsichtiger.

4.5.4 Begleitung

Im Mittel über alle Beobachtungsstellen waren 31 % der Kinder in Begleitung anderer Personen, wobei sich dieser Wert zwischen den Anlagentypen nur leicht unterscheidet. In den meisten Fällen handelte es sich bei den begleitenden Personen um Erwachsene. Bei den Senioren lag der Anteil der Personen, die in Begleitung anderer Personen unterwegs waren, mit im Mittel 18 % deutlich niedriger, bei wiederum nur geringem Unterschied zwischen den Anlagentypen.

Vergleiche des Verhaltens von Personen mit und ohne Begleitung sind angesichts der geringen Fallzahlen mit Vorsicht zu betrachten. Tendenziell sichern Senioren in Begleitung anderer Personen häufiger in beide Richtungen ab, für Kinder gilt dies nur für das Sicherungsverhalten direkt vor der Querung. Der Anteil der Personen ohne Sicherungsverhalten vor und bei der Querung ist sowohl bei Kindern als auch bei Senioren mit und ohne Begleitung ähnlich.

4.5.5 Interaktionen

Interaktionen wurden einschließlich deren Schwere, differenziert nach „ohne Behinderung“, “mit Behinderung“ und “mit Gefährdung“, erhoben. Als Interaktionen wurde gewertet, wenn die Reaktion von Fahrzeugführern auf Fußgänger und umgekehrt über das normale Verkehrsverhalten (bspw.: Kfz hält an FGÜ und lässt Fußgänger passieren; Kfz hält an Mittelinsel, ohne dass dies durch da Verhalten des Fußgängers notwendig ist) hinausgingen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Bewertung live vor Ort erfolgte, die Bewertung also ohne (wie bei Videoaufnahmen üblich) wiederholtes Analysieren der Situation durchgeführt werden musste.

Bei 613 beobachteten Fußgängern wurden 156 Situationen als Interaktion eingestuft, davon 23 in die Stufe „mit Behinderung“. Zu den Interaktionen mit Behinderung gehörten:

- Die Querung von drei Fußgängern an Mittelinseln sowie in einem Fall an einer FG-LSA bei Rot, die sich nähernde Fahrzeugführer zum

Abbremsen veranlassten, wobei die Fahrzeugführer rechtzeitig und z. T. prophylaktisch reagierten, ohne dass eine unmittelbare Kollisionsgefahr bestand;

- Zwei Fußgänger brechen an FGÜ bereits begonnene Querungen ab, da sie sich bzgl. des Verhaltens sich nähernder Fahrzeugführer unsicher waren.
- Zwölf Fußgänger mussten an FGÜ vor der Querung am Fahrbahnrand halten, da Kfz die Anhaltepflicht missachteten.
- Drei Fußgänger brachen an Mittelinseln bereits begonnene Querungen ab, da sie sich bzgl. des Verhaltens sich nähernder Fahrzeugführer unsicher waren bzw. die Zeitlücken ggf. als zu klein einschätzten.
- An einer FG-LSA reichten Freigabe- und Räumzeit bei einer Seniorin nicht zur Querung aus, so dass wartende Kfz trotz bereits erfolgter Freigabe nicht anfahren konnten.
- In einem Fall an einer FG-LSA hielt ein bei Rot aus einer Nebenstraße einbiegender Radfahrer erst so spät an, dass ein bei Grün querender Senior die Querung zunächst abbrach und erst nach Anhalten des Radfahrers fortsetzte.

Keine Querung führte zu einer kritischen Situation, die in die Kategorie „mit Gefährdung“ einzuordnen war.

Insgesamt wurde elfmal eine explizit abgebrochene Querung beobachtet, darunter drei Kinder und acht Senioren. Drei dieser abgebrochenen Querungen waren auf Querungsversuche im Umfeld von FG-LSA zurückzuführen, bei denen die Personen anschließend dann doch die FG-LSA nutzten. Sechs Fälle entfielen auf beabsichtige Rotlichtverstöße, bei denen die Querenden aufgrund sich nähernder Fahrzeuge oder verspäteter Wahrnehmung des Rotlichts die Querung abbrachen. An FGÜ wurde keine Querung abgebrochen, an einer Mittelinsel brachen zwei Fußgänger eine begonnene Querung aufgrund sich nähernder Kfz ab.

Die Interaktionen ohne Behinderung oder Gefährdung sind kontrollierte Interaktionen wie z.B. Fußgänger, die an Mittelinseln Kfz abwarten und dann queren, oder Kfz, die Fußgängern an Mittelinseln den Vortritt gewähren (siehe Kapitel 3.4.2.3)

Die Interaktionsbetrachtung zeigt, dass auch bei Querungen von Kindern und Senioren nur wenige Interaktionen mit Behinderung oder gar Gefährdung auftreten. Der überwiegende Teil der Interkationen mit Behinderungen ließ ein aufmerksames Verhalten der Fußgänger erkennen, sodass die frühzeitig ihr Verhalten anpassten und dem Entstehen kritischer Situationen

entgegenwirken konnten. Die Missachtung der Anhaltepflicht an FGÜ führte auf Grund des vorsichtigen Verhaltens der Fußgänger nicht zu gefährlichen Situationen.

4.5.6 Nutzung von Handy und Hilfsmitteln

24 Personen (ausschließlich Kinder, entspricht einer Quote von 7,3 %) nutzen ein Handy (Telefonieren oder auf das Handy schauen) während der Querung, die Hälfte davon am FGÜ Kipsdorfer Straße. Fünf der Kinder befanden sich in Begleitung Erwachsener. Sieben der Handynutzer mussten am Rand oder in der Mitte der Fahrbahn anhalten. Konflikte oder Interaktionen, die über das normale Verkehrsverhalten (Anhalten von Kfz am FGÜ) hinausgingen, waren nicht zu beobachten. Die meisten der Handynutzer zeigten trotz Handynutzung Sicherungsverhalten, i.d.R. direkt vor der Querung, nur vereinzelt bereits im Vorlauf der Querung. Nur bei zwei Kindern, die ein Handy nutzten, – davon eines in Begleitung Erwachsener – war kein Sicherungsverhalten sichtbar. Bei dem Kind mit Handynutzung und ohne sichtbares Sicherungsverhalten stand auf dem zweiten zu querenden Fahrstreifen bereits bei Ankunft ein Kfz, das auch die Querung dieses Kindes abwartete.

Es wurde nur ein Kinderwagen beobachtet, dieser wurde von einer etwa 70-jährigen Seniorin geschoben. Diese Fußgängerin zeigte ein normales Sicherungsverhalten (Sicherung im Vorlauf, direkt vor und während der Querung).

Über alle Zählstellen aggregiert wurden vier Personen mit Rollstuhl, 15 Personen mit Rollator sowie 15 Personen mit Gehstöcken oder Krücken beobachtet, wobei deren Querungen fast alle auf Mittelinseln (15 Querungen) und FG-LSA (17 Querungen) entfielen. Häufiger als andere Personen sicherten Fußgänger mit Hilfsmittel an Mittelinseln vor Beginn der Querung nur mit einem Blick nach links, der Blick nach rechts folgte jeweils erst während der Querung bzw. auf der Mittelinsel. Womöglich sind mobilitätseingeschränkte Personen häufiger mit Beobachtung von zwei Fahrtrichtungen auf einmal überfordert und teilen die Querung deshalb bzgl. der Sicherung in Etappen auf. Die einzige Interaktion zwischen dem Fahrbahnverkehr und querenden Personen mit Hilfsmittel ereignete sich an der Mittelinsel Arnoldstraße, als eine etwa 75- bis 79-jährige Seniorin ihren Rollator trotz nahendem Kfz auf die Fahrbahn schob und daraufhin ihre Querung abbrechen bzw. unterbrechen musste, wobei das Kfz prophylaktisch abbremste.

4.5.7 Fazit Erhebung schutzbedürftiger Personen

Bei der Erhebung des Verhaltens von Kindern und Senioren an FG-LSA, FGÜ und Mittelinseln zeigte sich, dass die mittlere Wartezeit an FG-LSA am höchsten ist. Rotlichtmissachtungen wurden nur bei Senioren beobachtet, Kinder querten nicht bei Rot.

An FGÜ halten Senioren häufiger vor der Querung am Rand an als Kinder unabhängig davon, ob ein Fahrzeug kommt oder nicht. 80% der Kinder queren ohne Halt am Fahrbahnrand an FGÜ. Im Verlauf der gesamten Querung sichern sowohl fast alle Kinder als auch Senioren an FGÜ und Mittelinseln mindestens in eine Richtung ab. An FG-LSA konnte seltener eine sichtbare Absicherung (durch Kopfbewegung) beobachtet werden.

Rund 20% der Fahrzeuge missachten gegenüber den beobachteten Fußgängern die Anhaltepflicht an FGÜ. Gegenüber Senioren wird dabei die Anhaltepflicht mehr als dreimal so häufig missachtet als gegenüber Kindern. An Mittelinseln wird querenden Kindern im Vergleich zu Senioren mehr als doppelt so häufig der Vortritt gewährt.

4.6 Prüfung der Einsatzgrenzen der Querungsanlagen

Anhand der erhobenen Verkehrsmengen kann für die Stichprobe der 100 Querungsanlagen geprüft werden, ob gemäß der RASt (FGSV 2006) eine geeignete Querungsanlage vorliegt. Dafür wurde das bestehende Diagramm (siehe Abbildung 2 in Kapitel 2.1.3.1) in für einen Vergleich geeignete Diagramme überführt, sodass die Ober- und Untergrenzen abgelesen und alle Stellen gemeinsam betrachtet werden können. Da sich die Unter- und Obergrenzen je nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit unterscheiden, werden die Querungsanlagen in Abbildung 70 getrennt für v_{zul} = 50 km/h und 30 km/h betrachtet. Erkennbar ist, dass zum größten Teil die richtige Querungsanlage gewählt wurde, wenn man davon ausgeht, dass Obergrenzen nicht überschritten werden sollten. Nur wenige Stellen überschreiten in Bezug auf die Anzahl der Kfz und der querenden Fußgänger pro Stunde die Grenzwerte. Häufig jedoch werden die Untergrenzen unterschritten. Das Nomogramm deckt die Bereiche unter 50 Fußgängern pro Stunde im Querverkehr nicht ab. Im Bestand gibt es allerdings Anlagen, die unterhalb dieser Grenze angelegt wurden. Teilweise weisen diese auch Unfälle mit Fußgängern auf. In der multikriteriellen Analyse konnte sowohl für das Verkehrsaufkommen der Kfz als auch die Geschwindigkeit (ob zulässig oder gefahren) kein Einfluss auf die Verkehrssicherheit der Anlagen festgestellt werden. Das Querverkehrsaufkommen hingegen hat einen signifikanten Einfluss. Dieser ist abnehmend und wirkt sich stärker auf geringere Verkehrsstärken als auf größere aus. Auch bei weniger als 50 FG/h kann eine Querungsanlage daher notwendig sein, hierzu besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf. Weitere Einsatzgrenzen lassen sich aus den örtlichen Begebenheiten ableiten und beziehen sich auf die Art der Querungshilfe, die Lage am AKP oder der freien Strecke, die Nähe und die Nutzergruppen. Diese werden in Kapitel 5.5 beschrieben.

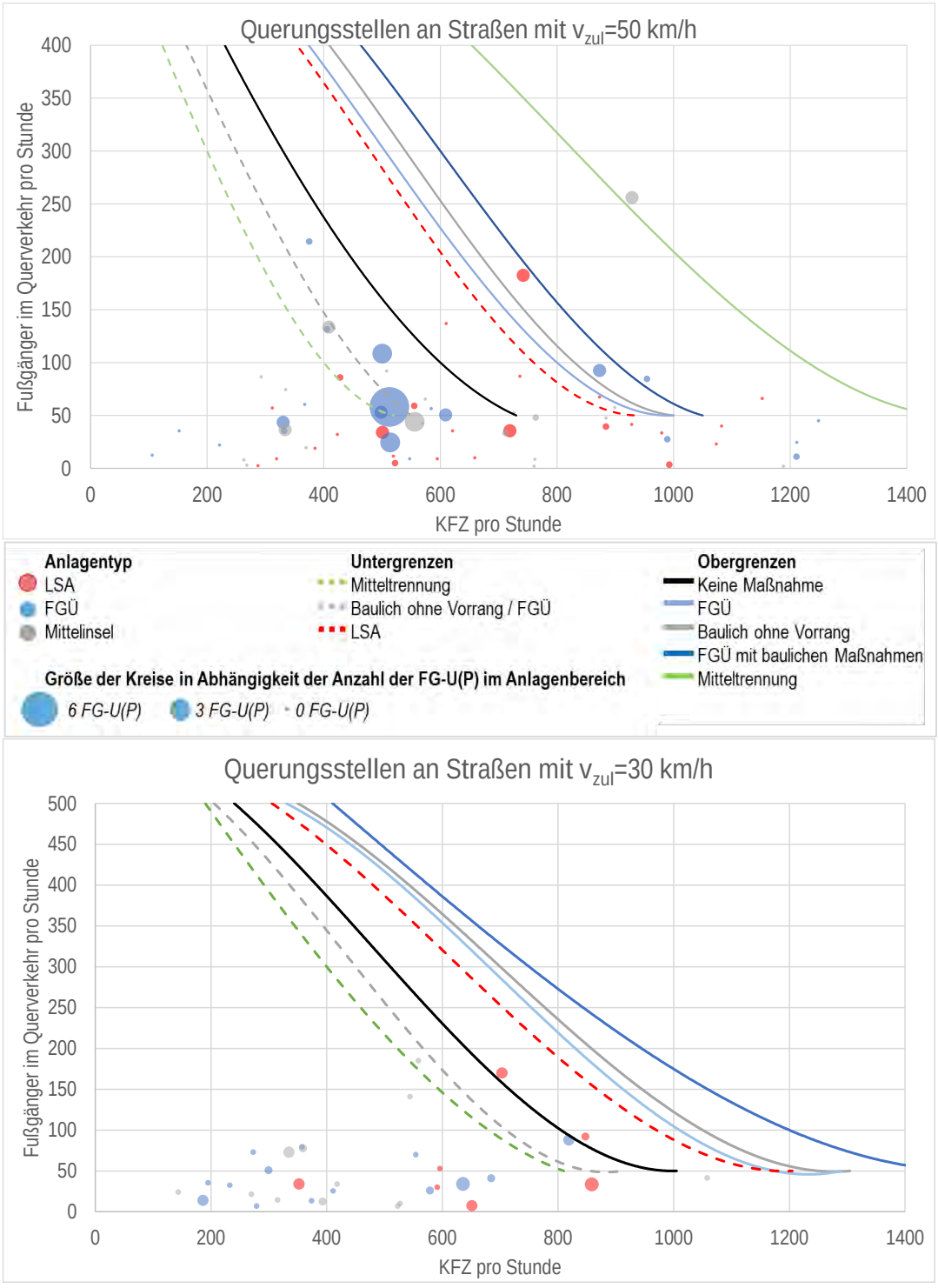


Abbildung 70: Prüfung der Auswahl der Querungsanlagen anhand der Einsatzgrenzen der RASt (FGSV 2006), oben: Querungsanlagen mit v_{zul}=50 km/h, unten: Querungsanlagen mit v_{zul}=30 km/h

5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen für die Praxis

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde die Verkehrssicherheit der Querungshilfen Fußgänger-LSA, FGÜ und Mittelinsel sowie Querungsstellen ohne Querungshilfen vergleichend betrachtet. Dabei wurden unterschiedliche Methoden und Detailtiefen gewählt. Zentral war die Berücksichtigung des Fußgängeraufkommens im Querverkehr. Die vorliegende Untersuchung stellt daher einen Vergleich verschiedener Querungshilfen für den Fußverkehr unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausstattungsmerkmale, des Verkehrsaufkommens und auch der gefahrenen Geschwindigkeiten dar.

Das Ziel der Untersuchung war die Entwicklung von Empfehlungen für die Praxis und möglichen Vorschlägen zur Anpassung der Regelwerke in Bezug auf Einsatzkriterien und Anforderungen von Querungshilfen.

Zur Erreichung des Zieles wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Eine Analyse der nationalen Gesetze, Verordnungen und Regelwerke zum aktuellen Stand der Technik in Bezug auf den Einsatz von Querungsanlagen sowie eine nationale und internationale **Literaturanalyse** zum Verhalten von Querenden und zur Sicherheit der Querungsanlagentypen.
- Eine Analyse des deutschlandweiten Unfallgeschehens von Fußgängern mit Schwerpunkt auf Unfälle bei Querungen. **(Unfallanalyse Stufe 1)**
- Eine Auswahl von 360 Querungsanlagen (FG-LSA, FGÜ, Mittelinseln und Querungsbereiche ohne Querungshilfe) für einen Vergleich der Verkehrssicherheit der unterschiedlichen Anlagentypen und zur Ermittlung von Einflussfaktoren auf die Verkehrssicherheit **(Unfallanalyse Stufe 2)**
- Die Erhebung von Verkehrsstärken des Kfz-, Fuß- und Radverkehrs sowie von gefahrenen Geschwindigkeiten für ein Kollektiv von 100 Querungsanlagen (FG-LSA, FGÜ und Mittelinseln) zur Berücksichtigung der Expositionsgrößen und deren Einfluss auf das Unfallgeschehen. **(Unfallanalyse Stufe 3)**
- Eine **Verhaltensanalyse** von querenden Rad- und Fußgängern mit Schwerpunkt auf Interaktionen mit Fahrzeugen im Längsverkehr.
- Eine **Erhebung** des Querungsverhaltens **schutzbedürftiger Personen**.

Da jede Art der Querungsanlage sowohl Vor- und Nachteile – auch unabhängig von der Verkehrssicherheit – aufweist, werden im Folgenden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte je Querungshilfe zusammengestellt und abschließend Empfehlungen für die Praxis beschrieben.

5.1 Fußgänger-LSA (FG-LSA)

Die Erkenntnisse der einzelnen Arbeitsschritte in Bezug auf die Einsatzbereiche und Verkehrssicherheit von FG-LSA sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Zusammenfassung der Erkenntnisse zur FG-LSA

Methode	Erkenntnisse
Literaturanalyse	• vor allem bei einer Häufung von Unfällen zwischen Kfz und querenden Radfahrern oder Fußgängern sowie bei der Gefährdung regelmäßig querender, besonders schutzbedürftiger Personen empfohlen (RASt) • Unfälle bei Querungen durch Rückstauungen
Unfallanalyse Stufe 1 Kollektiv Deutschland	keine anlagenspezifischen Erkenntnisse
Unfallanalyse Stufe 2 Kollektiv 360	• Zweithöchste Unfallhäufigkeiten/-kostendichten im Anlagenbereich • Fast ein Drittel der verunglückten Fußgänger querten neben der Anlage • Rund die Hälfte (53 %) der Fußgänger, die auf der Furt verunfallten missachteten das Rotlicht. • Höchster Anteil an Auffahrunfällen an allen Unfällen im Vergleich zu den Anlagen • Erhöhter Anteil an Unfällen mit Kindern und Jugendlichen (im Vergleich zu Destatis aber auch zu FGÜ und Mittelinsel) zusammen mit Fehlverhalten (nur selten Rotlichtverstoß) der Fußgänger • Erhöhte Unfallkostendichte, wenn FG-LSA sich in der Nähe einer Bushaltestelle befindet • Tendenz zur höheren Unfallhäufigkeit bei geringeren Fahrbahnbreiten
Unfallanalyse Stufe 3 Kollektiv 100	• Erhöhte Häufigkeit von Fußgängerunfällen auf der freien Strecke (nicht signifikant im Modell) • Ähnliche Häufigkeit der Fußgängerunfälle wie Mittelinseln im Bereich von AKP (bei Betrachtung aller Unfälle aber unsicherer)
Verhaltensanalyse	• Geringe Häufigkeit an Interaktionen (Faktor 5-7 seltener als FGÜ und Mittelinsel) dadurch erhöhtes Risiko für Unfälle von bei Rot und neben der Anlage querenden Fußgängern auf Grund von ähnlichem Unfallniveau wie FGÜ • Querungen an LSA bei Rot oder neben LSA zum Großteil mit Halt am Rand • Konfliktrate für Fußgänger höher als für Radfahrer • Höhere Interaktionsrate auf 1. als auf 2. Fahrstreifen • Interaktionen mit Beinaheunfällen mit Radfahrern an AKP
Erhebung schutzbedürftiger Personen	• Keine Rotlichtmissachtungen von Kindern • Wartezeit am höchsten

FG-LSA weisen die höchsten Anteile an Auffahrunfällen auf. Fußgänger verunglücken zu einem Drittel beim Queren außerhalb der Anlage. Beim Queren auf der Anlage spielt bei der Hälfte der Unfälle die Rotlichtmissachtung durch Fußgänger eine Rolle. An FG-LSA wird die Anzahl der Interaktionen von querenden Fußgängern mit Fahrzeugen im Längsverkehr im Vergleich zu anderen Querungsanlagentypen stark reduziert. Da die Unfallkostenrate der FG-LSA unter Berücksichtigung des Querverkehrsaufkommens der Fußgänger auf einem ähnlichen Niveau liegt wie die der FGÜ, ergibt sich jedoch ein höheres Risiko der einzelnen Querung mit Interaktion. Bei der Anlage von FG-LSA auf der freien Strecke ergeben sich leicht erhöhte Unfallhäufigkeiten im Vergleich zum Anschlussknotenpunkt.

5.2 FGÜ

Tabelle 21 fasst die Erkenntnisse dieser Studie zu FGÜ zusammen. In den Richtlinien und Regelwerken finden sich ausführliche Einsatzgrenzen und ergänzende Maßnahmen, die die Anlagen so verkehrssicher wie möglich gestalten sollen. Ungenügende Sichtbeziehungen werden von der Literatur als zentraler unfallbegünstigender Faktor genannt.

Die Untersuchung zeigt Auffälligkeiten hinsichtlich der Wintermonate sowie bei der Kombination von Nässe und Dunkelheit. Auffällig sind weiterhin der erhöhte Anteil an Radverkehrsunfällen mit querenden Radfahrern sowie der dominierende Anteil verunglückter querender Fußgänger im Alter von 18-54 Jahren. Kinder und Senioren sind hier vergleichsweise selten in Unfälle verwickelt.

Unter Berücksichtigung der Verkehrsstärke querender Fußgänger zeigen FGÜ vor allem an Anschlussknotenpunkten die höchste Unfallhäufigkeit.

Aus den Verhaltensbeobachtungen zeigte sich, dass an FGÜ 20% der Kfz nicht anhalten, obwohl ein Fußgänger wartet.

Tabelle 21: Zusammenfassung der Erkenntnisse zu FGÜ

Methode	Erkenntnisse
Literaturanalyse	• R-FGÜ mit strengeren Regelungen für Erkennbarkeit und Sicht als EFA und RASt • R-FGÜ: Einsatz ab 50 Fg/Spitzenstunde (teilweise durch Ländererlasse nach unten geöffnet) • Gute Sichtbeziehungen von und auf die Warteflächen sowie eine gute Erkennbarkeit wirken sich positiv auf die Verkehrssicherheit an FGÜ aus • Unfallbegünstigende Merkmale: Nähe zur ÖPNV-Haltestelle, höhere Kfz-Verkehrsstärken
Unfallanalyse Stufe 1 Kollektiv Deutschland	keine anlagenspezifischen Erkenntnisse
Unfallanalyse Stufe 2 Kollektiv 360	• Höchste Unfallzahlen/ -kostendichten im Anlagenbereich im Vergleich mit den anderen untersuchten Anlagentypen • Unfälle mit Beteiligung von Radfahrern häufiger als an anderen Querungsanlagen • Unfallgeschehen vor allem durch die Beteiligung von erwachsenen Fußgängern im Alter von 18-54 Jahren geprägt. Kinder und Senioren sind seltener in Unfälle verwickelt. • Teilweise auffällig in Bezug auf Wintermonate • Höchster Anteil der Unfälle bei Dunkelheit und Nässe im Vergleich zu anderen Querungshilfen
Unfallanalyse Stufe 3 Kollektiv 100	• Verkehrsstärke querender Radfahrer mit geringem, aber nicht sign. Zusammenhang bei FGÜ im Teilkollektiv 2 • erhöhte Unfallhäufigkeit bei FGÜ an AKP (signifikant)
Verhaltensanalyse	• Fußgänger an FGÜ kompensieren häufiger die eingeschränkte Sicht durch Anhalten als an anderen Querungsanlagen • Anteil der Interaktionen mit Behinderungen an FGÜ höher als an Mittelinseln: Bevorrechtigte Fußgänger müssen reagieren • Interaktionen mit Beinaheunfällen treten nur mit Radfahrern auf
Erhebung schutzbedürftiger Personen	• Rund 20 % der Fahrzeuge missachten die Anhaltepflicht an FGÜ (häufiger gegenüber Senioren als gegenüber Kindern) • Nur 3% der Kinder und Senioren sichern sich vor der Querung nicht ab.

5.3 Mittelinsel

Die Erkenntnisse zu Mittelinseln sind in Tabelle 22 zusammengefasst. Insgesamt zeigt sich die Mittelinsel als die Querungsanlage mit dem niedrigsten Unfallniveau im Vergleich zu den anderen Querungsanlagen unabhängig von der Art der Unfallkenngröße. Auffällig sind Mittelinseln dann, wenn sie in an Anschlussknotenpunkten liegen, vor allem aber auf Grund von Unfällen ohne Fuß- oder Radverkehrsbeteiligung.

Tabelle 22: Zusammenfassung der Erkenntnisse zu Mittelinseln

Methode	Erkenntnisse
Literaturanalyse	• Leicht abweichende Aussagen zur Breite der Mittelinsel in RASt und EFA • Querungen und Unfälle auch wenige Meter vor und nach Mittelinseln • Höhere Anzahl an Unfällen ohne Fußverkehrsbeteiligung im Vergleich zu FGÜ
Unfallanalyse Stufe 1 Kollektiv Deutschland	keine anlagenspezifischen Erkenntnisse
Unfallanalyse Stufe 2 Kollektiv 360	• Anteilsmäßig weisen Abbiege- und Fahr-Unfälle an Mittelinseln relevante Größenordnungen auf • Ältere Fußgänger weisen höhere Anteile am Unfallgeschehen im Vergleich zu FG-LSA und FGÜ auf • Teilweise auffällig in Bezug auf Wintermonate
Unfallanalyse Stufe 3 Kollektiv 100	• Sicherste Querungsanlage: Anlagentyp mit der geringsten Unfallzahl in der Untersuchung und geringste UKR unter Berücksichtigung des Fußgänger-Querverkehrs • Gesamtunfallgeschehen an Mittelinseln an AKP deutlich höher als auf freier Strecke, Fuß- und Radverkehrsunfälle dabei aber unauffällig
Verhaltensanalyse	• Höchste Interaktionsraten für querende Fußgänger und Radfahrer mit Fahrzeugen im Längsverkehr im Vergleich der Querungsanlagen, Schwere der Interaktionen jedoch gering, Großteil der Interaktionen sind kontrollierte Interaktionen • Interaktionsraten FG an Strecke höher als an AKP
Erhebung schutzbedürftiger Personen	• Kürzere Wartezeit im Vergleich zu FG-LSA, länger als an FGÜ • Vor Querung an Mittelinseln zeigen alle Senioren und 89% der Kinder ein Sicherungsverhalten • Gewährung des Vortritts an Mittelinseln bei querenden Kindern mehr als doppelt so häufig im Vergleich zu Senioren

5.4 Nullfall

Der Nullfall repräsentiert Abschnitte ohne Querungsanlage. Diese Abschnitte wurden aufgrund des Umfelds ausgewählt, welches einen relevanten

Querungsbedarf erwarten ließ. Die im Rahmen dieser Studie ermittelten Erkenntnisse sind in Tabelle 23 zusammengefasst. Untersucht wurden diese Stellen vorrangig auf der Stufe 2 der Unfallanalyse, ohne Berücksichtigung der Verkehrsstärke querender Fußgänger. Die ausgewählten Stellen wiesen eine im Vergleich zu den anderen Querungsanlagentypen geringe Unfallkostendichte auf. Kinder und Jugendliche (bis 17 Jahre) sowie ältere Fußgänger sind an diesen Querungsstellen häufiger an Unfällen beteiligt als an FG-LSA und FGÜ. Ebenso wirkt sich die Nähe zu einer ÖPNV-Haltestelle unfallbegünstigend aus.

Tabelle 23: Zusammenfassung der Erkenntnisse Stellen ohne Querungsanlage

Methode	Erkenntnisse
Literaturanalyse	• Unterstützende Elemente (im Seitenraum) für Querungsstellen in den EFA enthalten (z.B: vorgezogene Seitenräume, Unterbrechung von Parkständen)
Unfallanalyse Stufe 1 Kollektiv Deutschland	keine anlagenspezifischen Erkenntnisse
Unfallanalyse Stufe 2 Kollektiv 360	• Erhöhter Anteil an Unfällen mit Kindern und Jugendlichen (im Vergleich zu Destatis) • Ältere Fußgänger weisen höhere Anteile am Unfallgeschehen im Vergleich zu FG-LSA und FGÜ auf • Höhere Unfallkostendichte, wenn Querungsstelle in der Nähe von Bushaltestelle
Unfallanalyse Stufe 3 Kollektiv 100	keine Erkenntnisse
Verhaltensanalyse	keine Erkenntnisse
Erhebung schutzbedürftiger Personen	keine Erkenntnisse

5.5 Empfehlungen für die Praxis

Die **Mittelinseln** stellen für sich eine sichere Art der Querung dar und sollten bevorzugt aus Sicht der Verkehrssicherheit eingesetzt werden. Im gesamten Kollektiv der 360 Querungsanlagen wiesen sie die geringsten Unfallkostendichten und Unfallkostenraten auf. Dies wird unter anderem auf die positive Wirkung der Vereinfachung der kognitiven Querungsaufgabe zurückgeführt. Die Mittelinsel teilt die Querung in zwei Teile, bei denen jeweils nur ein Konfliktstrom berücksichtigt werden muss. Dies vereinfacht die Einschätzung des fließenden Verkehrs, der Geschwindigkeiten und der sich ergebenen Lücken im Fahrzeugverkehr. Da Fußgänger keinen Vorrang gegenüber Fahrzeugen im Längsverkehr haben, müssen sie sehr aufmerksam sein. Bei der Planung von Mittelinseln sind die Belange mobilitätseingeschränkter

Personen und bei Bedarf auch die Anforderungen von Radfahrern zu berücksichtigen, da diese auch Nutzergruppen von Mittelinseln sind.

Dennoch gibt es Situationen, in denen eine Mittelinsel aus anderen Gründen als der Verkehrssicherheit nicht die gewünschte Art der Querungsanlage ist. Bevorrechtigte oder gesicherte Formen von Querungsanlagen stellen **FGÜ** oder **FG-LSA** dar. Aufgrund der erhöhten Häufigkeiten von Unfällen mit Fußgängerbeteiligung sind aber höhere Anforderungen an die Gestaltung dieser Querungsanlagen zu stellen.

Querungen an Anschlussknoten (AKP) sind grundsätzlich unsicherer als Querungsanlagen auf der freien Strecke. Allerdings ist an AKP der Bedarf für Querungen höher, sodass eine Verlegung von Querungsanlagen weg von den AKP keine Option darstellt. Hintergrund der höheren Unsicherheit an AKP ist die im Vergleich zur Strecke erhöhte Komplexität, da hier auch abbiegende und einbiegende Verkehrsströme hinzukommen.

Aus der vorliegenden Studie ergeben sich Hinweise darauf, dass an Anschlussknoten eher **FG-LSA** und auf der freien Strecke eher **FGÜ** im direkten und bilateralen Vergleich die sicherere Wahl darstellen.

FGÜ zeigen eine erhöhte Häufigkeit von Radverkehrsunfällen. In den Verhaltensanalysen kam es bei Radfahrern im Vergleich mit Fußgängern häufiger zu Beinaheunfällen mit Kfz. Radfahrer sind nicht bevorrechtigt, steigen jedoch nur selten vom Fahrrad ab, um den FGÜ als Fußgänger zu nutzen. Dadurch kommt es zu Missverständnissen bezüglich des Vorrangs am FGÜ. Grundsätzlich sollte daher bei erhöhten Radverkehrsstärken z. B. im Zuge einer Radverkehrsroute oder -verbindung eher von **FGÜ** als Querungsanlage abgesehen werden.

Die in den Regelwerken festgeschriebenen quantitativen Einsatzkriterien von Querungsanlagen beziehen sich neben der Verkehrsstärke des querenden Fußverkehrs auch auf die Verkehrsstärke des Kfz-Verkehrs sowie die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Außer für die Querverkehrsstärke des Fußverkehrs konnte für die anderen **Einsatzkriterien der RASt und EFA** (Nomogramm zur Auswahl einer Querungsanlage) kein Einfluss auf das Unfallgeschehen nachgewiesen werden. Grundsätzlich sollte das Nomogramm in den EFA angepasst werden. Querverkehrsstärken liegen häufig in der Praxis nicht vor. Diese müssen entweder zukünftig vermehrt erhoben werden oder Stellvertreterkenngrößen zur Abschätzung des Fußgängerquerverkehrs genutzt werden. Entsprechende Ansätze zu Stellvertretergrößen liefert der vorliegende Forschungsbericht sowie die Untersuchung von SCHÜLLER et al. 2020. Forschungs- bzw. Abstimmungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich einer Anpassung des Nomogramms in den RASt und EFA in Bezug auf den fehlenden Nachweis des Einflusses der Kfz-Verkehrsstärke und der Kfz-

Geschwindigkeiten sowie der Relevanz auch niedrigerer Querverkehrsstärken des Fußverkehrs (unterhalb 50 FGQ/h). Querverkehrsstärken des Fußverkehrs unterhalb von 50 FGQ/h werden bisher im Nomogramm nicht differenziert behandelt, Fußverkehrsstärken weisen aber – so zeigt es die vorliegende Untersuchung – eine Relevanz für die Verkehrssicherheit auf.

Die in den aktuellen **Entwurfsregelwerken** enthaltenen Empfehlungen zur örtlichen Lage der Querungsanlage werden durch die vorliegenden Ergebnisse unterstrichen. An Anschlussknotenpunkten sollten Querungsanlagen nicht zu weit abgesetzt von der Laufrichtung sein, um Querungen neben der Anlage zu vermeiden. Ebenso sollten Querungsanlagen nicht abgesetzt von selbstständigen, senkrecht kreuzenden Wegen angelegt werden, da es in diesen Fällen zu häufigeren Querungen neben der Anlage kommt. Querungsanlagen müssen so gestaltet werden, dass die Vorrangregelungen erkennbar und verständlich sind. Grundsätzlich sind an Anschlussknotenpunkten Mittelinseln die sicherste Querungsanlage. Wenn eine Vorrangregelung bzw. gesicherte Querung für Fußgänger erfolgen soll, stellen FG-LSA eine sichere Möglichkeit dar. Bei einer FG-LSA sollten über eine Kanalisierung des Fußverkehrs auf die Furt kritische Querungen neben der Anlage verhindert bzw. reduziert werden. Vor allem die Komplexität von Querungen im Bereich von Anschlussknotenpunkten ist zu reduzieren. Dies kann noch besser durch eine Vollsignalisierung des Knotenpunktes erreicht werden.

Die vorliegende Studie hat umfangreiche Daten zu den infrastrukturellen und verkehrstechnischen Randbedingungen für ein Kollektiv von 360 Querungsanlagen erhoben und sowohl in deskriptiven als auch mulitkriteriellen Analysen untersucht. Das ungünstige Abschneiden von FGÜ scheint in der Verkehrsregelung der Querungsanlage begründet zu liegen, da keine weiteren sicherheitsrelevanten Einflussfaktoren nachgewiesen werden konnten. An FG-LSA ist das Unfallgeschehen der Fußgänger auf das Queren neben der Anlage und Rotlichtmissachtungen beim Queren auf der Anlage zurückzuführen. Für die Ermittlung detaillierter Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit an FGÜ aber auch FG-LSA bedarf es dringend weiterer Forschung.

6 Literatur

AASHTO (2010). Highway Safety Manual HSM. 1st Edition. Washington DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ALRUTZ, D., BOHLE, W., MÜLLER, H., BUSCHE, K., MAIER, C., OTTE, S. (2006). Sicherheitsbewertung von Überquerungshilfen. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Verkehrstechnischen Instituts der Deutschen Versicherer, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft. Berlin/Hannover**.**

Alrutz, D., Bachmann, C., Rudert, J., Angenendt, W., Blase, A., Fohlmeister, F., Häckelmann, P. (2012). Verbesserungen der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen. Bergisch Gladbach: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, 2012. Verkehrstechnik Heft V 217.

Arnold, M., Hedeler, M., Woeppel, H., Dahme, J. (2008) Hochrechnungsverfahren für Kurzzeitzählungen auf Hauptverkehrsstraßen in Großstädten. Bonn: BMVI (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 1007)

Aurich, A. (2012). Modelle zur Beschreibung der Verkehrssicherheit innerörtlicher Hauptverkehrsstraßennetze unter besonderer Berücksichtigung der Umfeldnutzung. Dresden: Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik (Dissertationsschrift).

Avineri, E., Shinar, D., Susilo, Y. (2012). Pedestrians' behaviour in cross walks: The effects of fear of falling and age. Accident Analysis and Prevention, 44(1), 30–34.

Baier, R., Maier, R., Aurich, A., Klemps, A. (2007). Sicherheitsgrad von Stadtstraßen mit und ohne schienengebundenen ÖPNV. Unveröffentlichter Schlussbericht zum Forschungsprojekt des GDV. Aachen/Dresden: BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung / Lehrstuhl Straßenverkehrstechnik der TU Dresden

Berger, R.; Medicus, M.; Plesker, M Schmotz, M.; Schüller, H.; Bakaba, J. E, Unfallforschung der Versicherer – UDV (2019) Verkehrssicherheit an Haltestellen des ÖPNV. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Forschungsbericht Nr. 63

Boenke, D., Grossmann, H., Piazzolla, A., Rebstock, M., Herrnsdorf G., Pfeil, M. (2014). Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen BAST (Heft V242)

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen - BMVBW (Hrsg.) (2001). Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ). Köln: FGSV Verlag.

Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur - BMVI. (2017a). Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung. VwV-StVO (25. Auflage). Heidelberg: C.F. Müller.

Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur - BMVI. (2017b). Straßenverkehrs-Ordnung. StVO (25. Auflage). Heidelberg: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Dommes, A., Cavallo, V. Oxley, J. (2013). Functional declines as predictors of risky street-crossing decision in older pedestrian. Accident Analysis and Prevention, 59, 135-143.

Elvik, R., Sørensen, Michael, W. J. & Nævestad, T.-O. (2013). Factors influencing safety in a sample of marked pedestrian crossings selected for safety inspections in the city of Oslo. Accident Analysis and Prevention (59), 64–70.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2011). Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen (H-BVA). Köln. FGSV-Verlag

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2015). Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA). Köln. FGSV-Verlag

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2007). Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen – RASt 06. Köln: FGSV-Verlag

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2002). Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen – EFA. Köln: FGSV-Verlag

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

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.) (2008). Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS). Köln: FGSV Verlag.

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen - FGSV (Hrsg.) (2015). Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Köln: FGSV Verlag.

Gerlach, J., Seipel, S., Poschadel, S., Boenke, D. (2014). Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer. Berlin: Unfallforscher der Versicherer (Forschungsbericht Nr. 23)

Hagen, K., Schulze, C., Schlag, B. (2012). Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von alternativen Antrieben. FAT-Schriftenreihe 245

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung – HMWVL (2002). Einsatzgrenzen für Maßnahmen zum Schutz der Fußgänger. Einführung der R-FGÜ´01, Aktenzeichen: VI 5 – 66 k 04 75 02 11; Wiesbaden 31.05.2002

Hoffmann, E. R., Payne, A., Prescott, S. (1980). Children's estimates of vehicle approach times. Human Factors, 22(2), 235-240

Jonsson, T. (2005). Predictive Models for accidents on urban links: A focus on vulnerable road users. Lund: Department of Technology and Society, Lund Institute of Technology (Dissertation, Bulletin 226).

Knörr, L. (2019). Untersuchung der Verkehrssicherheit an Fußgängerüberwegen in Karlsruhe. Masterthesis an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft. Karlsruhe (unveröffentlicht)

Limbourg, M. (2010). Prävention in NRW. Kinder unterwegs im Straßenverkehr. Düsseldorf: Unfallkasse Nordrhein-Westfalen.

MAIER, R., ENKE, M. (2009). Ergänzungsauftrag zum FE 82.278/2004: „Bewertung von Ortsumgehungen aus Verkehrssicherheitssicht". Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen - MWMEV NRW. (2002). Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Fußgängerüberwegen. Erfahrungen aus dem Modellversuch in Nordrheinwestfalen (mobil:nrw). Düsseldorf: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

Mennicken, C. (1999). Sicherheits- und Einsatzkriterien für Fußgängerüberwege (Veröffentlichungen des Instituts für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau Universität Hannover, Bd. 24). Hannover.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. (2019). Fußgängerüberwege - Leitfaden zur Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen in Baden-Württemberg. Stuttgart: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. Online unter https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redak-tion/m-mvi/intern/Dateien/Broschueren/Broschuere_Fussgaengerueberwege_Leitfaden_Anlage_Ausstattung_190215.pdf. Letzter Zugriff: 27. November 2019.

New Zealand Transport Agency NZTA (2014). Guidelines for the Selection of Pedestrian Facilities. Wellington.

ROßMERKEL, M. (2017). Ganglinien des Fußverkehrs. Dresden: Technische Universität Dresden, Professur für Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung (Studienarbeit)

Scaramuzza, G., Ewert, U. (1997). Sicherheitstechnische Analyse von Fussgängerstreifen. Empfehlungen zu Bau und Betrieb. Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU. BFU-Report Nr. 33. Aarberg.

Schlag, B., Roesner, D., Zwipp, H., Richter, S. (HRSG.). (2006). Kinderunfälle. Ursachen und Prävention. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Scheffer, A. C., Schuurmans, M. J., Van Dijk, N., Van der Hooft, T., De Rooijs, S. E. (2008). Fear of falling: Measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. Age and Ageing, 37, 19–24

Schiller, C., Zimmermann, F., Bohle, W. (2011). Hochrechnungsmodell von Stichprobenzählungen für den Radverkehr. Dresden: Technische Universität Dresden, Professur für Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung

Schüller, H. (2010). Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstraßen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Straßengestaltung. Dresden: Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, 2010 (Dissertationsschrift am Lehrstuhl Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung)

Schüller, H., Fehren-Schmitz, K., Rühle, A., Deublein, M., Straumann, R. & Ulmer, M. (2016). Massnahmen und Potenziale im Bereich Infrastruktur. Bern: Bundesamt für Strassen – Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Schüller, H., Niestegge, M., Roßmerkel, M., Schade, J., Rößger, L., Rehberg, K. & Maier, R. BASt (2020). Systematische Untersuchung sicherheitsrelevanten Fußgängerverhaltens. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen BASt

Schüller, H., Plesker, M., Bärwolff, M., Schreiber, M., Unfallforschung der Versicherer – UDV (2020). Unfallrisiko Parken für schwächere Verkehrsteilnehmer. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Forschungsbericht Nr. 66

Schwab, A. (2016). Zebrastreifen und Beleuchtung (Fachverband Fußverkehr Deutschland, Hrsg.) (mobilogisch 3/16), Berlin. Online unter https://www.fuss-ev.de/download/zebra+beleuchtung-beitrag-mobilogisch-3-16.pdf. Letzter Zugriff: 27. November 2019

Schweizer, T., Brucks, W., Pochon, M. & Thomas, C. (2012). Unfälle auf Fussgängerstreifen in der Stadt Zürich. Detailauswertungen der Verkehrsunfallstatistik 2003-2010. Zürich: Stadt Zürich – Dienstabteilung Verkehr

Schweizer, T., Zürcher, T., Altherr, V., Steiner, R. & Zoth, J. (2008). Markierte Fussgängerschutzinseln. Evaluation der Veränderungen im Verhalten von Zufussgehenden und Fahrzeuglenkenden. Zürich und Bern: Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Planen, Bauen, Wohnen, Umwelt und Verkehr Berlin, SenStadt (2001). Einführungserlass der R-FGÜ 2001 vom 3. Dezember 2001. ABl. Nr. 70 / 21.12.2001, S. 5618-5621. Berlin

Statistisches Bundesamt – DESTATIS (2019). Verkehrsunfälle – Zeitreihen 2018. Wiesbaden.

Unfallforschung der Versicherer – UDV (2013A). Untersuchungen zur Sicherheit von Zebrastreifen. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Unfallforschung kompakt Nr. 39

Unfallforschung der Versicherer – UDV (2013B). Innerörtliche Unfälle mit Fußgängern und Radfahrern. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Unfallforschung kompakt Nr. 39.

Weller, G., Geertsema, K. (2008). Werden ältere Fahrer durch die Fahraufgabe stärker beansprucht als Jüngere? In B. Schlag (Hrsg.), Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Band 3 (S. 85-112). Köln: TÜV Media GmbH.

Wolf, S. (2007). Untersuchung des Querungsverhaltens und der Rotlichtakzeptanz von Fußgängern. Diplomarbeit. Dresden: Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik, TU Dresden

Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. H., Langerwey, P. A., Campbell, B. J. (2005). Safety Effects of Marked Versus Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations: Final Report and Recommended Guidelines. Washington D.C.: Federal Highway Administration, Office of Safety Research and Development

7 Anhang

7.1 Erhebungsmerkmale

In den folgenden Tabellen sind die Merkmale der Vor-Ort-Erhebung dokumentiert. Dies betrifft die Lage der Querungsanlage (Tabelle 24), verkehrliche Merkmale (Tabelle 25) sowie bauliche Merkmale und Barrierefreiheit (Tabelle 26).

Tabelle 24: Merkmale der Erhebung – Hintergrundinformationen und Art der Querungsanlage

Hintergrundinformationen	
Merkmal	Ausprägung (ggfs. Erläuterung)
ID	XXXXXX
Stadt	Berlin, Dresden, Frankfurt, Hanau, Karlsruhe, Magdeburg, München, Offenbach
Straße 1	Straßenname
Straße 2	Straßenname
Straße 3	Straßenname
Zeitpunkt der letzten Umgestaltung	>5 / <5
x-Koordinate	XXXXXXX.XX
y-Koordinate	YYYYYYY.YY
Art der Querungsanlage	
Merkmal	Ausprägung (ggfs. Erläuterung)
Ortslage	
Ortsdurchfahrt ähnliche Straße (Vorort)	Ja / Nein
Lagetyp	Anschlussknotenpunkt in 25 m Entfernung (AKP) / Strecke
Querungstyp	FG-LSA / FGÜ / Mittelinsel / Nullfall (keine Querungshilfe)
Art der Mittelinsel	markiert /baulich

Die verkehrlichen Merkmale geben Auskunft über Randinformationen und Einflussgrößen mit Relevanz für den Verkehrsablauf an einer jeweiligen Fußgänger-Querungsstelle (siehe Tabelle 25). Gegenüber der Erhebung zur Vorauswahl wird hier beispielsweise die Radverkehrsführung vor Ort genauer differenziert. Zusätzlich wird für einige Merkmale eine seitengetrennte Erhebung vorgenommen.

Tabelle 25: Merkmale der Erhebung - verkehrliche Merkmale

Verkehrliche Merkmale	
Merkmal	Ausprägung (ggfs. Erläuterung)
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	30 / 40 / 50
Randnutzung (seitenfein)	W → reine Wohnbebauung (Ein-/Mehrfamilienhäuser, Hotels, Krankenhäuser) WEH → Wohnbebauung mit Geschäftsbesatz (Wohnbebauung + Einzelhandel, Einkaufszentren oder Gaststätten (in den unteren Geschossen) EH → Bebauung mit ausschließlich Geschäftsbesatz (Supermärkte, Einkaufszentren, Gaststäten, sonstiger Einzelhandel, Bibliotheken, Kinos, Schulen) GB → Bebauung mit sonstiger gewerblicher Nutzung (Arbeitsstätten, Tankstellen, Autohäuser, Industrie, Lagerhallen) F → Freifläche (z.B. Park, Grünanlage, Wald)
Besonders schutzwürdige Einrichtungen	z.B. Schule, Kita, Altenheim, Pflegeheim
Besondere Verkehrserzeuger	z.B. Einkaufszentrum, Veranstaltungsstätte, Bahnhof
Umfeldfaktor	
Nähe Straßenbahn	Ja / Nein
Nähe Bushalt (seitenfein + Unterscheidung Anfahrt / Abfahrt)	Ja / Nein
Nähe Hauptverkehrsknotenpunkt	Ja / Nein
Radverkehrsführung (seitenfein)	Mischverkehr Fahrbahn / Schutzstreifen / Radfahrstreifen / Radweg mit Benutzungspflicht / Radweg ohne Benutzungspflicht / Gem. Geh- und Radweg / Gehweg Rf. Frei / Schutzstreifen + GW Rf. Frei / Zweirichtungsradweg mit Benutzungspflicht / Zweirichtungsradweg ohne Benutzungspflicht / Zweirichtungs-Gem. Geh- und Radweg
Anzahl Fahrstreifen	1 / 2 / 3
Leitlinie vorhanden	Ja / Nein
Eigenständiger Weg kreuzt	Ja / Nein
Überschneidung Anlagenbereich mit anderer Fußgänger-Querungsstelle	Ja / Nein
Überschneidung Nahbereich mit anderer Fußgänger-Querungsstelle	Ja / Nein

Bei den baulichen Merkmalen werden die wichtigsten Informationen zur Ausgestaltung und technischen Ausführung der Querungsstellen erfasst (siehe Tabelle 26). Von besonderer Bedeutung ist dabei außerdem die Erfassung

der Erkennbarkeit und Sichtfelder. Diesbezüglich ist auch die Dokumentation von Sichthindernissen (z.B. ruhender Verkehr, Bepflanzung) von großer Relevanz. Ein wesentlicher Bestandteil der baulichen Ausgestaltung der Querungsstellen stellt zudem das Thema Barrierefreiheit dar.

Tabelle 26: Merkmale der Erhebung - Bauliche Merkmale und Barrierefreiheit

Bauliche Merkmale	
Merkmal	Ausprägung (ggfs. Erläuterung)
Fahrbahnbreite	x in cm
Breite Querungsanlage	x in cm
Tiefe Mittelinsel	x in cm
Gehwegbreite	x in cm
Sichtfelder Fotodokumentation	Siehe Fotodokumentation
Bewertung der Sichtfelder je Richtung *Erkennbarkeit 100 m* *Erkennbarkeit 50 m* *Sichtfelder auf Aufstellfläche 50 m* *Sichtfelder auf Aufstellfläche 30 m*	Ja / Nein
Sonstige Sichthindernisse	z.B. Bepflanzung, ruhender Verkehr, Beschilderung
Vorhandensein Ruhender Verkehr	Ja / Nein
Vorgezogener Seitenraum	Ja / Nein
Kurvenlage	Ja / Nein
Verkehrszeichen	z.B. Achtung Kinder, Achtung Lichtzeichen in 100 m
Zusatzmarkierung	z.B. Achtung Kinder
LSA-Schaltung	LSA mit Anforderung Fußgänger / LSA mit Dunkelschaltung für Kfz / LSA mit Dunkelschaltung für Kfz und Fußgänger / ohne Anforderung für Fußgänger (automatische Freigabe)
Beleuchtung	Unbeleuchtet / allgemeine Straßenbeleuchtung an der Anlage (< 10 m) / allgemeine Straßenbeleuchtung entfernt von Anlage (> 10 m) / Zusatzbeleuchtung
Zusatzausstattung	Keine / Kragarm / Blinkleuchte / Kragarm und Blinkleuchte / Sonstige
Barrierefreiheit	
Merkmal	Ausprägung (ggfs. Erläuterung)
Taktile Elemente	Ja / Nein
Akustische Elemente	Ja / Nein
Bordsteinabsenkung	x in cm
Fahrbahnzustand (Berollbarkeit)	gut (keine Mängel) / ausreichend (wenige Schlaglöcher/Wellen/bereits ausgebessert) / mangelhaft (viele Schlaglöcher/Wellen/nicht ausgebessert)
Zustand Fahrbahnmarkierung	gut / ausreichend / mangelhaft
Sonstige Bemerkungen	Text

Für die Fotodokumentation bei der Vor-Ort-Erhebung wurden für die verschiedenen Arten von Fußgänger-Querungsanlagen – mit Ausnahme des

Nullfalls – einheitliche Fotostandorte als Mindestanforderung festgelegt (siehe Abbildung 71).

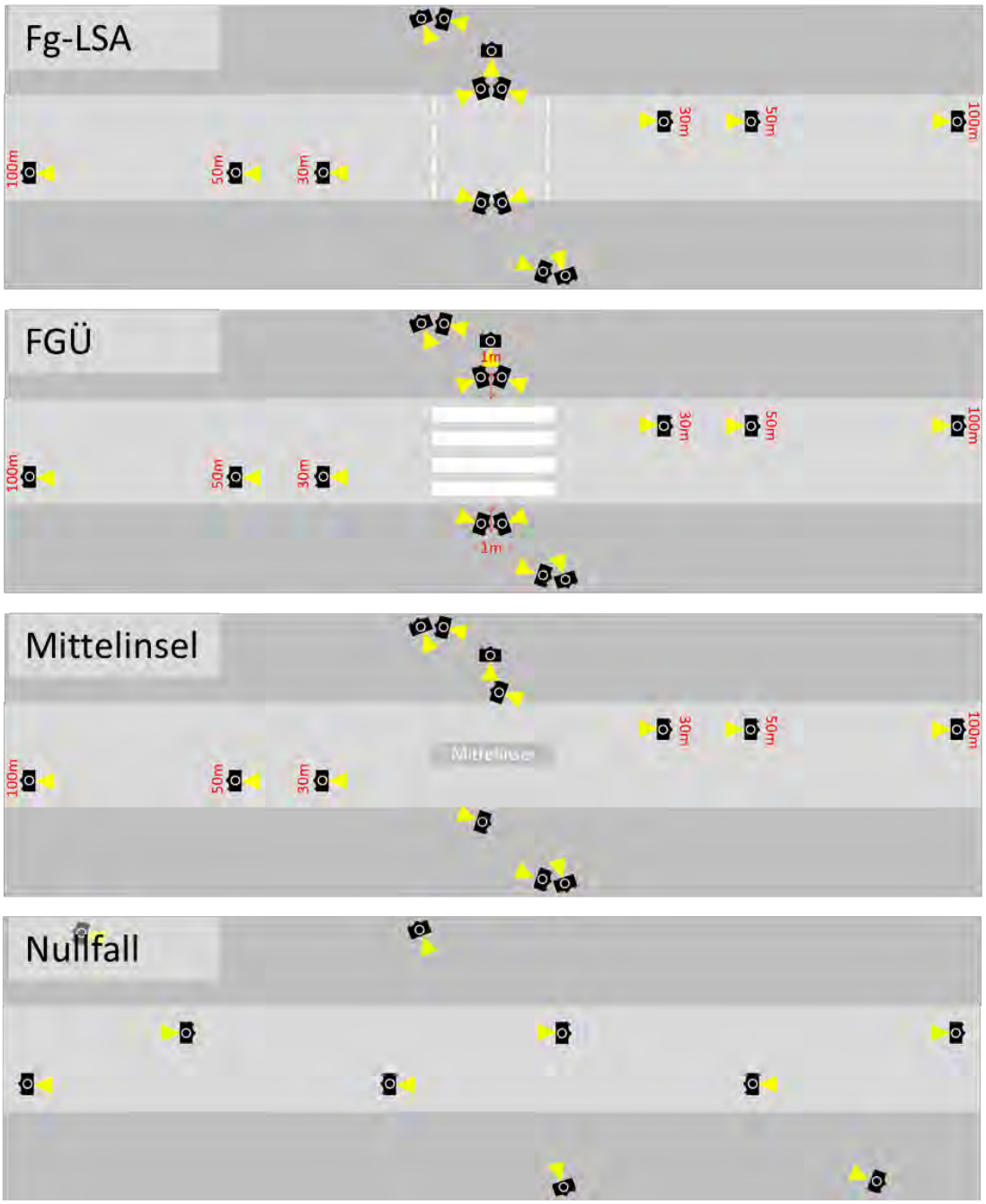


Abbildung 71: Fotostandorte bei der Vor-Ort-Erhebung

Die Fotostandorte zur Bewertung der Sichtverhältnisse an den Querungsanlagen wurden dabei aus den Anforderungen zur Erkennbarkeit und zu den Sichtweiten aus den R-FGÜ 2001, der RASt 2006 und der EFA 2002 abgeleitet (Vgl. Kapitel 2.1.4.2).

7.2 Unfallcharakteristik Stufe 2

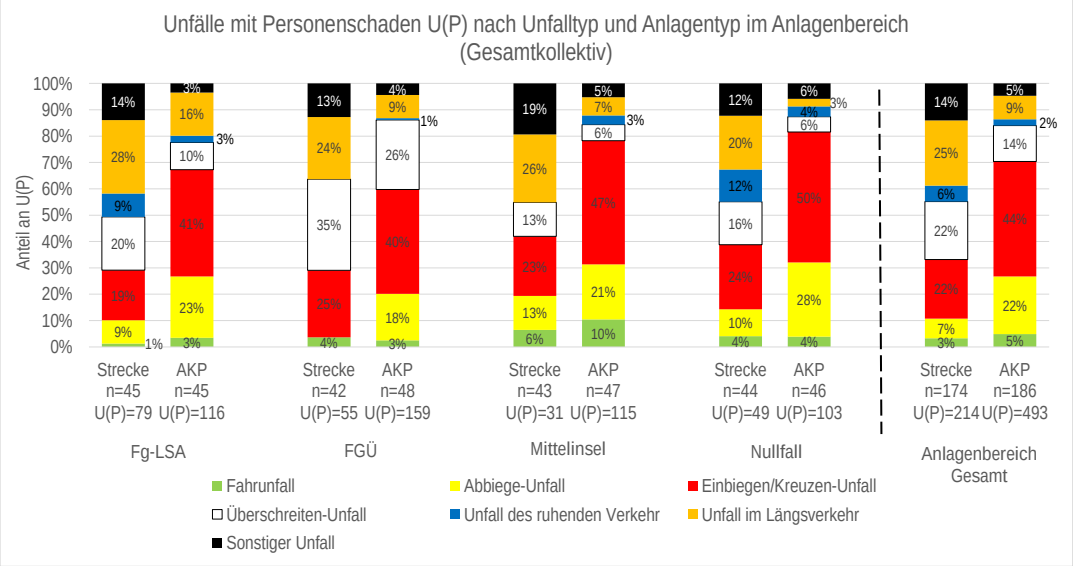


Abbildung 72: Unfallcharakteristik der Anlagentypen differenziert nach freier Strecke und Anschlussknotenpunkt AKP (Gesamtkollektiv)

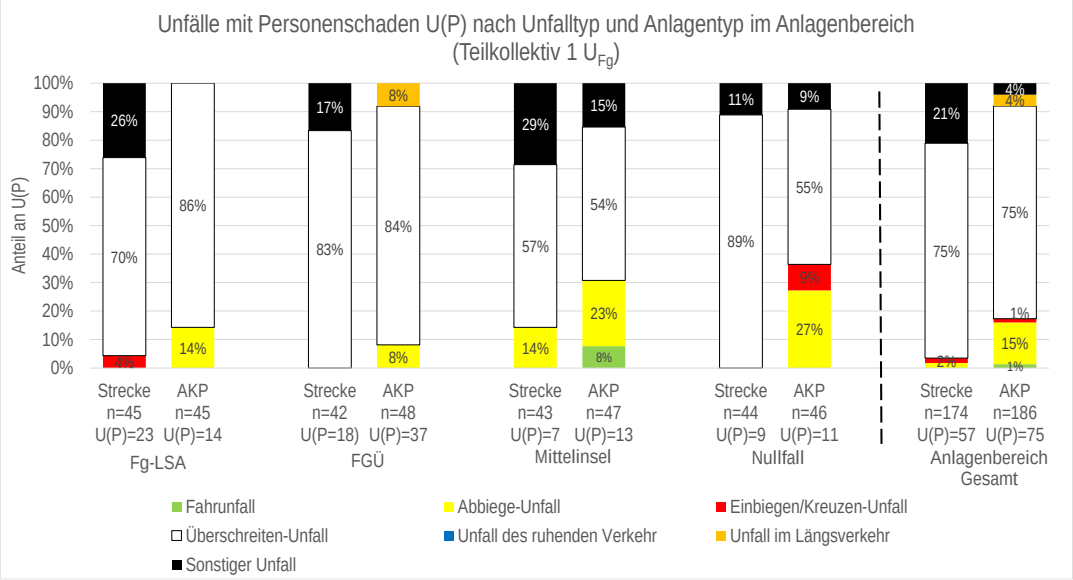


Abbildung 73: Unfallcharakteristik der Anlagentypen differenziert nach freier Strecke und Anschlussknotenpunkt AKP (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

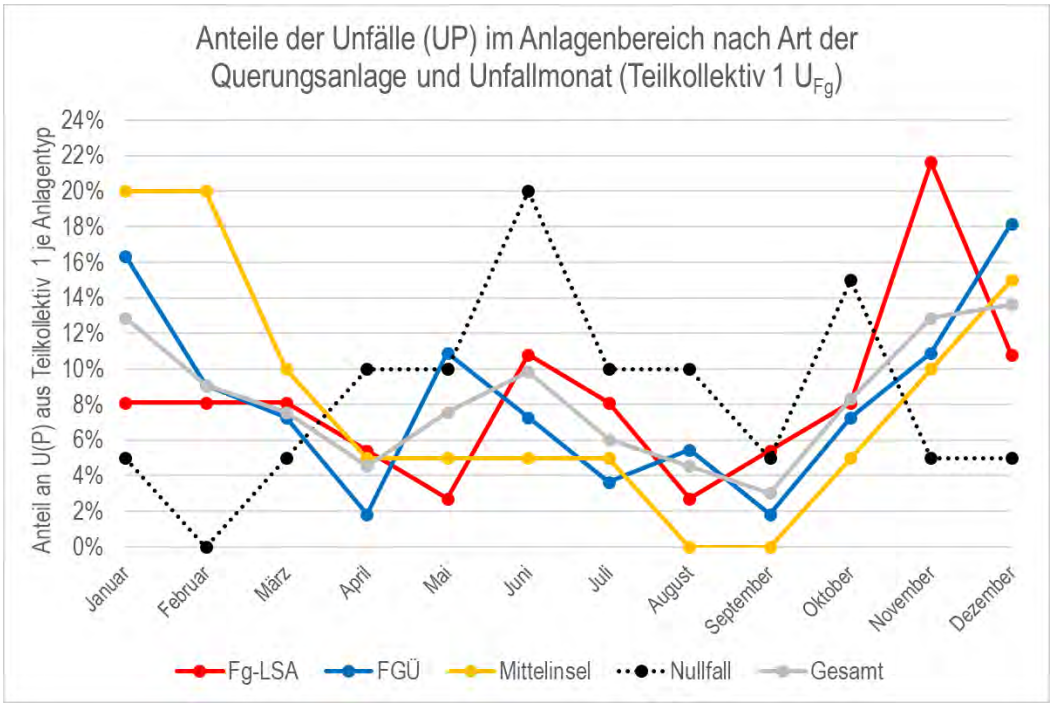


Abbildung 74: relative zeitliche Verteilung der Unfälle im Jahresverlauf (Teilkollektiv 1, Unfälle mit Fußgängerbeteiligung)

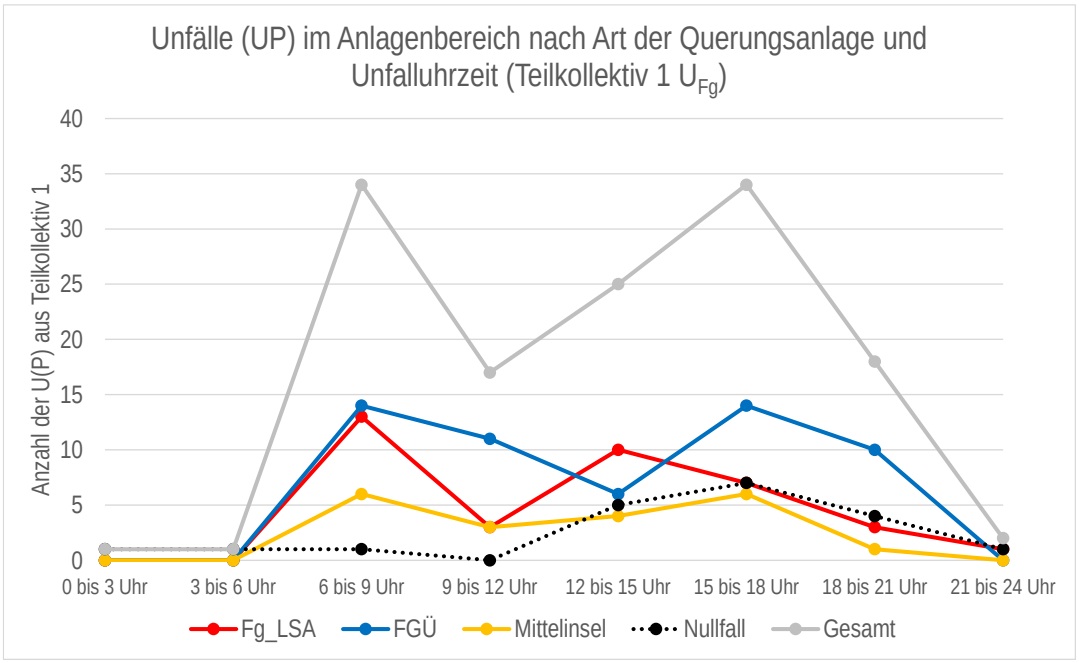


Abbildung 75: Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern und Personenschaden im Anlagenbereich nach Art der Querungsanlage und Uhrzeit der Unfälle (Teilkollektiv 1)

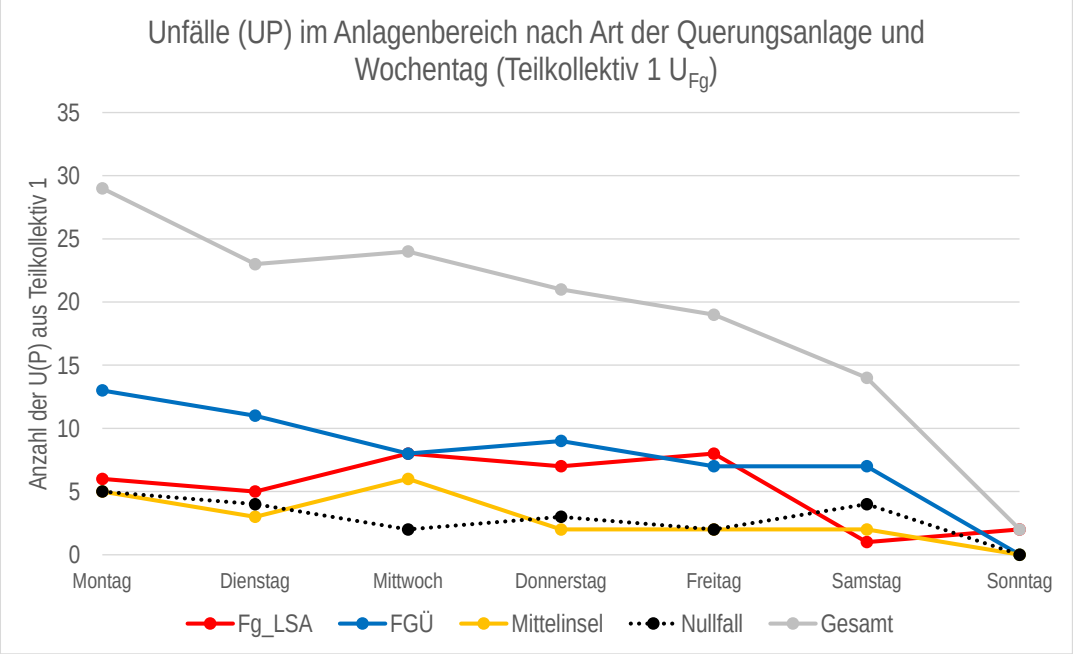
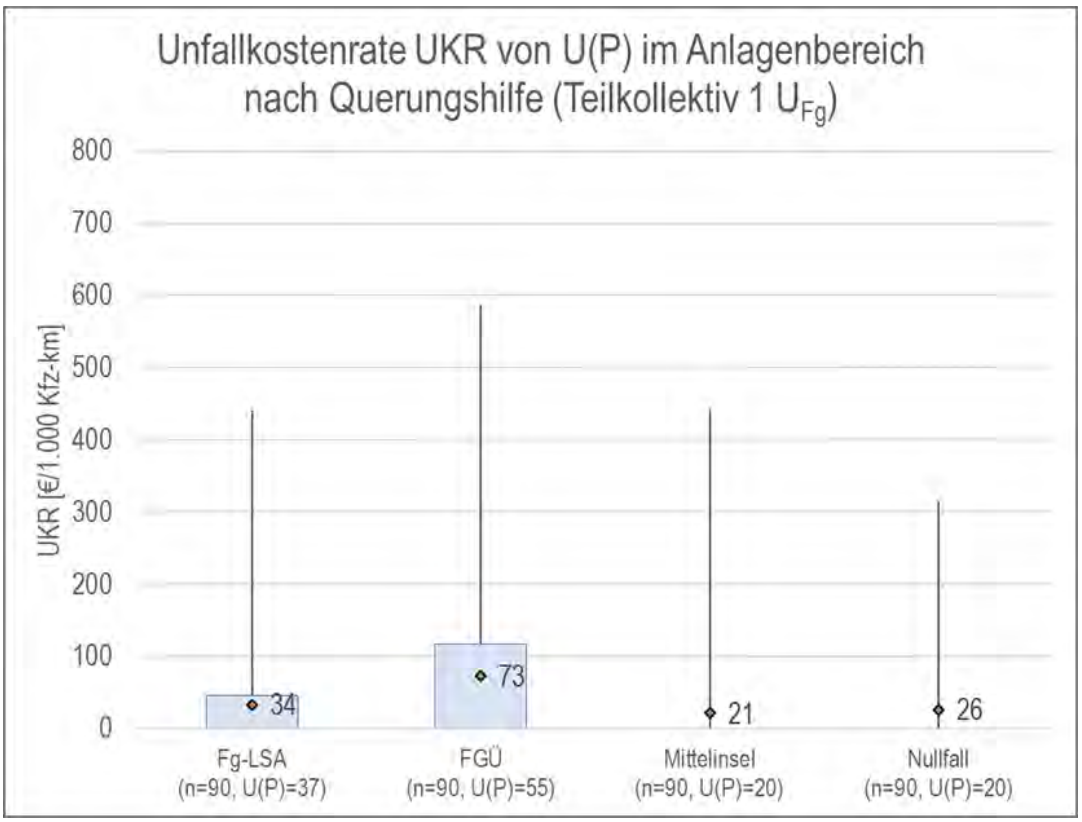


Abbildung 76: Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern und Personenschaden im Anlagenbereich nach Art der Querungsanlage und Wochentagen (Teilkollektiv 1)

7.3 Anlagenvergleich Stufe 2



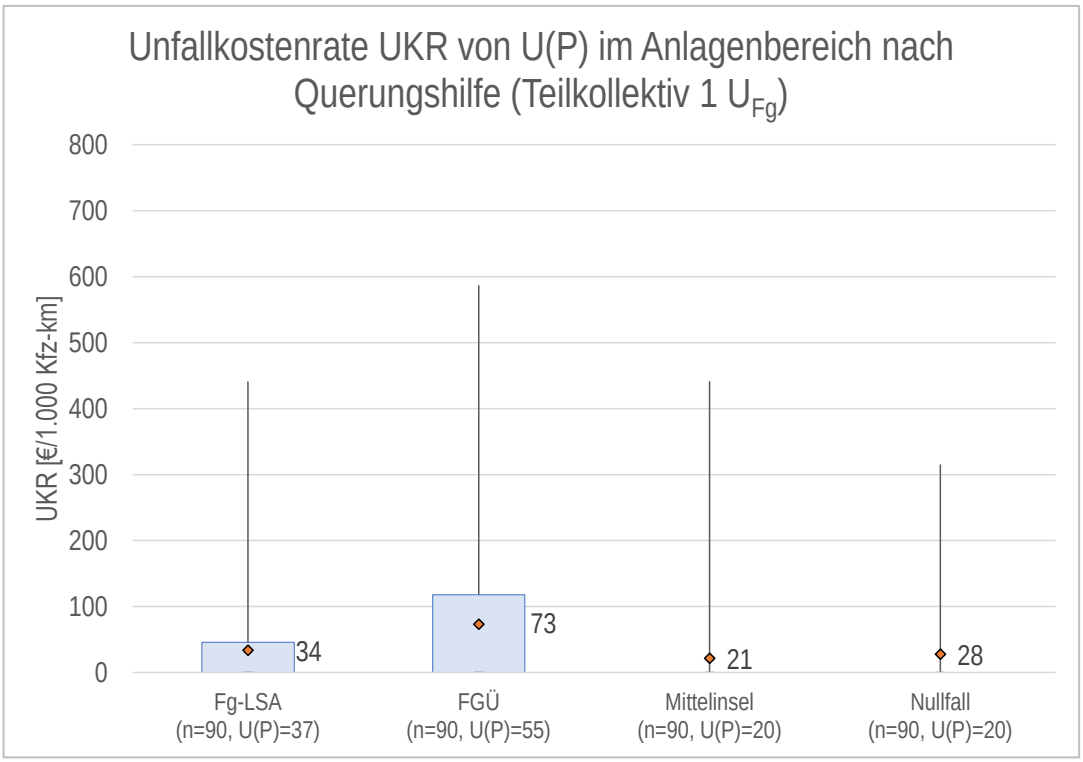
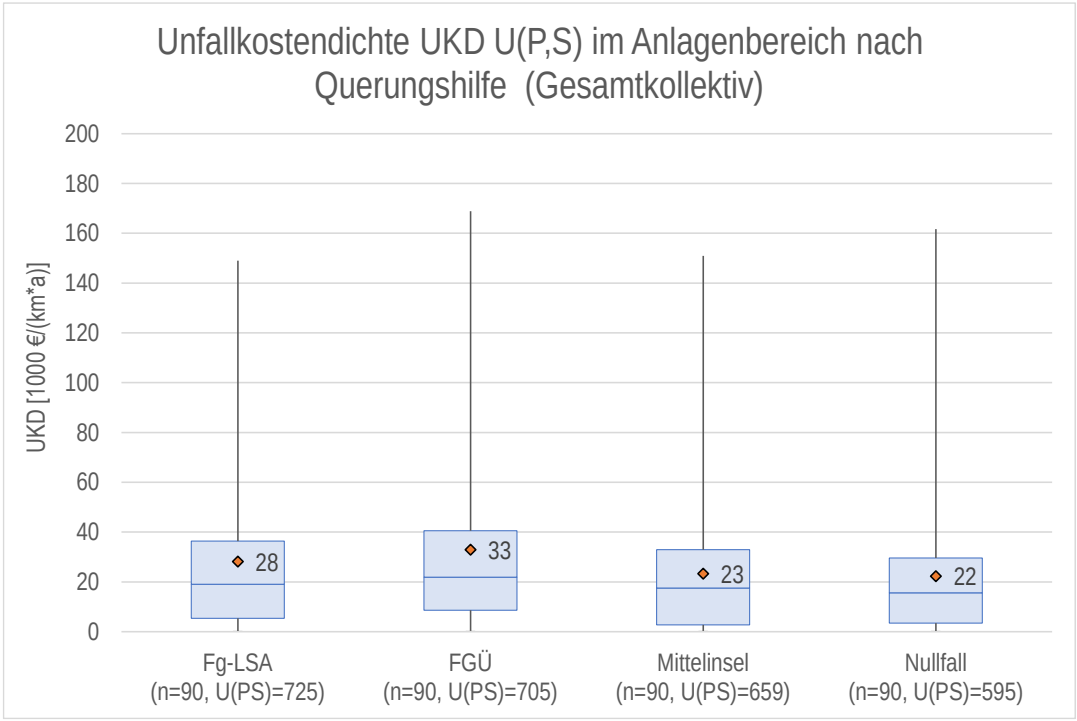


Abbildung 77: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostenraten (Teilkollektiv 1)



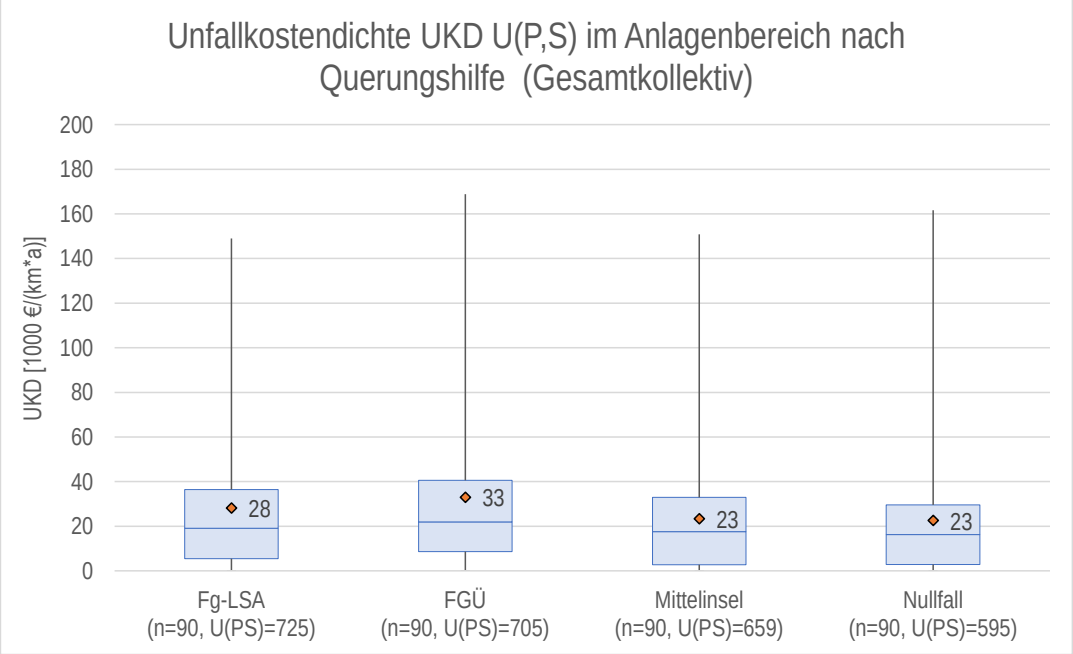
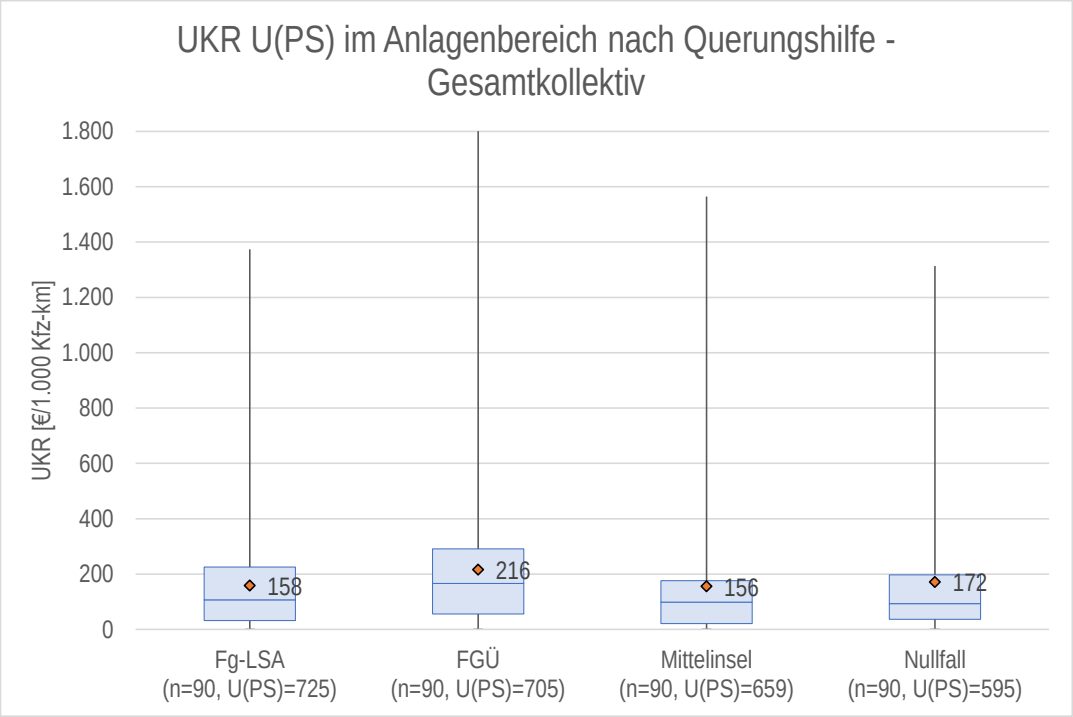


Abbildung 78: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostendichten (Gesamtkollektiv)



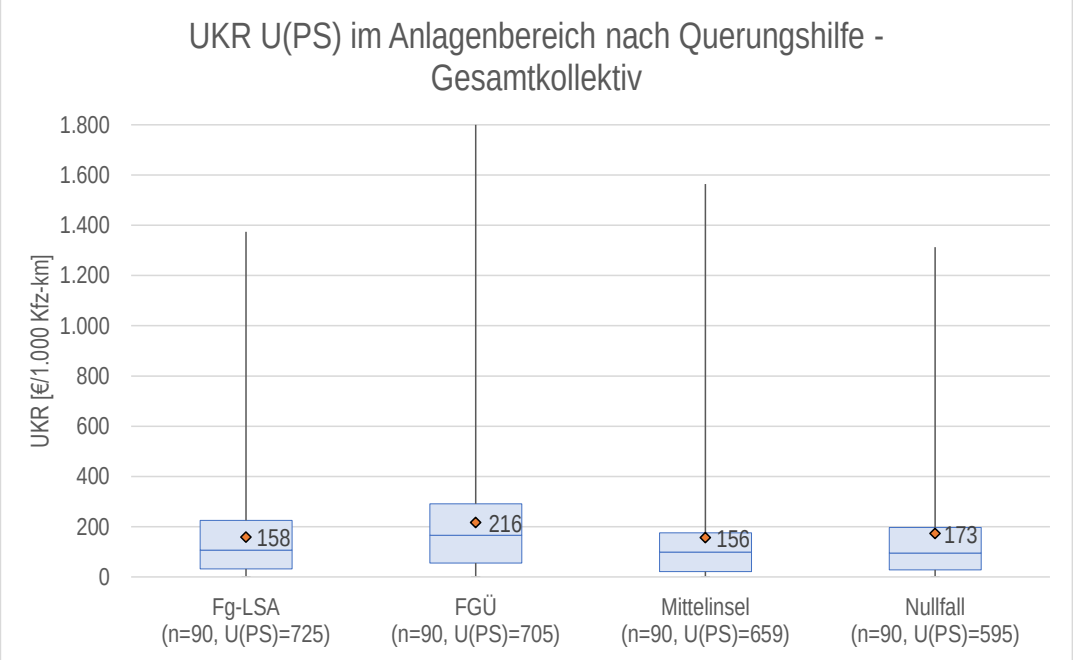


Abbildung 79: Anlagenvergleich basierend auf Unfallkostenraten (Gesamtkollektiv)

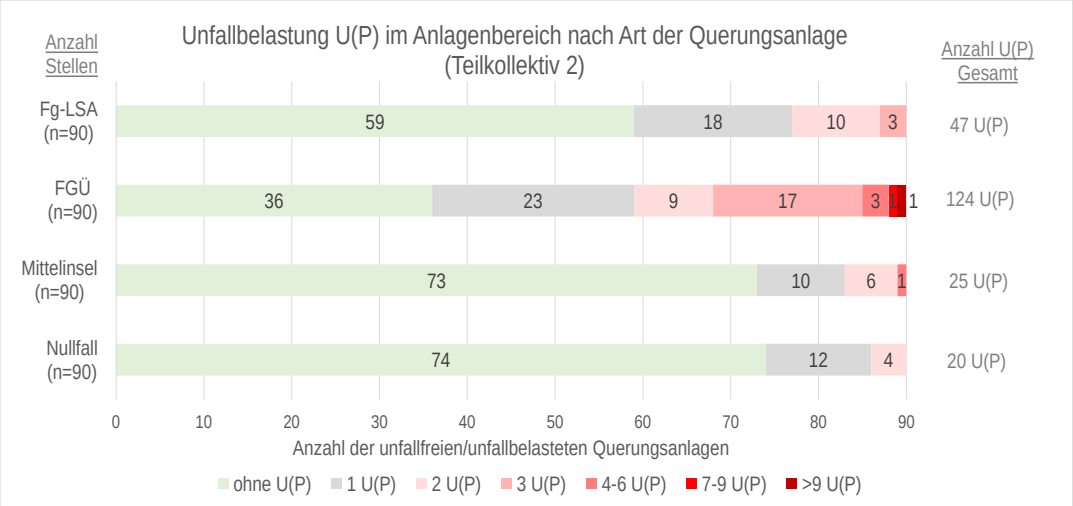


Abbildung 80: Anlagenvergleich basierend auf Anzahl der Stellen entsprechend der Unfallhäufigkeit (Teilkollektiv 2)

7.4 Exposition Stufe 2

Tabelle 27: untersuchte Teilkollektive für Überprüfung der Zusammenhänge mit Expositionskenngrößen

Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl Unfälle
Modell 1.0 - Gk	Berücksichtigung aller U(P) im Anlagenbereich	707
Modell 1.1 Gk	Berücksichtigung aller U(P,S) im Anlagenbereich	2.684
Modell Tk 1.0	Berücksichtigung aller U(P) mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagenbereich	132
Modell Tk 1.1 – FG-LSA	Berücksichtigung aller U(P) mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagenbereich von FG-LSA	37
Modell Tk 1.2 – FGÜ	Berücksichtigung aller U(P) mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagenbereich von FGÜ	55
Modell Tk 1.3 – Mittelinsel	Berücksichtigung aller U(P) mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagenbereich von Mittelinseln	20
Modell Tk 1.4a – Nullfall	Berücksichtigung aller U(P) mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagenbereich von Nullfällen	20
Modell Tk 1.4b – Nullfall	Berücksichtigung aller U(P) mit Beteiligung von Fußgängern im Anlagen- und Nahbereich von Nullfällen	37
Modell Tk 2.0	Berücksichtigung aller U(P) in direktem Zusammenhang mit einer Fußgängerquerungsanlage im Anlagenbereich	216
Modell Tk 2.1a	Berücksichtigung aller U(P) in direktem Zusammenhang mit einer Fußgängerquerungsanlage unter Berücksichtigung aller Auffahrunfälle im Anlagenbereich	271
Modell Tk 2.1b	Berücksichtigung aller U(P,S) in direktem Zusammenhang mit einer Fußgängerquerungsanlage unter Berücksichtigung aller Auffahrunfälle im Anlagenbereich	665

Tabelle 28: Regressionsparameter und Signifikanzniveaus (p) für verschiedene Expositionskenngrößen als Ergebnis der Analyse mit dem Ansatz der verallgemeinerten linearen Modelle

Modell	Gk 1.0	Gk 1.1	Tk 1.0	Tk 1.1	Tk 1.2	Tk 1.3	Tk 1.4a	Tk 1.4b	Tk 2.0	Tk 2.1a	Tk 2.1b
U.-Kat.	U(P)	U(P,S)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P,S)
Anzahl U	708	2.685	133	37	55	20	20	37	217	272	666
log(DTV)	0.52 ***	0,55 ***	0.42 *					0,73 .	0.56 ***	0,64 ***	1,11 ***
Umfeld-faktor KLF	0.27 ***	0,36 ***				0,96 .					
Anteil Einzelhandel	1.00 ***	1,15 ***	0.88 *	1.37 *		2,04 *				0,67 .	0,76 *
besondere Verkehrserzeuger	0.48 ***	0,43 ***	0.58 **	0.85 *	0,78 **			0,69 .	0.55 **	0,49 **	0,53 ***
Anschlussknotenpunkt	0.77 ***	0,63 ***									
Stadtgebiet/ Kernstadtbereich	0,35 *	0,33 *			0,80 .				0,52 *	0,46 *	0,46 *

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

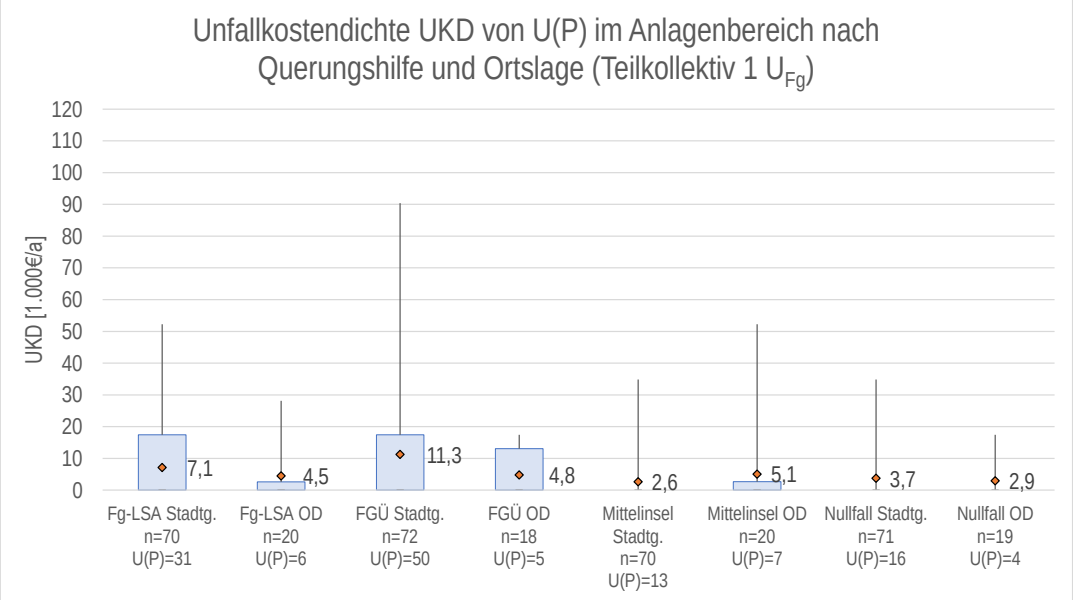


Abbildung 81: Anlagenvergleich differenziert nach Lage in Standrandbereichen /Ortsdurchfahrten (OD) oder im Stadtgebiet (Stadtg.) basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 1)

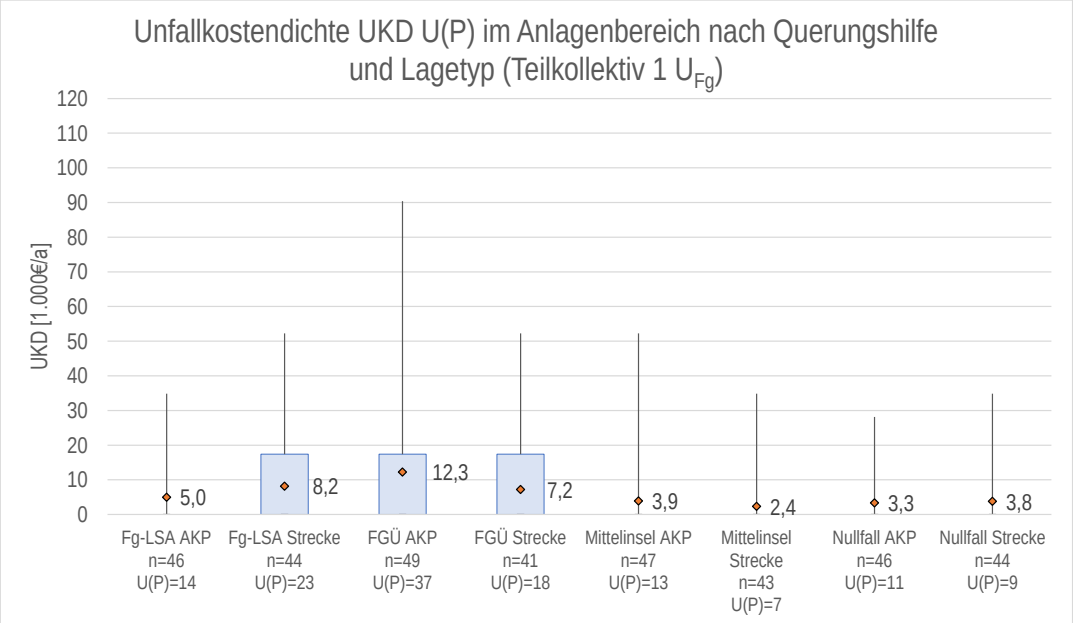
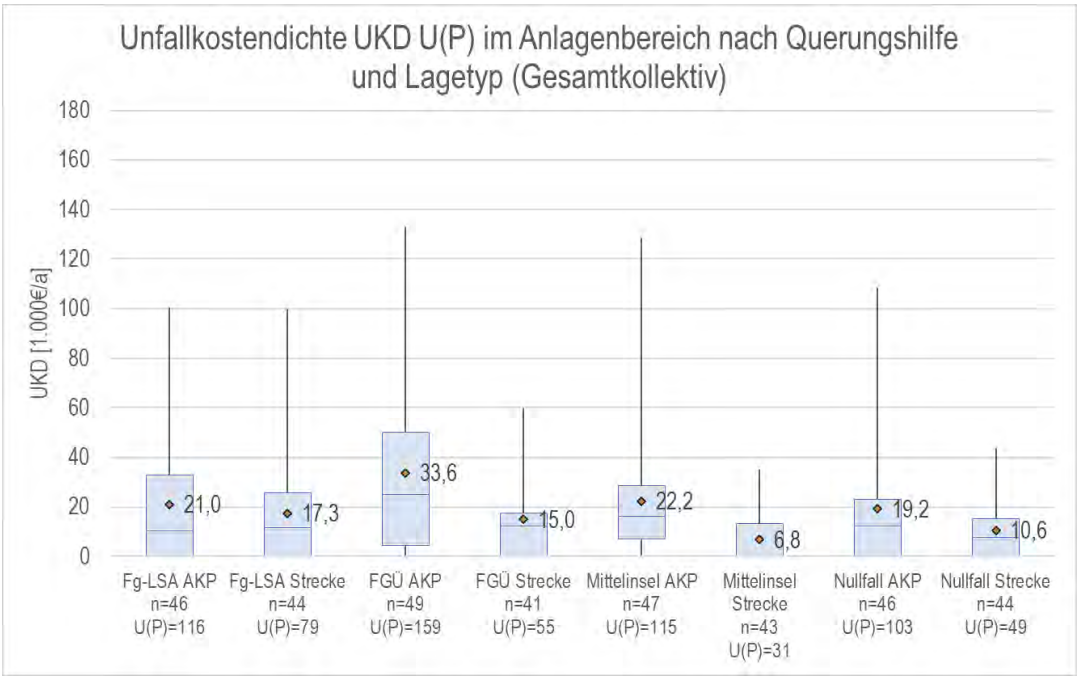


Abbildung 82: Anlagenvergleich differenziert nach Lage am Anschlussknoten-punkt basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 1)



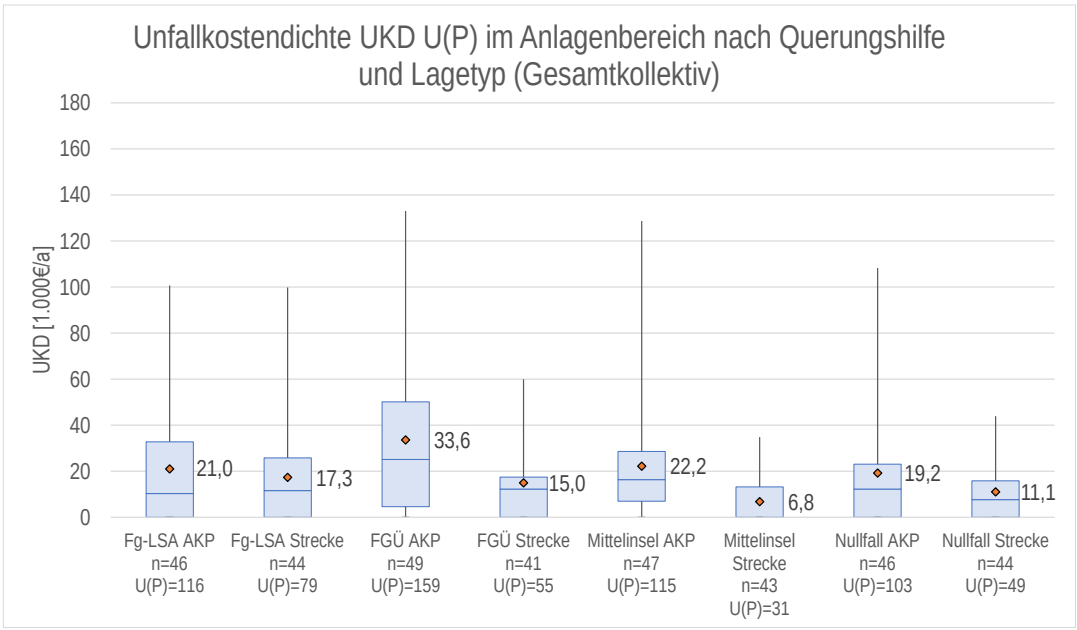


Abbildung 83: Anlagenvergleich differenziert nach Lage am Anschlussknotenpunkt basierend auf Unfallkostendichten (Gesamtkollektiv)

Tabelle 29: Regressionsparameter und Signifikanzniveaus (p) für den Anlagenvergleich unter Berücksichtigung der Expositionsgrößen als Ergebnis der Analyse mit dem Ansatz der verallgemeinerten linearen Modelle

Modell	Gk 1.0	Gk 1.1	Tk 1.0	Tk 2.0	Tk 2.1a	Tk 2.1b
U.-Kat.	U(P)	U(P,S)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P,S)
Anzahl U	708	2.685	132	217	272	666
log(DTV)	0,414***	0,460***		0,450**	0,516***	0,728***
Umfeldfaktor KLF						
Anteil Einzelhandel	0,925***	1,215***	0,819*		0,370*	0,902***
besondere Verkehrserzeuger	0,380**	0,300**	0,555**	0,525**	0,755*	
Anschlussknotenpunkt	0,835***	0,734***	-	-		
Stadtgebiet/ Kernstadtbereich	0,316*	0,342**				0,436**
FG-LSA			0,573*	0,657**	0,796***	0,594***
FGÜ	0.288.		1,117***	1,735***	1,502***	1,016***
Mittelinsel						
Nullfall						
*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10						

7.5 Weitere Einflussgrößen Stufe 2

Tabelle 30: Regressionsparameter und Signifikanzniveaus (p) für die Überprüfung weiterer Einflussmerkmale als Ergebnis der Analyse mit dem Ansatz der verallgemeinerten linearen Modelle

Modell	Gk 1.0	Gk 1.1	Tk 1.0	Tk 1.1	Tk 1.2	Tk 1.3	Tk 2.0	Tk 2.0a	Tk 2.0b	Tk 2.2
U.-Kat.	U(P)	U (P,S)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U(P)	U (P,S)	
Anzahl U	708	2.685	133	37	55	20	217	272	666	
Bereich	alle	alle	alle	FG-LSA	FGÜ	Mittel-insel	An-lage	An-lage	Anlage	FGÜ
log(DTV)	0,405 ***	0,472 ***	0,251 p=0.15				0,445 ***	0,561 ***	1,061 ***	
Anteil Einzelhandel	0,893 ***	1,115 ***	0,742 .	1.478 *		2,049 *		0,600 .	0,576 *	
bes. Verkehrs-erzeuger	0,350 **	0,260 **	0,496 *		0,925 **		0.353 .			1,041 ***
Anschluss-knotenpunkt	0,836 ***	0,757 ***								
Stadtgebiet/ Kernstadtbereich	0.376 *	0,264 *					0,481 .	0,485 *	0,366 *	
Bus-HS im Anl. oder Nahbereich	0.296 *	0,213 *	0,625 **				0,459 *	0,561 ***	0,339 **	
Tempo 50										0,512 ***
Ruhender Verkehr		0,389 ***							0,262 *	
Fahrbahn-breite				-0,257 .						
Fahrbahnzustand mangelhaft									0,646 *	
Gehweg Rad-fahrer frei					0,859 **					0,842 **
Radweg ohne Benutzungspflicht					- 0,437 .					0,305 .
*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10										

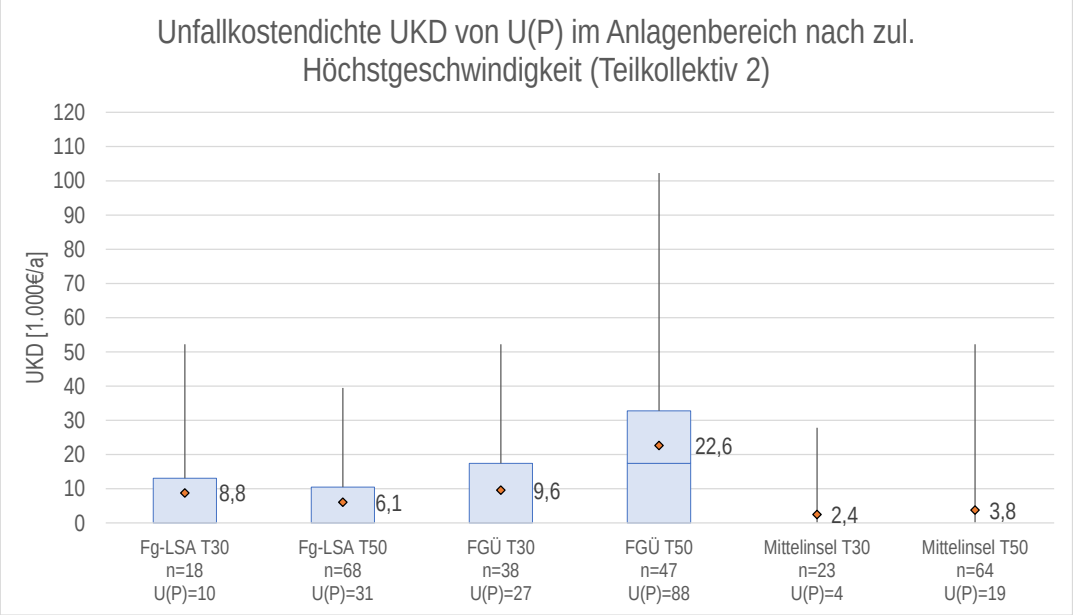


Abbildung 84: Anlagenvergleich differenziert nach Tempolimit basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 2)

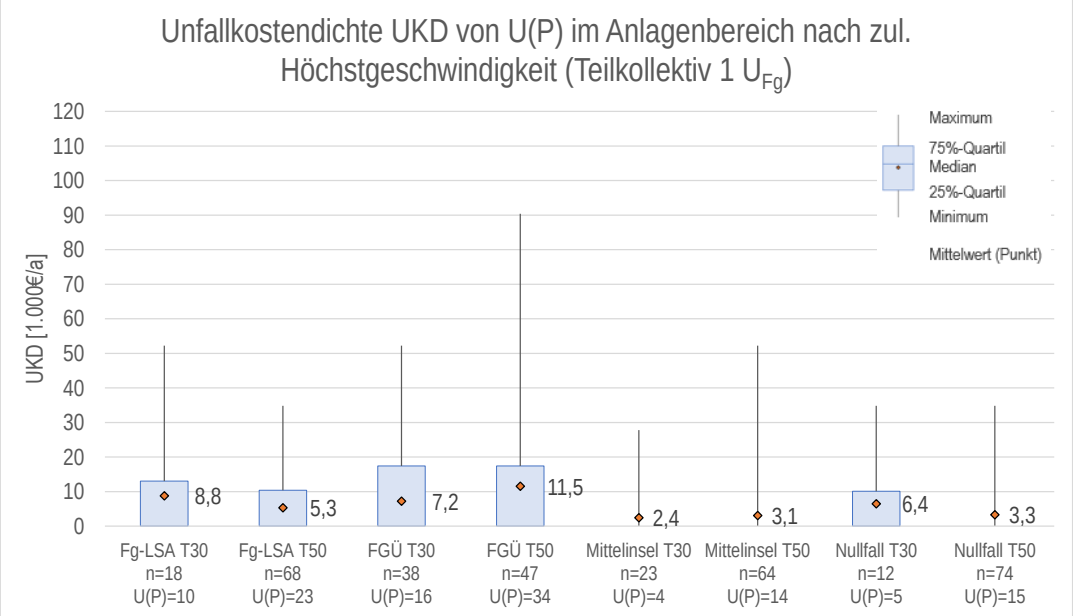


Abbildung 85: Anlagenvergleich differenziert nach Tempolimit basierend auf Unfallkostendichten (Teilkollektiv 1)

7.6 Anlagetyp-spezifische Analysen

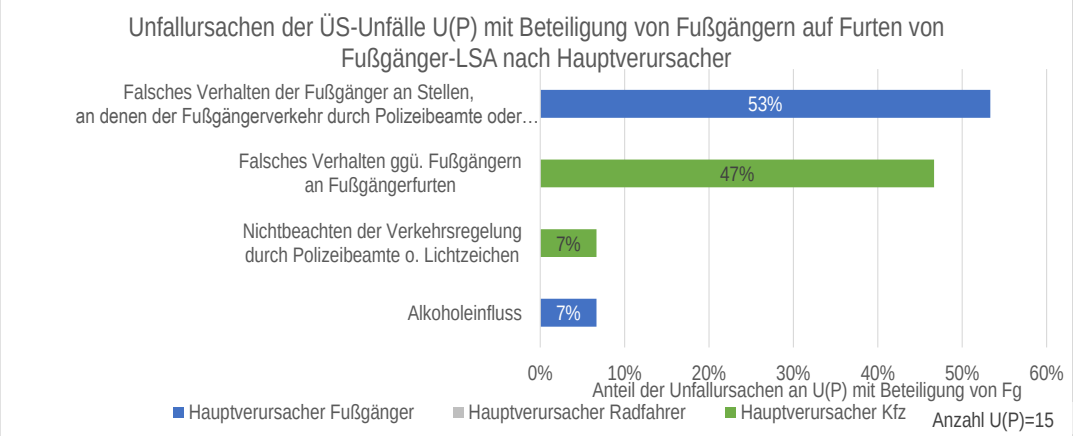


Abbildung 86: festgestellte polizeiliche Unfallursachen für Unfälle auf der Furt der FG-LSA

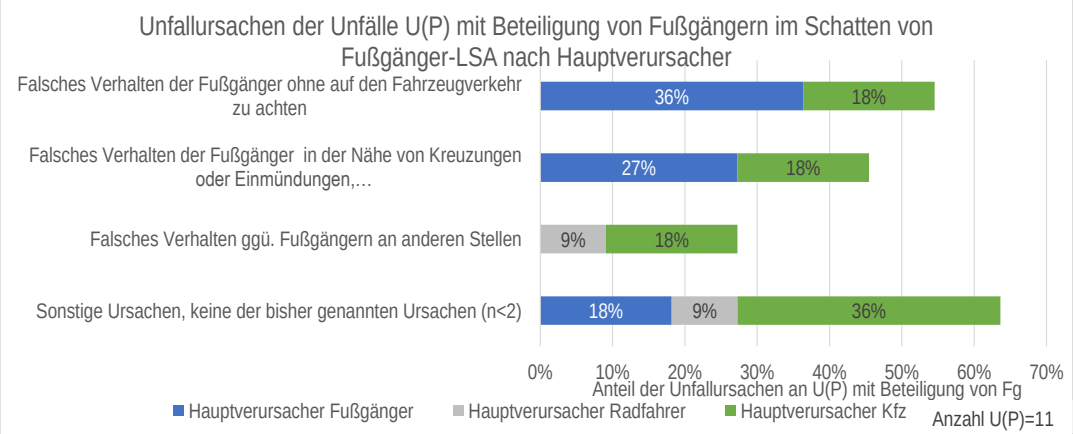


Abbildung 87: festgestellte polizeiliche Unfallursachen für Unfälle im Zu-/Ablauf der Furt der FG-LSA

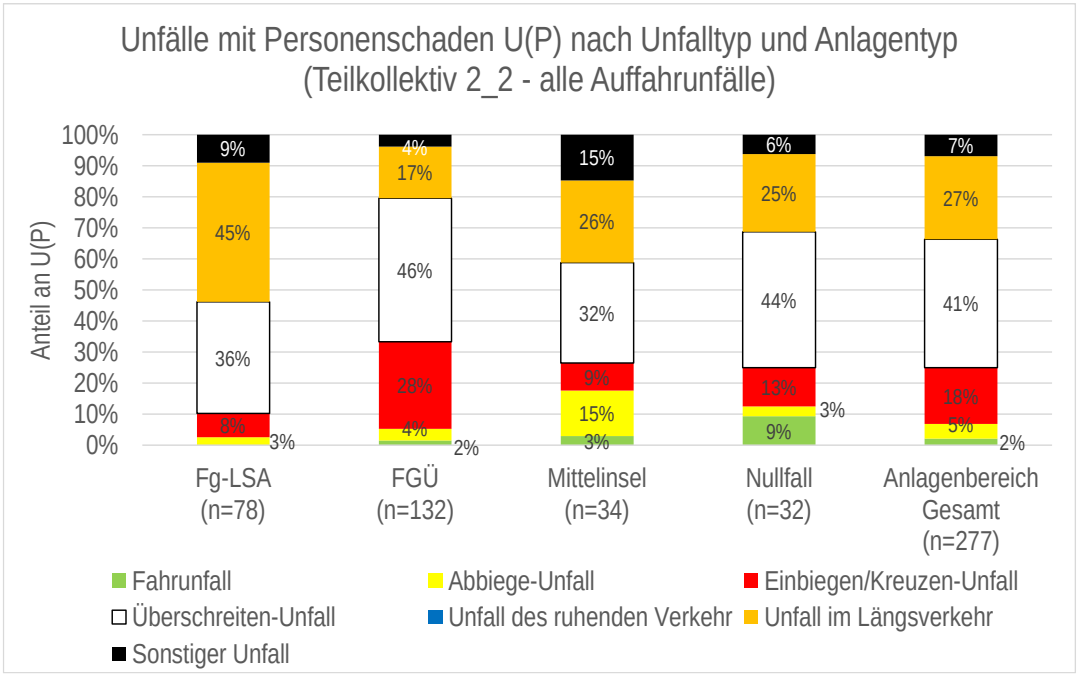


Abbildung 88: Unfälle mit Personenschaden nach Unfalltypen im Anlagenbereich (Teilkollektiv 2 unter Berücksichtigung aller Auffahrunfälle)

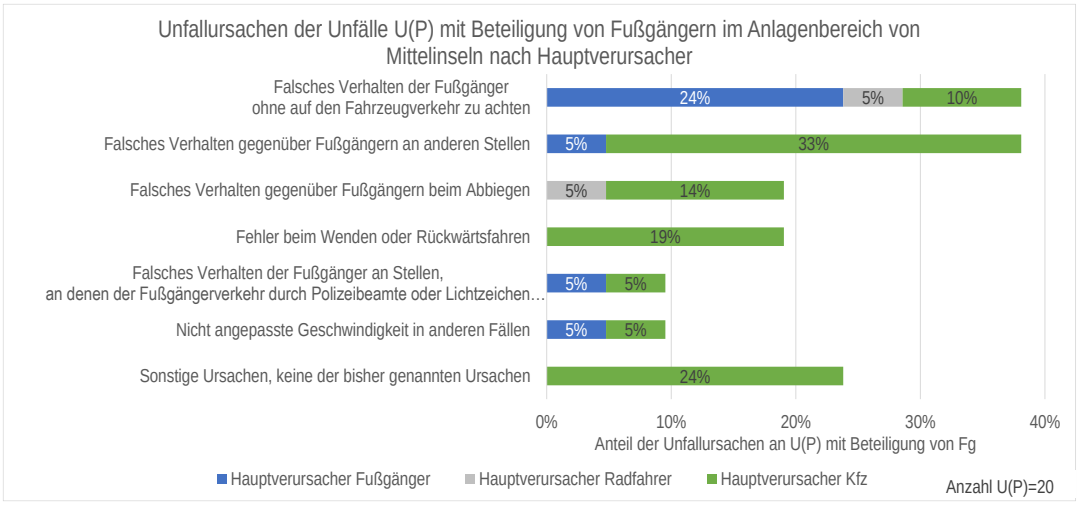


Abbildung 89: festgestellte polizeiliche Unfallursachen für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an Mittelinseln

7.7 Erhebungsstellen Stufe 3

Tabelle 31: Einzelstellen des Untersuchungskollektives Stufe 3

Nr.	ID	Stadt	Straße	Anlagentyp	Lagetyp	Auswahlgrund	Erhe-bungstag
1	6022	Berlin	Gehrenseestraße	FG-LSA	AKP	1 Unfall	10.08.2020
2	6010	Berlin	Goerzallee	FG-LSA	AKP	kein Unfall	10.08.2020
3	6223	Berlin	Ostpreußendamm	FG-LSA	AKP	kein Unfall	10.08.2020
4	6125	Berlin	Magistratsweg	FG-LSA	Strecke	1 Unfall	10.08.2020
5	6122	Berlin	Seegefelder Straße	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
6	6212	Berlin	Sundgauer Straße	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
7	6018	Berlin	Ahrendsfelder Chaussee	FG-LSA	Strecke	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
8	6029	Berlin	Prendener Straße	FG-LSA	Strecke	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
9	6285	Berlin	Schöneberger Straße	FG-LSA	Strecke	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
10	6111	Berlin	Gorkistraße	FGÜ	AKP	kein Unfall	10.08.2020
11	6205	Berlin	Teltower Damm	FGÜ	AKP	kein Unfall	10.08.2020
12	6066	Berlin	Pistoriusstraße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
13	6183	Berlin	Emmentaler Straße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
14	6253	Berlin	Königin-Luisen-Straße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
15	6256	Berlin	Birkbuschstraße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
16	6222	Berlin	Ostpreußendamm	FGÜ	Strecke	1 Unfall	10.08.2020
17	6092	Berlin	Annenstraße	FGÜ	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
18	6194	Berlin	Eichhorster Weg	FGÜ	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
19	6251	Berlin	Hüttenweg	FGÜ	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
20	6281	Berlin	Tiergartenstraße.	FGÜ	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
21	6042	Berlin	Kiefholzstraße	FGÜ	Strecke	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
22	6070	Berlin	Darsserstraße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	10.08.2020
23	6184	Berlin	Reginhardstraße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	10.08.2020
24	6232	Berlin	Marienfelder Allee	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	10.08.2020
25	6304	Berlin	Grünberger Straße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	10.08.2020
26	6098	Berlin	Lepsiusstraße	Mittelinsel	AKP	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
27	6509	Berlin	Wildenbruchstraße	Mittelinsel	AKP	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
28	6361	Berlin	Sewanstraße	Mittelinsel	Strecke	1 Unfall	10.08.2020
29	6050	Berlin	Kaulsdorfer Straße.	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
30	6136	Berlin	Kopenhagener Straße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
31	6218	Berlin	Machnower Straße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	10.08.2020
32	6185	Berlin	Drontheimer Straße	Mittelinsel	Strecke	mind. 2 Unfälle	10.08.2020
33	100107	Dresden	Tittmannstraß	FG-LSA	AKP	kein Unfall	08.07.2020
34	100234	Dresden	Boltenhagener Straße	FG-LSA	AKP	kein Unfall	08.07.2020
35	100397	Dresden	Pirnaer Landstraße	FG-LSA	AKP	kein Unfall	08.07.2020
36	152577	Dresden	Striesener Straße	FG-LSA	AKP	kein Unfall	08.07.2020
37	100771	Dresden	Magdeburger Straße	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	08.07.2020
38	104002	Dresden	Zamenhofstraße	FGÜ	Strecke	1 Unfall	08.07.2020

Nr.	ID	Stadt	Straße	Anlagentyp	Lagetyp	Auswahlgrund	Erhe-bungstag
39	104049	Dresden	Bergmannstraße	Mittelinsel	AKP	1 Unfall	08.07.2020
40	104026	Dresden	Bischofsweg	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	08.07.2020
41	104046	Dresden	Arnoldstraße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	08.07.2020
42	104163	Dresden	Gertrud-Caspari-Straße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	08.07.2020
43	104021	Dresden	Großenhainer Straße	Mittelinsel	AKP	mind. 2 Unfälle	08.07.2020
44	104154	Dresden	Dresdner Straße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	08.07.2020
45	104013	Dresden	Reisewitzer Straße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	08.07.2020
46	2098	Frankfurt	Thudichumstraße	FG-LSA	AKP	1 Unfall	27.08.2020
47	2088	Frankfurt	Heerstraße	FG-LSA	AKP	kein Unfall	27.08.2020
48	2002	Frankfurt	Kurmainzer Straße	FG-LSA	AKP	kein Unfall	27.08.2020
49	2053	Frankfurt	Rödelheimer Landstraße	FG-LSA	AKP	kein Unfall, Ersatz	27.08.2020
50	2105	Frankfurt	Praunheimer Weg	FG-LSA	Strecke	1 Unfall, Ersatz	27.08.2020
51	2042	Frankfurt	Oeserstraße	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
52	2140	Frankfurt	Oeder Weg	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
53	2051	Frankfurt	Waldschulstraße	FG-LSA	Strecke	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
54	2087	Frankfurt	Heerstraße	FG-LSA	Strecke	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
55	2135	Frankfurt	Schaumainkai	FG-LSA	Strecke	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
56	2060	Frankfurt	Wilhemshöher Straße	FGÜ	AKP	1 Unfall	27.08.2020
57	2033	Frankfurt	Pfaffenwiese	FGÜ	AKP	kein Unfall	27.08.2020
58	2022	Frankfurt	Marktstraße	FGÜ	AKP	kein Unfall, Ersatz	27.08.2020
59	2094	Frankfurt	Kleyerstraße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
60	2131	Frankfurt	Raimundstraße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
61	2137	Frankfurt	Ostparkstraße	FGÜ	Strecke	1 Unfall	27.08.2020
62	2077	Frankfurt	Dieburger Straße	FGÜ	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
63	2103	Frankfurt	Alt-Praunheim	FGÜ	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
64	2130	Frankfurt	Raimundstraße	FGÜ	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
65	2067	Frankfurt	Wächtersbacher Straße	FGÜ	Strecke	kein Unfall, Ersatz	27.08.2020
66	2040	Frankfurt	Oeserstraße	FGÜ	Strecke	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
67	2093	Frankfurt	Kleyerstraße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	27.08.2020
68	2122	Frankfurt	Homburger Landstraße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	27.08.2020
69	2120	Frankfurt	Homburger Landstraße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
70	2111	Frankfurt	In der Römerstadt	Mittelinsel	Strecke	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
71	3037	Hanau	Bruchköbeler Landstraße	FG-LSA	AKP	kein Unfall	27.08.2020
72	3025	Hanau	Burgallee	FG-LSA	AKP	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
73	3044	Hanau	Sandeldamm	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	27.08.2020
74	3031	Hanau	Kastanienallee	FGÜ	AKP	kein Unfall	27.08.2020
75	5091	Magdeburg	Halberstädter Chaussee	FG-LSA	AKP	1 Unfall, Ersatz	01.09.2020
76	5102	Magdeburg	Schilfbreite	FG-LSA	AKP	kein Unfall	01.09.2020
77	5049	Magdeburg	Helmstedter Chaussee	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	01.09.2020
78	5106	Magdeburg	Halberstädter Chaussee	FGÜ	AKP	1 Unfall	01.09.2020

Nr.	ID	Stadt	Straße	Anlagentyp	Lagetyp	Auswahlgrund	Erhe-bungstag
79	5181	Magdeburg	Kroatenweg	FGÜ	AKP	kein Unfall	01.09.2020
80	5185	Magdeburg	Arndtstraße	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	01.09.2020
81	5175	Magdeburg	Dodendorfer Straße	FGÜ	Strecke	1 Unfall	01.09.2020
82	5104	Magdeburg	Harzburger Straße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	01.09.2020
83	5128	Magdeburg	Ebendorfer Straße	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	01.09.2020
84	5131	Magdeburg	Berliner Chaussee	Mittelinsel	AKP	kein Unfall	01.09.2020
85	5037	Magdeburg	Leipziger Chaussee	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	01.09.2020
86	5123	Magdeburg	Scharnhorstring	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	01.09.2020
87	5177	Magdeburg	Galileostraße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	01.09.2020
88	7053	München	Meyerbeerstraße.	FG-LSA	Strecke	1 Unfall	30.09.2020
89	7086	München	Putzbrunner Straße	FG-LSA	Strecke	kein Unfall	30.09.2020
90	7020	München	Daglfinger Straße	FGÜ	AKP	1 Unfall	30.09.2020
91	7068	München	Aschenbrennerstraße	FGÜ	Strecke	1 Unfall	30.09.2020
92	7082	München	Henschelstraße	FGÜ	Strecke	1 Unfall, Ersatz	30.09.2020
93	7092	München	Staudinger Straße	FGÜ	Strecke	kein Unfall	30.09.2020
94	7016	München	Ostpreussenstraße	Mittelinsel	AKP	1 Unfall	30.09.2020
95	7046	München	Weinbergerstraße	Mittelinsel	Strecke	1 Unfall, Ersatz	30.09.2020
96	7019	München	Denninger Straße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	30.09.2020
97	7088	München	Karolingerallee	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	30.09.2020
98	7094	München	Riemer Straße	Mittelinsel	Strecke	kein Unfall	30.09.2020
99	4003	Offenbach	Starkenburgering	FGÜ	AKP	mind. 2 Unfälle	27.08.2020
100	4004	Offenbach	Friedrichsring	FGÜ	Strecke	kein Unfall	27.08.2020

7.8 Unfallmodelle Stufe 3

Tabelle 32: Ausgewählte Modellergebnisse für Stufe 3

Anlagen-bereich	Gesamt-kollektiv		Teilkollektiv 1		Teilkollektiv 2	
U(P)	235		72		104	
k	-4,37	**	-6,87	**	-6,68	***
log(FgQ2h)	0,26	*	0,39	*	0,29	*
log(Kfz2h)	0,26	0,25	0,36	0,24	0,44	.
RfQ2h	0,0007	0,63	-0,00001	0,96	0,0015	0,30
AKP	0,76	***	0,29	0,31	0,09	0,71
v_{zul}<50km/h	-0,08	0,73	0,25	0,41	-0,06	0,82
FGÜ	0,28	0,30	0,81	*	1,20	***
FG-LSA	0,44	0,11	0,40	0,32	0,32	0,38
Mittelinsel	-		-		-	

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

7.9 Erhebungsbogen für die Vor-Ort-Erhebung schutzbedürftiger Personen

Beobachtungsstelle:						Uhrzeit:				Nr.:
M		W		unklar		Kind		Alter (ca.)		
Handy		Kinderwagen				Gehhilfe (Art)				
Gruppe						Begleitung durch Erwachsene				
Ohne Halt		Halt Rand					Halt Mitte			
			hält	hält nicht	kein FZ	Q im Rückstau anliegend				
FS 1	1. Fahrzeug					Q im Rückstau ggü. liegend				
FS 1	2. Fahrzeug					Bei LSA: fordert an?				
FS 2	1. Fahrzeug					Rotlichtmissachtung				
FS 2	2. Fahrzeug					FGÜ: Q-Beginn erst, wenn Beachtung durch Kfz eindeutig				
Sichtbehinderungen (temporär) (Art der Sichtbehinderung)										
Abgebrochene Querungen (Grund)										
Sicherungsverhalten	Im Vorlauf der Querung									
	Direkt vor der Querung									
	Bei der Querung									
Wartezeit vor Querung [s]						Wartezeit auf MI [s]				
Einstufung der Interaktion		Interaktion 1: ◯ Ohne Behinderung ◯ Mit Behinderung ◯ Mit Gefährdung				Interaktion 2: ◯ Ohne Behinderung ◯ Mit Behinderung ◯ Mit Gefährdung				
Ort der Interaktion: Interaktionsbeteiligte: Beschreibung der Interaktion:										

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