Toter Winkel – Herleitung von Problemfeldern und Entwicklung von Maßnahmen bei Unfällen mit rechtsabbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr an unfallauffälligen Knotenpunkten in Berlin

vorgelegt von:

Janina-Charline Michel, M.Sc.

bei der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme

der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften

- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender:	Prof. Dr. Oliver Schwedes
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Christian Holz-Rau

Tag der wissenschaftlichen Aussprache am 24.05.2019

Berlin 2019

Anmerkung / Vorwort

Im Allgemeinen wurde eine geschlechterneutrale Schreibweise verwendet. An einigen Stellen ist jedoch aufgrund der besseren Lesbarkeit oder durch übernommene Zitate die männliche Sprachform genutzt worden. Die Personenbezeichnungen gelten jedoch gleichermaßen für beide Geschlechtsformen.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand als Dissertationsschrift zwischen den Jahren 2016 und 2019 am Fachgebiet Straßenplanung und Straßenbetrieb der Technischen Universität Berlin. Die Veröffentlichung nutze ich gerne, um mich für die zahlreiche Hilfe und Unterstützung unterschiedlicher Art und Weise zu bedanken.

Die grundlegende Idee der Doktorarbeit entstand auf Basis eines übernommenen Forschungsprojektes, was bisher unveröffentlicht ist. Die starke Öffentlichkeitswirkung, die bei Unfällen zwischen Güterverkehr und ungeschützten Verkehrsteilnehmenden besteht und mir bereits einige Fernsehauftritte ermöglicht hat, sowie die leider nicht gesunkene Anzahl der Unfälle, haben mich dazu gebracht, weiter in dem Gebiet zu forschen. Für die Möglichkeit und die Unterstützung danke ich meinem Doktorvater Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter. Zudem danke ich allen geschätzten (ehemaligen) Kollegen des Fachgebietes Straßenplanung und Straßenbetrieb für eure Meinungen, kritischen Anmerkungen und Diskussionen, die mir geholfen haben, das Werk zu vollenden. Vor allem möchte ich mich bei euch für die großartige Unterstützung bedanken.

Ebenso geht mein Dank an meinen Zweitbetreuer Herrn Prof. Dr.-Ing. Christian Holz-Rau für die Übernahme des Zweitgutachtens sowie für die Anmerkungen und Diskussionen. Herrn Prof. Dr. Oliver Schwedes danke ich für den Promotionsvorsitz.

Zu guter Letzt spreche ich meinen tiefen Dank an meine Familie aus, die für mich die größte Stütze war. Auch wenn Worte nicht den unendlichen Dank dafür ausdrücken können, möchte ich es nicht versäumen, meinen Schwestern Lara und Cora für ihre unglaubliche Unterstützung von Herzen zu danken. Ebenso danke ich meinen Eltern Sabine und Thomas Sachs sowie meinen Großeltern Gisela und Arnold Müller, die mich immer unterstützt haben. Euer unendlicher Stolz hat mich stets motiviert, dieses Werk abzuschließen. Auch wenn noch nicht lange zur Familie gehörend, möchte ich mich bei meiner Schwiegermutter Karina Michel für ihre Hilfe und positive Zusprechung bedanken.

Der letzte Dank geht an meinen Ehemann Karl Michel, den ich während der Dissertation geheiratet habe. Du gibst mir die nötige Kraft und Motivation, hast für jede Situation die passenden Worte bereit und hast mich in einer Art und Weise aufgebaut, die ich mir nicht besser hätte wünschen können. Ich bin sehr dankbar, dich an meiner Seite haben zu dürfen.

Ich möchte die Dissertation meiner Freundin Lene widmen, die mich jederzeit ermutigt und die ein oder anderen Diskussionen und Zweifel ertragen hat. Sie hat einen erheblichen Anteil daran, dass ich die Arbeit fertiggestellt habe. Leider musste sie uns vor zwei Jahren viel zu früh verlassen. Ruhe in Frieden – du wirst in Gedanken immer bei uns sein.

Janina-Charline Michel

Kurzfassung

Etwa 50 % der Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung in Berlin sind Abbiegeunfälle (ADFC Berlin e.V. o.J.c). Schwerwiegende Unfallfolgen treten häufig dann auf, wenn abbiegende Lkw beteiligt sind (Richter et al. 2014a). Des Weiteren ist in den vergangenen Jahren keine Abnahme dieser Unfälle zu erkennen (ADFC Berlin e.V. o.J.b). Mit dem prognostizierten steigenden Rad- und Schwerverkehr ist die Untersuchung der Problematik unumgänglich (Umweltbundesamt 2018). Für den Konflikt zwischen rechtsabbiegenden Kfz und geradeaus fahrendem Radverkehr sind in den gültigen Planungsrichtlinien bereits einige Maßnahmen zur Entschärfung vorhanden. Beispielsweise sind hier das Vorziehen der Radverkehrshaltlinie und der Zeitvorsprung des Radverkehrs zu nennen (FGSV 2006). Die Vielzahl der enthaltenen Maßnahmen zielt jedoch auf die Situation ab, wenn der Rad- (und Kfz-) Verkehr nach dem Stillstand bei Freigabebeginn die Fahrt fortsetzt. Dabei werden in vorangegangenen Analysen häufig genau jene Konfliktsituationen als bedeutend genannt, in denen sich der Radverkehr von hinten dem Knotenpunkt nähert und ohne Halt passiert (Kolrep-Rometsch et al. 2013). Maßnahmen, die diese Konfliktsituation entschärfen, sind einerseits nur wenige vorhanden und andererseits nur unkonkret in den Richtlinien formuliert. So ist das Freihalten der Sicht und die Heranführung des Radverkehrs in das Sichtfeld des abbiegenden Verkehrs ohne genaue Vorgaben verankert (FGSV 2010). Dabei stellten bisherige Untersuchungen fest, dass knapp die Hälfte der unfallbelasteten Knotenpunkten Sichtbehinderungen aufweisen (Kolrep-Rometsch et al. 2013; Richter et al. 2014a). Inwiefern diese jedoch tatsächlich die Sicht beeinflussen, ist nicht erforscht worden. Speziell Lkw-Fahrenden, die aufgrund des Fahrzeugaufbaus bereits eine limitierte Sicht haben, könnten diese Sichthindernisse zusätzliche Probleme bereiten.

Zur Problemlösung werden mitunter Assistenzsysteme vorgeschlagen, die den Lkw-Fahrenden beim Abbiegen vor Hindernissen warnen. Eine Pflichtausstattung gibt es hierfür noch nicht – wird aber angestrebt. Dennoch sind kurzfristige und zusätzliche Maßnahmen zur Konfliktentschärfung notwendig, da einerseits die Implementierung bei allen Lkw wenigstens ein Jahrzehnt dauert und andererseits auch Assistenzsysteme an die Grenzen der Detektion stoßen können. Dies könnte der Fall sein, wenn beispielsweise die Radverkehrsanlage zu weit vom Fahrbahnrand entfernt liegt oder durch Hindernisse verdeckt wird.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll deshalb ermittelt werden, inwiefern die Sicht der Lkw-Fahrenden auf die Radverkehrsanlage durch zusätzliche, infrastrukturelle Sichtbehinderungen beeinflusst wird. Hierzu werden sowohl Unfallanalysen als auch Sichtanalysen durchgeführt. Bei letzteren sind zwei Fahrtzustände des Lkw von Bedeutung: Einerseits die gerade Fahrzeugstellung – während der Heranfahrt an den Knotenpunkt – und andererseits die bereits eingelenkte Position bei der Kurvenfahrt des Abbiegevorgangs. Hier entsteht je nach Fahrzeugaufbau eine Schrägstellung, sodass stark eingeschränkte Sichtverhältnisse auftreten können. Im Rahmen der Unfallanalyse ist festzustellen, dass Sichthindernisse ein größeres Problem darstellen, als bisher angenommen. So steigt die Anzahl der Knotenpunktarme mit Unfällen, bei denen Sichtbehinderungen vorliegen, von 41 % auf 74 % (bei Knotenpunktarmen mit mindestens drei Unfällen) an. Dies bestätigt sich

in den Sichtanalysen, bei denen in sieben der 27 in Berlin untersuchten Knotenpunkte keine Sicht auf die Radverkehrsanlage gegeben ist. Begründet werden kann das vor allem durch die lokalen Sichthindernisse sowie die Knotenpunktgeometrie. Bestätigend hierzu konnte in der Unfallanalyse der 27 unfallbelasteten Knotenpunkte mit mindestens drei Unfällen in Berlin festgestellt werden, dass große Richtungsänderungswinkel (kleine Abbiegeradien) und geringe Breiten der Knotenpunktausfahrt ungünstig sind, da der Lkw seine Schleppkurve anpassen muss. Dies kann, wie einige Autoren bereits festgestellt haben, zum Ausholen nach links und somit zur Fehleinschätzung seitens der Radfahrenden führen (Niewöhner und Berg 2004). Zudem konnte analysiert werden, dass weitere sieben der 27 Knotenpunkte eine erhebliche Sichteinschränkung aufweisen, sodass der Radverkehr nur unter bestimmten Voraussetzungen sichtbar ist. Zu diesen Voraussetzungen zählen die korrekte Einstellung der vorhandenen Spiegel am Lkw und der Blick des Fahrzeugführenden zum richtigen Zeitpunkt in den jeweiligen Spiegel.

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten konnte eine Maßnahme entwickelt werden, die die Sicht auf die Radverkehrsanlage gewährleistet, sodass zumindest die Chance besteht, den Radverkehr wahrnehmen zu können. Sie besteht in einer Mindestlänge der Heranführung der Radverkehrsanlage an den rechten Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes. Die Berechnung erfolgt in Abhängigkeit vom Bremsweg. Daraus resultiert, dass die Mindestlänge der Heranführung 13 m betragen sollte. Diese ist aber nur in Ausnahmefällen anzuwenden, da es das absolute Mindestmaß darstellt. Aufgrund der Geschwindigkeiten und Reaktions- bzw. Auswirkzeiten sollte eine Mindestheranführung von 20 m bis 30 m vor jedem Knotenpunkt eingeführt werden. Wird der Fahrstreifen vor dem Abbiegen gewechselt, so ist eine Länge der Heranführung von ca. 50 m nötig, um das Fahrzeug inklusive der Spiegel in eine erneut gerade Stellung zu bringen und die gesamte vorgeschriebene Sicht zu erhalten (Schäfer 2017). Der seitliche Abstand zum rechten Fahrbahnrand kann mit 0,5 m beibehalten werden und sollte auf Basis der vorgeschriebenen Spiegel nicht mehr als 1 m betragen.

Weitere Maßnahmen, wie beispielsweise die getrennte Signalisierung der konfliktbehafteten Ströme, die Schaffung von einheitlichen Angaben für das direkte Sichtfeld sowie die Erweiterung der Vorgaben für das indirekte Sichtfeld für alle Nutzfahrzeugtypen sollten in Zukunft in den Richtlinien verankert werden. Hierzu bedarf es zum Teil jedoch noch umfangreicher Analysen, welchen Wert die Grenzwerte der Kriterien annehmen sollten. Die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in Städten auf 30 km/h könnte aufgrund des kürzeren Bremsweges in Verbindung mit einer längeren Zeitspanne zur Aufnahme der visuellen Informationen sicherheitsfördernd wirken. Auch alternative Mobilitätskonzepte zur Reduzierung der Konflikte sind denkbar, müssen aber weiteren Analysen unterzogen werden. Technische Neuheiten, die an der Infrastruktur befestigt sind und den abbiegenden Verkehr vor ungeschützten Verkehrsteilnehmenden warnen, sind grundsätzlich gute Innovationen. Dennoch müssten diese an jedem Knotenpunkt installiert werden, da viele einzelne Unfälle an verschiedenen Knotenpunkten und tendenziell „zufallsbedingt“ auftreten (Richter et al. 2014a).

Abstract

Approximately 50 % of all cycling accidents in Berlin are turning accidents (ADFC Berlin e.V. o.J.c). Serious consequences of such accidents are likely to occur when turning heavy goods vehicles are involved (Richter et al. 2014a). In addition to that no decline of these accidents is recognizable over the past few years (ADFC Berlin e.V. o.J.b). Due to the anticipated rise in cycling and heavy goods traffic, analyses regarding this problem are inevitable (Umweltbundesamt 2018). For the conflict of turning heavy goods vehicles and straight driving cyclists at intersections, there already are moderation measures in the valid guidelines for road planning. Including, for example, relocating the cyclists` stop line further to the front and a head-start for cycle traffic (FGSV 2006). Even though many previous analyses emphasise on the importance of conflicts where cyclists approach the intersection from behind and pass without stopping, most of the already existing measures are aimed at continuing cycle and road traffic after a complete standstill (Kolrep-Rometsch et al. 2013). Measures to avoid or moderate these conflicts are very sparsely and only vaguely included in the guidelines. Keeping the drivers' view clear and the guidance of the cycle traffic towards the vision of the turning traffic are such unspecific put measures (FGSV 2010). At the same time previous researches show that almost half of the conflict affected intersections are visually obstructed (Kolrep-Rometsch et al. 2013; Richter et al. 2014a). The degree of visual obstruction, however, was not investigated. Especially heavy goods vehicle drivers, who already have to deal with obstacles due to the vehicle structure, could be affected even more by those visual obstructions.

As a potential solution, those previous researches indicate assistance systems, which are supposed to warn the driver before turning if there are any obstacles. These systems are not obligatory equipment yet, but it is definitely targeted. Introducing further short-term measures is mandatory due to an implementation period of at least a decade for every heavy goods vehicle and the limitations of the assistance systems. These can occur, when the cycle path is located too far away from the roadside or is being covered by other obstacles.

In the context of this work it should be therefore determined, in which way the vision of the heavy goods vehicle driver on the cycle path is affected by additional visual obstructions caused by infrastructure. For this, accident analyses as well as vision analyses will be executed. For the vision analysis two different driving conditions concerning the heavy goods vehicle are important: On the one hand side the straight position of the heavy goods vehicle during the approach to the intersection and on the other hand the already steered position of the heavy goods vehicle during the turn. At this point – depending on the vehicle structure – an angular position can result, so that very limited vision conditions can occur. The accident analysis shows that visual obstructions are a much bigger problem than assumed so far. With this, the number of intersection branches with accidents, where visual obstructions are existent, rises from 41 % to 74 % at those intersection branches with minimum three accidents (accident frequency). This is confirmed throughout the vision analysis, in which at seven of the 27 analysed intersections in Berlin no vision on the cycle path is existent. This can especially be justified by the local visual obstructions as well as the geometry of the

intersection itself. Another verifying aspect is, throughout the accident analysis of the 27 conflict affected intersections with minimum three accidents in Berlin, it was asserted that great changes of direction (little turning radiuses) and small widths at the intersection exit are inadequate, because the heavy goods vehicle has to adapt its tractrix curve. This can – as some authors already noticed – lead to the heavy goods vehicle striking out to the left and thus to a misjudgement by the cyclists (Niewöhner und Berg 2004). Furthermore, it could be analysed that another seven of the 27 intersections have visual obstructions of such significance, that the cyclists are only visible under specific requirements. These requirements add in the correct placement of the existing mirrors at the heavy goods vehicle and the look of the heavy goods vehicle driver at the right moment in the particular mirror.

Basing on the available data a measure was developed, which can ensure the vision on the cycle path, so that there is at least the chance of noticing the cyclists. This measure is composed of a minimum length of the guidance of the cycle path to the right hand roadside leading up towards the intersection. The calculation is made in dependency of the braking distance. As a result of this calculation, the minimum length of the guidance should be 13 m. Due to the reaction time and braking distance, the normally length should be 20 m to 30 m, as well as in other European cities announced. Basing on the vision analysis the minimum length of the guidance should be 25 m, because only then the cycle path can be seen in the whole area of the wide angle mirror. If the lane is changed before the turn, the guidance has to be approximately 50 m to bring the vehicle with its mirrors in a straight position again and to get the whole mandatory vision (Schäfer 2017). The lateral distance to the roadside can be maintained at 0,5 m and should not be extended to more than 1 m basing on the mandatory mirrors. The aim is to identify precise parameter specifications to ensure the vision and help to increase the safety of cyclists.

Other measures, such as the separate signalization of conflicting streams, the establishment of uniform specifications for the direct vision as well as the extension of the guidelines for the indirect vision concerning all types of utility vehicles, should be implemented in the guidelines in the future. For this, however, extensive research is necessary to determine which dimensions the boundary values should be in. The reduction of the speed limit in cities to 30 km/h could enhance safety due to a shorter braking distance in connection with a longer period of time in which the visual information can be taken in. Alternative concepts of mobility for the reduction of conflicts are possible, too, but they have to undergo further analyses. Technical novelties, which are fixed to infrastructural installations that warn the turning traffic of unprotected traffic participants, are basically good innovations. Nevertheless, they would have to be implemented at every single intersection, because accidents happen area-wide and partly at random (Richter et al. 2014a).

Inhaltsverzeichnis

Anmerkung / Vorwort II
Danksagung III
Kurzfassung IV
Abstract VI
Inhaltsverzeichnis VIII
Abbildungsverzeichnis XII
Tabellenverzeichnis XIV
Abkürzungsverzeichnis XV
1 Einleitung 1
1.1 Hintergrund 2
1.2 Nationale und internationale Zielvorgaben 3
1.3 Abgrenzung und Ziel der Arbeit 4
1.4 Aufbau und Vorgehen 5
2 Grundlagen – Stand der Wissenschaft und Technik 7
2.1 Definitionen und Begriffserläuterungen 8
2.1.1 Abgrenzung Straßenverkehrssicherheit 8
2.1.2 Verkehrssicherheit 10
2.1.3 Lastkraftwagen und Güterkraftfahrzeug 11
2.2 Verkehrliche Aspekte 12
2.2.1 Geschwindigkeit 12
2.2.2 Verkehrsstärke 13
2.2.3 Qualität des Verkehrsablaufs 14
2.3 Infrastrukturelle Aspekte 15
2.3.1 Rechtsabbiegeführung des Kraftfahrzeugverkehrs 15
2.3.2 Führungsformen des Radverkehrs 17
2.3.2.1 Rechtliche Gegebenheiten 17
2.3.2.2 Fahrbahnführung 18
2.3.2.3 Führung im Seitenraum 20
2.3.2.4 Knotenpunktbereich 22
2.3.3 Signalisierung 23
2.3.4 Sichtverhältnisse 25

2.3.5 Oberflächenbeschaffenheit 25
2.4 Fahrzeugseitige Aspekte 26
2.4.1 Direkte Sicht 26
2.4.2 Indirekte Sicht 27
2.4.2.1 Spiegel 27
2.4.2.2 Spiegel-Einstell-Planen 30
2.4.2.3 Blickzuwendungen 31
2.4.2.4 Kamera-Monitor-Systeme 32
2.4.3 Passive Schutzeinrichtungen 33
2.4.4 Assistenzsysteme 34
2.4.4.1 Sensorik 34
2.4.4.2 Vermeidbarkeitspotential durch Fahrerassistenzsysteme 35
2.4.4.3 Kategorien und Wirkung von Fahrerassistenzsystemen 36
2.4.4.4 Abbiegeassistent 36
2.4.5 Ergänzende Systeme 40
2.5 Fahrverhalten und Konfliktpotential 41
2.5.1 Fahrtzustand 41
2.5.2 Verhalten Radfahrende 43
2.5.2.1 Sicherungsstrategien Radfahrende 43
2.5.2.2 Fehlverhalten Radfahrende 43
2.5.3 Verhalten Fahrzeugführende 44
2.5.4 Personenbezogene Merkmale 45
2.5.4.1 Alter 46
2.5.4.2 Geschlecht 47
2.5.4.3 Helmtragequote 47
2.6 Zusammenfassung und Zwischenfazit vorhandener Maßnahmen 48
3 Untersuchungsmethodik 51
3.1 Datengrundlage Unfalldaten 51
3.1.1 Beschreibung der vorhandenen Unfalldaten 52
3.1.2 Grundauswahl der Unfalldaten 52
3.1.3 Filterung der Unfalldaten 53
3.2 Datengrundlage Infrastrukturmerkmale 54
3.2.1 Ermittlung von Infrastrukturmerkmalen 54
3.2.2 Ermittlung von Merkmalsausprägungen und deren Grenzwerte 55

3.3 Auswertung der Unfalldaten 59
3.3.1 Datengrundlage mesoskopische Unfallanalyse 60
3.3.2 Datengrundlage detaillierte Unfallanalyse 60
3.3.3 Datengrundlage knotenpunktfeine Analyse 61
3.4 Rahmenbedingungen zur Ermittlung der Sichtfelder 62
3.4.1 Ermittlung von Fahrtzuständen 62
3.4.2 Basisdaten für die Sichtanalysen 63
4 Unfallgeschehen rechtsabbiegender Lkw und geradeaus fahrender Radverkehr 64
4.1 Besonderheiten und Problematiken des Unfallkollektivs 64
4.2 Einordnung des Unfallgeschehens in das Gesamtunfallgeschehen in Berlin 67
4.3 Überblick der Unfälle in Berlin 2006 bis 2017 68
4.4 Mesoskopische Unfallanalyse der Unfälle in Berlin 2006 bis 2010 68
4.4.1 Zeitliche und örtliche Betrachtung der Unfälle 69
4.4.2 Alter und Geschlecht der beteiligten Personen 71
4.4.2.1 Alter und Geschlecht Lkw-Fahrender 71
4.4.2.2 Alter und Geschlecht Radfahrender 71
4.4.3 Unfallursachen 72
4.4.3.1 Regelverstöße der Lkw-Fahrenden 74
4.4.3.2 Regelverstöße der Radfahrenden 75
4.5 Detaillierte Unfallanalyse in Berlin 2006 bis 2010 77
4.5.1 Auswertung der Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand 78
4.5.2 Auswertung der Merkmalsausprägungen 79
4.6 Knotenpunktfeine Unfallanalyse an Knotenpunktarme mit mindestens drei Unfällen in Berlin 2006 bis 2010 83
4.6.1 Beschreibung der Knotenpunkte mit mindestens drei Unfällen 83
4.6.2 Unfallauswertung zusätzlicher Merkmalsausprägungen 84
4.7 Zusammenfassung der Unfallauswertungen und kritische Betrachtung der Ergebnisse 88
5 Analyse der Sichtfelder 90
5.1 Erster Fahrtzustand – Heranfahrt an den Knotenpunkt 90
5.1.1 Sichtfeld in beiden Spiegeln vorhanden 91
5.1.2 Sichtfeld nur im Weitwinkelspiegel vorhanden 91
5.1.3 Sichtfeld geringfügig im Weitwinkelspiegel vorhanden 92
5.2 Zweiter Fahrtzustand – Kurvenfahrt / eingelenkter Zustand 93
5.2.1 Leichte Sichteinschränkungen 94

5.2.2 Mittlere Sichteinschränkungen 94
5.2.3 Starke Sichteinschränkung vorhanden 95
5.2.4 Keine Sicht auf die Radverkehrsanlage möglich 96
5.3 Ergebnisse der Sichtanalysen 97
5.4 Zwischenfazit und kritische Betrachtung der Ergebnisse 99
6 Ermittlung von Gefahrenpotentialen 102
6.1 Ermittlung infrastruktureller Gefahrenpotentiale 102
6.2 Ermittlung betrieblicher Gefahrenpotentiale 104
6.3 Fahrverhalten und Konflikte 105
6.4 Ermittlung fahrzeugseitiger Einflüsse 105
6.5 Zusammenfassung der Gefahrenpotentiale 106
7 Generierung von Maßnahmenvorschlägen 108
7.1 Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand 108
7.1.1 Annahmen zur Berechnung der Heranführung 110
7.1.2 Zeitdauer der Radfahrenden 111
7.1.3 Bremsweg der Kraftfahrzeug-Fahrenden 112
7.1.4 Maßnahmenvorschlag zur Heranführung des Radverkehrs 116
7.2 Kritische Diskussion weiterer Maßnahmen für den herannahenden Radverkehr 117
7.2.1 Signalisierung 118
7.2.1.1 Bockschaltung 118
7.2.1.2 Getrennte Phasen beider Ströme 118
7.2.2 Radfahrstreifen in Mittellage 120
7.2.3 Direkte Sicht 121
7.2.4 Indirekte Sicht 122
7.2.5 Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit 123
7.2.6 Maßnahmen in anderen (europäischen) Ländern 125
7.3 Übertragung der Maßnahmen auf die Knotenpunkte in Berlin 126
8 Zusammenfassung / Fazit 129
9 Ausblick 135
10 Literaturverzeichnis 138
11 Anlagenverzeichnis i
12 Anlagen v

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Verkehrstoten in Deutschland (1953 bis 2015) 1

Abbildung 2: Radverkehrsunfälle mit Todesfolge nach Ursachen und Verursacher in Berlin (2008 bis 2014) 2

Abbildung 3: Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit 6

Abbildung 4: Auszug von Einflüssen auf den Straßenverkehr 7

Abbildung 5: Aspekte und Komponenten des Verkehrs 8

Abbildung 6: Einflüsse auf die Straßenverkehrssicherheit 9

Abbildung 7: Abbiegegeschwindigkeit von Güterfahrzeugen 13

Abbildung 8: Schleppkurve eines Sattelschleppers 16

Abbildung 9: Verkehrszeichen Radwegebenutzungspflicht 17

Abbildung 10: Radfahrstreifen im Knotenpunktbereich 19

Abbildung 11: Sichtschatten an Lkw und Pkw 26

Abbildung 12: direktes Sichtfeld aus dem Lkw für die Front (links) und rechte Seite (rechts) 27

Abbildung 13: vorgegebene Mindestsichtfelder des Lkws nach europäischer Richtlinie 28

Abbildung 14: Sichtfelder eines Lkws in 3D 29

Abbildung 15: Toter Winkel bei N3 Nutzfahrzeugen 29

Abbildung 16: Spiegel-Einstell-Plane 30

Abbildung 17: Befragung zur Pflichtausstattung KMS Lkw 37

Abbildung 18: Sensorik des Abbiege-Assistenten von Mercedes-Benz (rote Markierung) 38

Abbildung 19: Abbiegeassistenzsystem von Edeka zum Nachrüsten 40

Abbildung 20: Systemmodell Fahrer-Fahrzeug-Umgebung 41

Abbildung 21: detaillierte Untersuchungsmethodik 51

Abbildung 22: Unfallschwere nach unfallbeteiligtem Lkw-Fahrzeugtyp (2006 bis 2010) 66

Abbildung 23: Einordnung Rechtsabbiegeunfälle mit Kfz und Radfahrenden in das Unfallgeschehen in Berlin (2006 bis 2010) bei Unfällen mit Personenschaden 67

Abbildung 24: Verteilung der 368 Unfälle rechtabbiegender-Lkw und Radverkehr an 256 Knotenpunkten in Berlin 70

Abbildung 25: Unfallursachen nach beteiligter Person 74

Abbildung 26: Fehlverhalten der Radfahrenden nach Unfallschwere 77

Abbildung 27: ortsspezifische Darstellung der KPA mit mindestens drei Unfällen in Berlin (2006 bis 2010) 84

Abbildung 28: Heranfahrt mit Sicht in beiden Spiegeln 91
Abbildung 29: Heranfahrt mit Sicht nur über den Weitwinkelspiegel 92
Abbildung 30: Heranfahrt mit geringfügiger Sicht über beide Spiegel 93
Abbildung 31: leichte Sichteinschränkung bei Kurvenfahrt 94
Abbildung 32: mittlere Sichteinschränkung bei Kurvenfahrt 95
Abbildung 33: starke Sichteinschränkung bei Kurvenfahrt 96
Abbildung 34: keine Sicht bei Kurvenfahrt 97
Abbildung 35: Problematik des Radverkehrs aus freier Fahrt 107
Abbildung 36: Reduktion der Gefahrenpotentiale durch Heranführung an den KP 109
Abbildung 37: Prinzipskizze 10 m Heranführung des Radweges 110
Abbildung 38: Bremsverzögerung einer Gefahrenbremsung 112
Abbildung 39: Prinzipskizze der Varianten bei getrennter Signalisierung 119
Abbildung 40: Gesamtbremswege Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten 123
Abbildung 41: Prinzip des Zeitbedarfswertes 124
Abbildung 42: ganzheitliche Betrachtung der Maßnahmen zur Unfallreduktion 133

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung der Fahrzeugklassen 11
Tabelle 2: Spiegelgruppen und Fahrzeugklassenzuordnung 28
Tabelle 3: Fahrtzustand Kfz- und Radfahrende 42
Tabelle 4: Verhalten der Radfahrenden am KP 43
Tabelle 5: beobachtetes Verhalten Kfz-Fahrender beim Abbiegen 45
Tabelle 6: benötigte Datengrundlagen für die mesoskopische Unfallanalyse 60
Tabelle 7: benötigte Datengrundlagen für die detaillierte Unfallanalyse 61
Tabelle 8: benötigte Datengrundlagen für die knotenpunktfeine Unfallanalyse 61
Tabelle 9: Anzahl der leichten und schweren Lkw am Unfallgeschehen 66
Tabelle 10: jährliche Anzahl getöteter Radfahrender in Berlin 68
Tabelle 11: Unfallursachen der 368 Unfälle in Berlin (2006 bis 2010) 73
Tabelle 12: KPA mit Unfällen ohne Heranführung des Radverkehrs 79
Tabelle 13: KPA und Unfälle mit Heranführung des Radverkehrs 79
Tabelle 14: Vergleich der prozentualen Verteilung von Merkmalsausprägungen aller unfallbelasteter KPA 80
Tabelle 15: prozentualer Vergleich nach Grad der Sichtbehinderung 82
Tabelle 16: Analyse von neuen Merkmalsausprägungen der knotenpunktfeinen Analyse (27 KPA) 85
Tabelle 17: Zusammenfassung der Randbedingungen für die Sichtanalysen 90
Tabelle 18: Zusammenfassung der Sichtanalysen an Knotenpunkten mit mindestens drei Unfällen 98
Tabelle 19: infrastrukturelle Gefahrenpotentiale 103
Tabelle 20: betriebliche Gefahrenpotentiale 105
Tabelle 21: fahrzeugseitige Gefahrenpotentiale 106
Tabelle 22: Zusammenfassung der Gefahrenpotentiale 107
Tabelle 23: Zeitdauer Radfahrende bei 10 m Heranführung (Ausschnitt 18 - 23 km/h) 111
Tabelle 24: Bremswegtabelle reiner Bremsweg (Ausschnitt) 113
Tabelle 25: Gesamtbremsweg Kfz unter optimalen Bedingungen 114
Tabelle 26: Zeitdauer des RV und des Kfz inkl. Bremsweg 115
Tabelle 27: Verbesserung der kritischen Knotenpunkte 128

Abkürzungsverzeichnis

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BG	Berufsgenossenschaft
Bt	beteiligte Person (bei einem Unfall)
DEKRA	Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke [Fahrzeuge/24h]
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
EU	Europäische Union
FAS	Fahrerassistenzsysteme
FB	Fahrbahn
FG	zu Fuß Gehende
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FGÜ	Fußgängerüberweg
FS	Fahrstreifen
FV	Fußverkehr
GA	Geradeaus
GDV	Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Gfz	Güterfahrzeug
GKB UG	Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin
h	Stunde
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
HL	Haltlinie
HVS	Hauptverkehrsstraße
KMS	Kamera-Monitor-System
KP	Knotenpunkt(e)
KPA	Knotenpunktarm (eine Zufahrt zum Knotenpunkt)
$KPA_{\geq 3U}$	Knotenpunktarm mit mindestens drei Unfällen
Lkw	Lastkraftwagen

Lfw	Lieferwagen
LSA	Lichtsignalanlage(n)
MAN	Nutzfahrzeugfirma „Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG“
MFS	Mischfahrstreifen
RA	Rechtsabbieger/in
RÄW	Richtungsänderungswinkel
RF	Radfahrende
RFS	Radfahrstreifen
RiLSA	Richtlinien für Lichtsignalanlagen
RIM	Radfahrstreifen in Mittellage
RIN	Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
RV	Radverkehr
RVA	Radverkehrsanlage
RW	Radweg (baulich angelegter Radweg im Seitenraum)
StEP	Stadtentwicklungsplan Berlin
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
U	Unfall/Unfälle
UDV	Unfallforschung der Versicherer
UU	Unfallursache
VDA	Verband der Automobilindustrie
VP	Verkehrspolizist/in
VwV-StVO	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung
Z	Zeichen (Verkehrszeichen)

1 Einleitung

Seit Jahrzehnten nimmt die Anzahl der Unfälle mit getöteten Personen kontinuierlich ab. Dies lässt sich oftmals durch gesetzgeberische Maßnahmen wie Promillegrenzen, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Helmtrage- oder die Gurtanlegepflicht erklären. Auch die Verbesserung der Fahrzeuge und Infrastruktur hat einen maßgeblichen Anteil am Rückgang der tödlichen Unfälle. Durch die jedoch im Gegensatz zu gesetzgeberisch eingeführten Maßnahmen nicht zeitgleiche und flächendeckende Einführung, können nur bedingt Rückschlüsse auf einen Rückgang der Unfallzahlen gezogen werden. Einen Überblick über die eingeführten gesetzgeberischen Maßnahmen und den mit ihnen verbundenen Rückgang der Verkehrstoten gibt Abbildung 1.

Mittlerweile ist ein leichter Anstieg bzw. eine Stagnation der Verkehrstoten zu verzeichnen. Während 2013 noch 3.339 Personen bei Verkehrsunfällen starben, wurden 2014 bereits 3.377 und 2015 sogar 3.459 Personen getötet. Im Jahr 2016 ist mit 3206 tödlich Verunglückten wieder ein geringfügiger Rückgang zu verzeichnen (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017a, S. 44). Bezogen auf die Unfälle mit Radfahrenden lässt sich ein ähnlicher Trend feststellen. So ist eine kontinuierliche Reduzierung der Unfälle seit dem Jahr 1979 von 70 % zu verzeichnen. Seit 2010 sind diese aber mit ca. 400 Getöteten pro Jahr auf einem relativ gleichbleibenden Niveau (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017b, S. 24). Auch wenn die Zahlen mitunter stochastischen Schwankungen unterliegen, zeigen sie deutlich, dass eine Stagnation zu verzeichnen ist, was den dringenden Handlungsbedarf unterstreicht. Besonders deutlich wird dies, wenn der Rückgang der Getöteten auf die Art der Verkehrsbeteiligung betrachtet wird. So ist von 1996 bis 2016 ein Rückgang der Unfälle mit Getöteten bei Pkw von 70 %, bei Fußgänger/innen von 58 %, bei Lkw von 46 %, bei Krafträdern von 40 % und bei Fahrrädern von nur 34 % zu verzeichnen (vgl. Anlage 1).

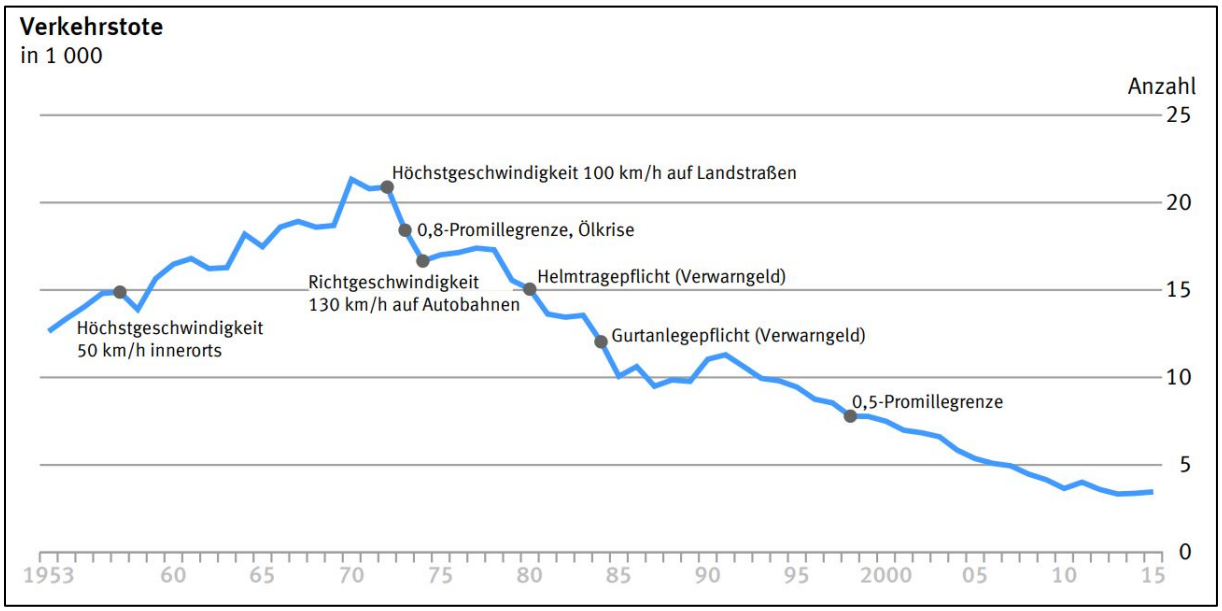


Abbildung 1: Entwicklung der Verkehrstoten in Deutschland (1953 bis 2015)

Quelle: Statistisches Bundesamt (2016, S. 7)

Nahezu 70 % aller gemeldeten Verkehrsunfälle 2015 waren innerhalb geschlossener Ortschaften zu verzeichnen, die auch den höchsten Anteil an Schwer- und Leichtverletzen ausmachen (Statistisches Bundesamt 2016, S. 13).[1] Die hohe Anzahl der Unfälle innerhalb von Ortschaften lässt sich mitunter auf die Komplexität und das Zusammentreffen vieler am Verkehr teilnehmenden Personen und Wegekreuzungen zurückführen. Dies erfordert eine hohe Aufmerksamkeit und Achtsamkeit. Aufgrund der geringeren Geschwindigkeiten verunglücken hier weniger Pkw-Insassen, sondern vielmehr ungeschützte Verkehrsteilnehmende wie Radfahrende und zu Fuß Gehende. Über 95 % der zu Fuß Gehenden und über 90 % aller Radfahrenden (aller gemeldeten Unfälle) verunglückten dabei auf Straßen innerorts (ebenda). Hierbei sind Abbiegeunfälle die häufigste Unfallursache, wobei jene mit abbiegenden Lkw die schwersten Unfallfolgen aufweisen (ADFC Berlin e.V. o.J.c). Abbildung 2 zeigt deutlich, dass das Abbiegen die häufigste Unfallursache bei Radunfällen mit Todesfolge ist, wobei den größten Anteil daran Lkw-Fahrende haben.

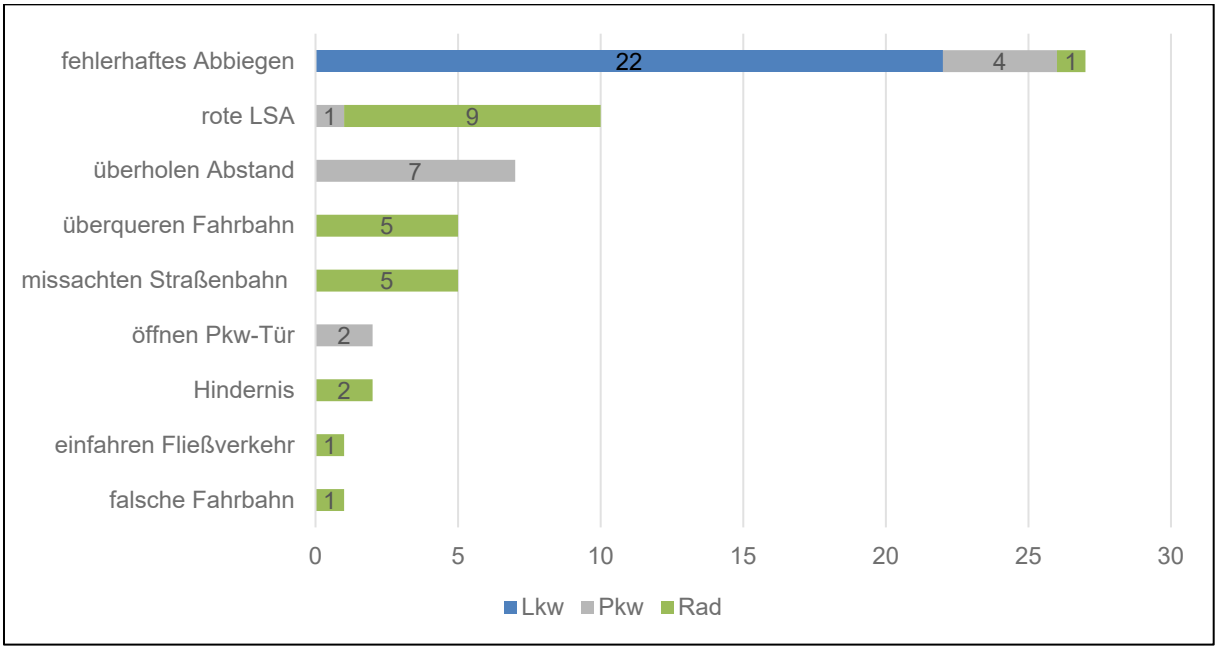


Abbildung 2: Radverkehrsunfälle mit Todesfolge nach Ursachen und Verursacher in Berlin (2008 bis 2014)

Quelle: eigene Darstellung nach ADFC Berlin e.V. (o.J.c) mit Datengrundlage der Polizei Berlin

1.1 Hintergrund

Verkehr wird immer vorhanden sein, was sich vor allem aus den Alltagsbedürfnissen ergibt (Holz-Rau 2018, S. 117). Durch den zunehmenden Mobilitätswunsch der Bevölkerung steigt in vielen Städten nicht nur der Verkehrsanteil an sich, sondern insbesondere auch der Anteil des Radverkehrs am Modal Split. In Berlin hat der Anteil der Fahrten, die mit dem Rad erledigt werden, von 10 % im Jahr 1998 auf 13 % im Jahr 2013 zugenommen (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2013). Städte reagieren darauf mit Radverkehrsstrategien, um diesen angemessen zu fördern und den (neuen) Situationen gerecht zu werden. Neue und mehr Radverkehrsanlagen sowie die Gewährleistung des

[1] Den höchsten Anteil an Getöteten machen jedoch mit 58 % die Unfälle auf Landstraßen aus (Statistisches Bundesamt 2016, S. 13).

sicheren Fahrens sind nur wenige Punkte, die dort oftmals verankert sind. Zum generellen Mobilitätswandel kommen neue Technologien hinzu, die einerseits die leistbare Entfernung und andererseits auch die gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeiten erhöhen können. Gerade ältere Personen oder auch Berufspendler greifen immer mehr auf die sogenannten Elektrofahrräder oder Pedelecs zurück und können ihre Mobilität somit anders ausüben, als noch vor einigen Jahren. Dennoch wird die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden und speziell jener mit schwerem Personenschaden in Zukunft weiter stark ansteigen, wenn nicht umfangreiche Maßnahmen ergriffen werden (Alrutz et al. 2015b, S. 130). Dies liegt vor allem in dem Anstieg der Radverkehrsstärke begründet.

Die Zunahme der Globalisierung und Digitalisierung treiben den Internethandel voran. Dies wiederum wirkt sich auch auf den Güterverkehr aus. Es wird hierbei von einer Zunahme des städtischen Güterverkehrs von über 38 % im Jahr 2030 ausgegangen (Umweltbundesamt 2018). Besonders im Straßengüterverkehr wird sich dieser Trend nicht nur mit Kapazitätsengpässen bemerkbar machen, sondern stellt alle Beteiligten auch vor die Herausforderung der Verkehrssicherheit. Die Fahraufgabe im innerstädtischen Verkehr verlangt von den Fahrzeugführenden größtmögliche Konzentration und Beherrschung des Fahrzeugführens auf beengten Platzverhältnissen. Schon heute stellen innerstädtische Unfälle mit Lkw mit die schwerwiegendsten dar, bei denen besonders ungeschützte Verkehrsteilnehmende oftmals tödlich verunglücken. Die prognostizierte Zunahme des Güterverkehrs (und des Radverkehrs) unterstreicht den dringenden Handlungsbedarf, die Straßen sicher zu gestalten, um einen sicheren Verkehrsablauf zu gewährleisten. Hierzu zählt auch die Weiterentwicklung vorhandener Regelwerke.

1.2 Nationale und internationale Zielvorgaben

Im EU-weiten Vergleich der Verkehrstoten[2] liegt Deutschland zwar unter dem Durchschnitt, die stagnierende Anzahl an Getöteten in den letzten Jahren unterstreicht jedoch auch die Dringlichkeit einer weiterführenden Verkehrssicherheitsarbeit. Ein erklärtes Ziel der Europäischen Union und somit auch der Bundesrepublik Deutschland ist, die Verkehrstoten kontinuierlich zu senken und von 2011 bis 2020 zu halbieren sowie bis 2050 sogar keine Getöteten durch Verkehrsunfälle mehr zu verzeichnen (Europäische Union 2011, S. 11). Um die sogenannte Vision Zero zu erreichen, werden u.a. die fortschreitende Fahrzeugtechnik, diverse Rad- und Fußverkehrskonzepte und die Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmenden als unumgänglich angesehen (Europäische Union 2011, S. 25). Dabei gilt es allgemein bei steigender Verkehrsleistung die Anzahl der Unfälle zu reduzieren und vor allem auch die Stärke und Folgen eines Unfalls zu reduzieren. Erste Prognosen zeigen, dass das Ziel der Halbierung getöteter Personen bis 2020 nicht eingehalten werden kann (Hosse und Becker 2015, S. 161). Um jedoch das Ziel von Null Verkehrstoten in 2050 einhalten zu können, muss ein Umdenken in Gesellschaft, Politik und Wissenschaft stattfinden. Während der Rückgang der Unfallzahlen in den letzten Jahrzehnten durch gesetzgeberische und fahrzeugtechnische Maßnahmen zu verzeichnen war, erfordert die Reduzierung der verbleibenden tödlichen Unfälle mikroskopische und aufwendige Betrachtungen, wie es beispielsweise im Luft- und Schienenverkehrssektor üblich ist (Weitzel et al. 2014, S. 17).

[2] Zu beachten ist bei solchen Rankings jedoch auch die unterschiedliche Definition von Verkehrstoten.

Einen zwar sehr kleinen Anteil an Unfällen machen solche aus, die von abbiegenden Güterfahrzeugen ausgehen. Diese enden jedoch insbesondere im Konfliktfall mit Radfahrenden oftmals mit schwerwiegenden oder tödlichen Unfallfolgen. So beläuft sich beispielsweise die Zahl der in Berlin 2017 Verunglückten auf vier tote Radfahrende, die durch die Tote-Winkel-Problematik getötet wurden (ADFC Berlin e.V. o.J.). Für Deutschland gibt die Unfallforschung der Versicherer den Wert mit etwa 28 getöteten Radfahrenden jährlich an (Brockmann und Spiegel TV Magazin 2018). Das statistische Bundesamt hingegen gibt für das Jahr 2017 bekannt, dass 37 Radfahrende von einem abbiegenden Güterkraftfahrzeug getötet wurden (Statistisches Bundesamt 12.07.2018). Die EU schätzt diesen Wert europaweit auf jährlich ca. 400 Verkehrstote (Richtlinie 2007/38/EG). Die Betrachtung dieser Unfallkonstellation ist aufgrund der steigenden Anteile des Güter- und Radverkehrsaufkommens umso notwendiger.

1.3 Abgrenzung und Ziel der Arbeit

Mit Zunahme des Rad- und Güterverkehrs, die ein besonderes Kräfteungleichgewicht aufweisen, steht die Erhöhung der Konflikte ebenso bevor. Speziell an Knotenpunkten, an denen sich die Wege beider Verkehrsarten kreuzen, kommen noch immer zahlreiche Radfahrende ums Leben. Hierbei ist besonders kritisch, wenn der Lkw-Fahrende den Radfahrenden aufgrund seiner Sichteinschränkungen (toter Winkel) nicht sehen kann. Ziel der Dissertation ist die Herleitung von Gefahrenpotentialen, die zu Unfällen zwischen rechtsabbiegendem Güterverkehr und ungeschütztem, geradeaus fahrendem Radverkehr führen. Hierfür sollen vorhandene Maßnahmen und Handlungsvorschläge geprüft und neue generiert werden, die möglichst zeitnah die Konflikte reduzieren.

Auf Basis zweier vorangegangener Studien zum Thema Abbiegeunfälle sollen im Rahmen der Dissertation offene Fragestellungen beantwortet werden. In beiden Projekten hat sich anhand von infrastrukturbezogenen Unfallanalysen herausgestellt, dass lokale Sichthindernisse problematisch sein könnten. Die potentiellen Sichteinschränkungen wurden im Rahmen der Projekte quantitativ vor Ort festgestellt und subjektiv bewertet. Eine Analyse, ob und inwiefern diese jedoch tatsächlich die Sicht hinzukommend einschränken, wurde nicht ermittelt. Besonders kritisch scheinen zusätzliche lokale Sichteinschränkungen für den abbiegenden Schwerverkehr zu sein, der ohnehin eine fahrzeugbedingte Sichteinschränkung aufweist, weshalb der Fokus im Rahmen der Arbeit hierauf liegt.

Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Situation, bei der sich der Radfahrende von hinten dem Knotenpunkt nähert, eine hohe Konfliktrate aufweist. Erste Analysen der in den Richtlinien vorhandenen Maßnahmen zielen jedoch fast und ausschließlich auf den sich am Knotenpunkt aufgestellten Radverkehr ab. Aus den genannten Forschungslücken ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. *Haben Sichthindernisse im Straßenraum einen Einfluss auf das Unfallgeschehen zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr?*
2. *Wie groß sind die tatsächlichen infrastrukturbedingten Sichteinschränkungen?*
3. *Welche Maßnahmen können den Konflikt mit dem herannahenden Radverkehr reduzieren*?

1.4 Aufbau und Vorgehen

Im ersten Schritt wird der Stand der Wissenschaft und Technik dargestellt. Nach der Begriffserläuterung von Verkehrssicherheit erfolgt die Darstellung verkehrlicher Aspekte. Anschließend werden Ergebnisse zur Infrastrukturgestaltung zusammengetragen. Dabei soll bereits auf vorhandene Maßnahmen in den Richtlinien eingegangen werden. Im Anschluss werden fahrzeugseitige Aspekte aufgezeigt. Speziell Fahrerassistenzsysteme, die sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelten und den Konflikten zwischen abbiegenden Lkw und Radfahrenden vermeiden sollen, werden thematisiert. Ebenfalls werden aus bisherigen Studien typische Konfliktszenarien zwischen abbiegenden Fahrzeugen und Radfahrenden an innerörtlichen Knotenpunkten vorgestellt.

Im nächsten Schritt erfolgt die Betrachtung des Unfallgeschehens zwischen abbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr in Berlin. Aufbauend auf den Ergebnissen vorangegangener Studien liegt der Fokus auf der detaillierten Betrachtung von Knotenpunkten mit drei oder mehr Unfällen zwischen abbiegenden Lkw und geradeaus fahrenden Radfahrenden im Fünf-Jahreszeitraum (2006 bis 2010). Ziel ist im Rahmen der Unfallanalyse die Herleitung von Problemfeldern. Dabei wird Knotenpunktarmen mit mehreren Unfällen große Bedeutung zugesprochen. Da solche Unfälle eher an einzelnen Knotenpunkten auftreten (Richter et al. 2014a, S. 46), ist eine Analyse mit mehreren Unfällen hinsichtlich infrastruktureller Auffälligkeiten sinnvoll. Daraus sollen Einflüsse auf das Unfallgeschehen und Gefahrenpotentiale abgeleitet werden.

Darauf aufbauend wird an den Knotenpunkten mit mindestens drei Unfällen eine Überprüfung der vorhandenen Sicht durchgeführt. Dies erfolgt unter Verwendung der Eigenschaften eines Sattelschleppers. Mit betrachtet werden dabei Szenarien, die unter anderem schon in ähnlicher Form bei Kolrep-Rometsch et al. (2013) Anwendung fanden. Einerseits wird für den Lkw die Position in der Annäherung, also der Fahrt, betrachtet. Andererseits enthält die Analyse die Darstellung der Sichtfelder für den sich im Knotenpunktbereich aufgestellten – und bereits eingelenkten – Lkw. Abgerundet wird dies mit der Bewertung des Radverkehrs, der sich von hinten dem Konfliktpunkt nähert.

Anschließend sind die in den Richtlinien enthaltenen Angaben zur Entschärfung des Konfliktes zu prüfen und auszuweiten sowie anzupassen. Für Konflikte, die aus dem Stillstand des Radfahrenden und des Kraftfahrzeugfahrenden bei Lichtsignalwechsel entstehen, sind bereits viele entschärfende Maßnahmen in den Richtlinien enthalten (u.a. vorgezogene Haltlinie, Zeitvorsprung). Maßnahmenvorschläge, die die Konfliktsituation entschärfen, wenn sich der Radverkehr ohne Halt von hinten nähert, sind bislang noch nicht hinreichend erforscht und in den Richtlinien konkretisiert. Problematisch können sowohl für abbiegende Lkw- als auch Pkw-Fahrende diejenigen Radfahrenden sein, die sich einmal im Sichtschatten befinden und nicht daraus lösen können. Zusätzliche Sichteinschränkungen an Knotenpunkten könnten dies begünstigen. Dabei wird der Heranführung des Radweges in das Sichtfeld der Kraftfahrzeugführenden eine hohe Bedeutung zugesprochen. Wenn möglich sollen konkrete Werte für unterschiedliche Gegebenheiten ermittelt werden, nach denen sich Verkehrsplanende richten können. Abschließend werden weitere Maßnahmenvorschläge kritisch diskutiert. Abbildung 3 gibt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit.

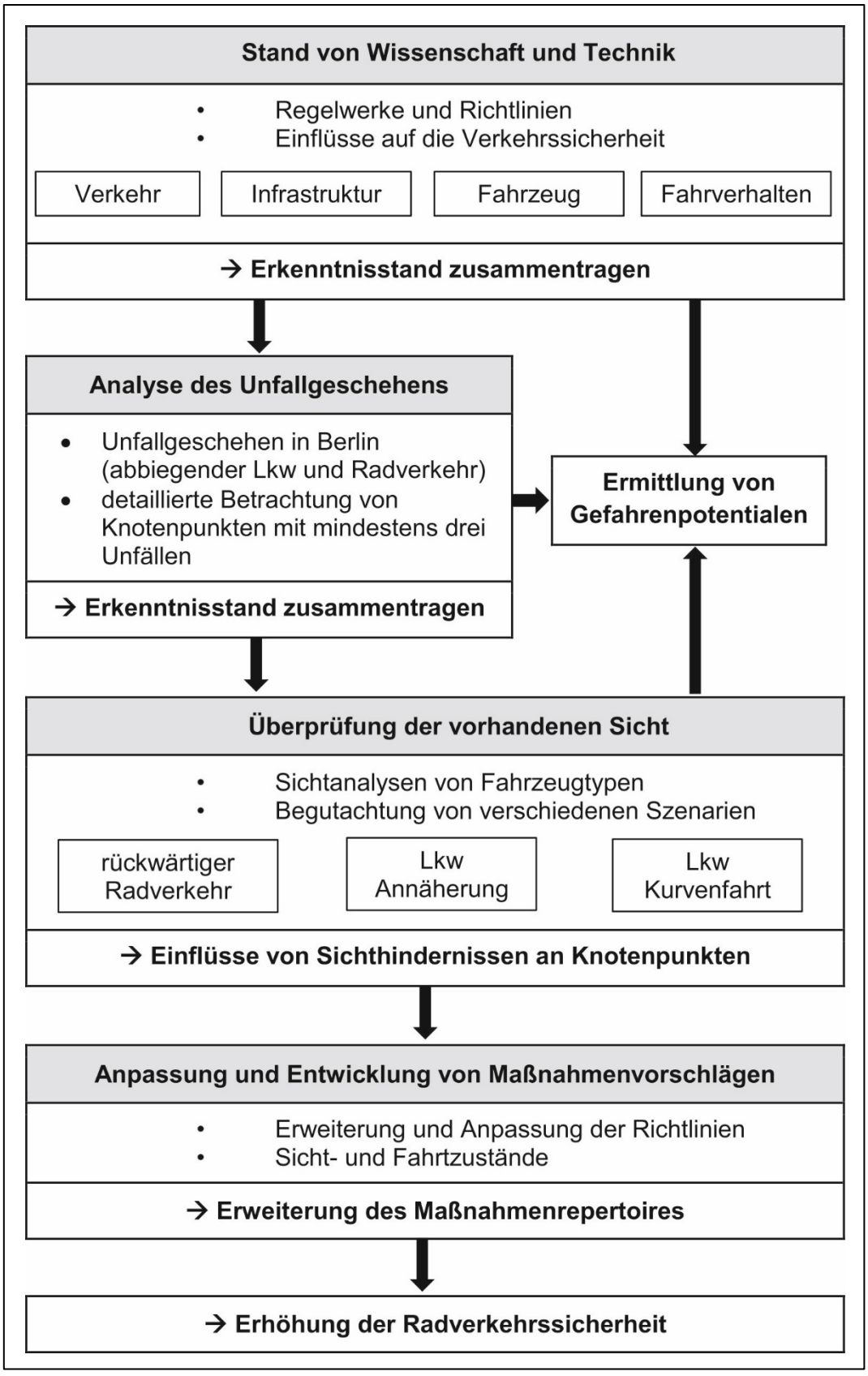


Abbildung 3: Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen – Stand der Wissenschaft und Technik

Im innerstädtischen Verkehr treffen viele Verkehrssysteme, -teilnehmende und infrastrukturelle Gegebenheiten aufeinander. Dies führt automatisch zu Konfliktsituationen, speziell dort, wo sich die Wege der einzelnen Personen und Fahrzeuge kreuzen – an (plangleichen) Knotenpunkten. Die verkehrssichere Abwicklung hängt stark von dem Zusammenspiel der drei Komponenten Mensch, Fahrzeug und Straße ab (Bachmann 2006, S. 4). Sobald eine dieser Komponenten nicht einwandfrei funktioniert, kann es zu Konflikten oder gar Unfällen kommen. Als größte fehlerverursachende Komponente gilt der Mensch. Über 90 % der Unfälle lassen sich auf menschliches Versagen zurückführen (Statistisches Bundesamt 2016, S. 11). Hierbei können besonders Gewohnheit, Ablenkung und ein falscher Aufmerksamkeitsfokus als Auslöser genannt werden (Gerstenberger 2016, S. 152). Aber auch die personenbedingte Risikobereitschaft führt zu (bewusstem) Fehlverhalten (Hautzinger et al. 2011). Kleinere Fehlverhalten der Verkehrsteilnehmenden sollen durch die Fahrzeugtechnik und die Infrastruktur ausgleichbar sein, sodass dieses nicht unbedingt sofort zu einem Unfall führt. In der Fahrzeugtechnik wird dies immer mehr mit technischen Neuheiten erreicht. Die Fahrerassistenzsysteme sollen dabei unterstützend wirken und das Fehlverhalten der Fahrzeugführenden frühzeitig erkennen und ausgleichen. Bei der dritten Komponente, der Infrastruktur, kommt es einerseits auf eine regelkonforme Planung und Umsetzung, aber andererseits auch auf die Überprüfung des Bestandes auf Regelkonformität an. Gerade die Bestandsinfrastruktur weist oft erhebliche Mängel auf, da eine Anpassung der Infrastruktur aufgrund von baulichen Mängeln großen Ausmaßes oder hohen Unfallzahlen durchgeführt wird (Bakaba 2013). In den nachfolgenden Kapiteln ist der Stand der Wissenschaft bezogen auf die drei Komponenten detailliert dargestellt (vgl. Abbildung 4).

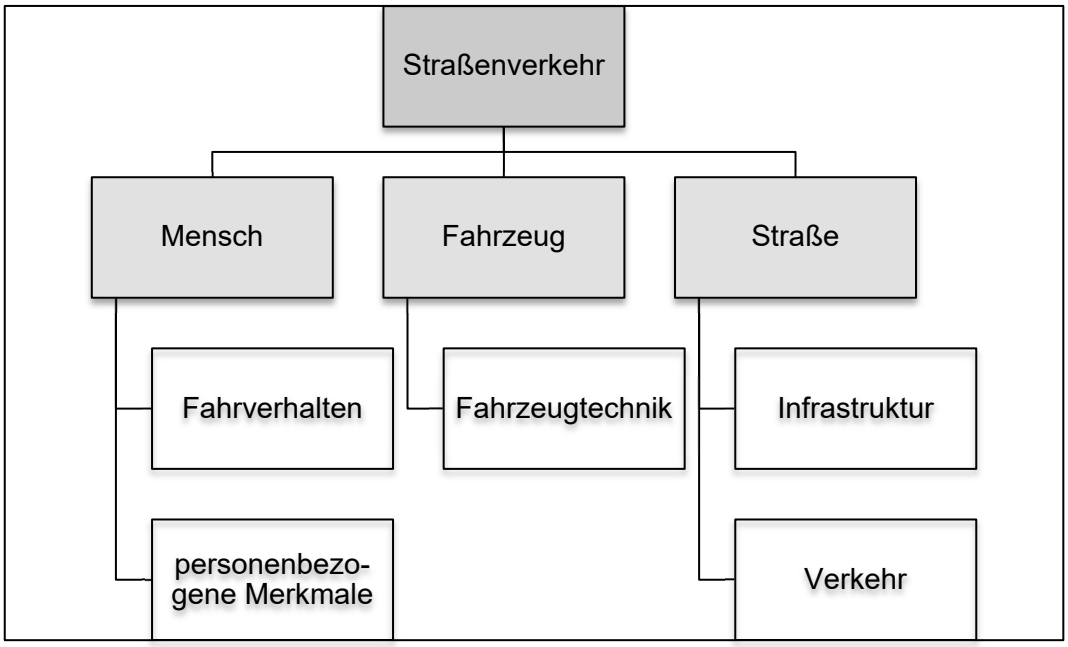


Abbildung 4: Auszug von Einflüssen auf den Straßenverkehr

Quelle: eigene Darstellung nach (Bachmann 2006, S. 4)

2.1 Definitionen und Begriffserläuterungen

Durch verschiedene (umgangssprachliche) Verwendung von Begrifflichkeiten erfolgt zunächst die Definition notwendiger Begriffe. Dies ist einerseits die des Lkw und andererseits wird der Begriff der Verkehrssicherheit im Straßenverkehr eingegrenzt.

2.1.1 Abgrenzung Straßenverkehrssicherheit

> *„Die anspruchsvolle Zielsetzung eines sicheren Verkehrs wird in der Realität bei Weitem nicht erreicht. Die bestehende Diskrepanz zwischen angestrebter und tatsächlich vorhandener Sicherheit im Verkehr umfasst großes menschliches Leid und erhebliche volkswirtschaftliche Kosten.“ (Schnieder und Schnieder 2013, S. 4)*

Das gesamte Verkehrssystem ist dabei eine sehr komplexe Zusammensetzung aus vielen Komponenten. So spielen die Politik als Entscheidungsträger, die fortschreitende Technik inklusive der Wissenschaft und Wirtschaft, als auch der Mensch mit seinen Verhaltensmustern und dem Umfeld (vgl. Abbildung 5) eine wesentliche Rolle bei der Beeinflussung der Sicherheit des Verkehrs (Schnieder und Schnieder 2013, S. 5).

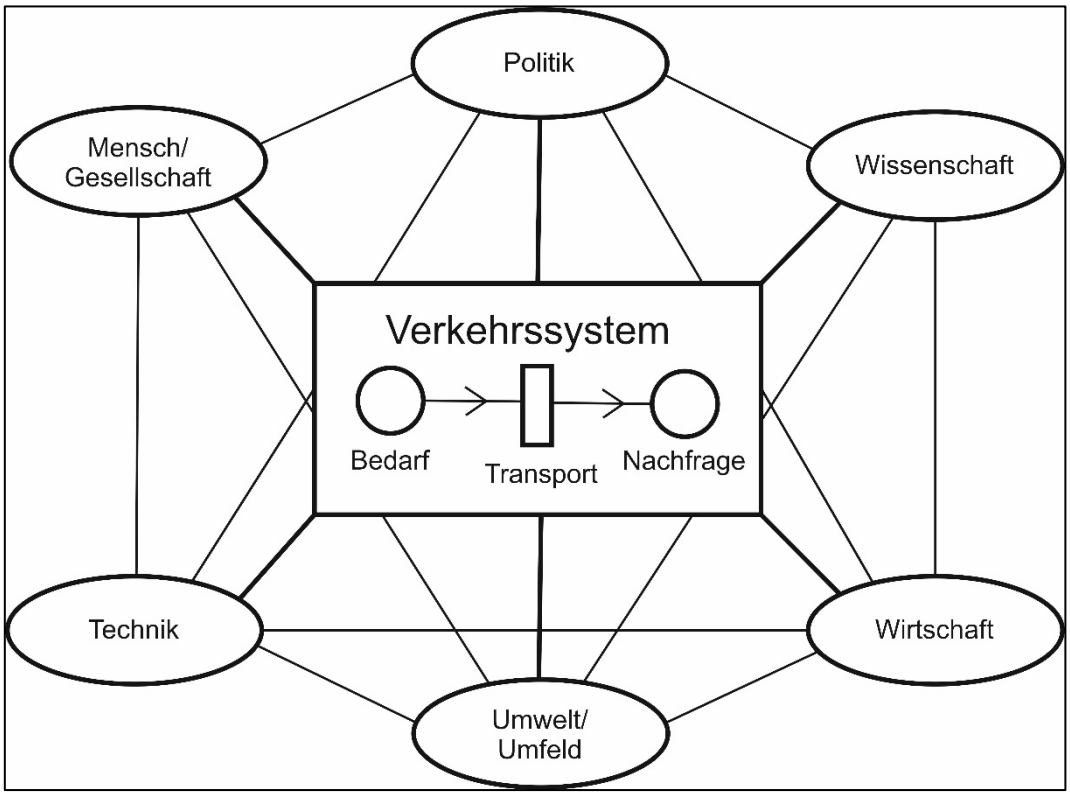


Abbildung 5: Aspekte und Komponenten des Verkehrs

Quelle: Schnieder (2007, S. 28)

Die Komplexität aller Verkehrssysteme ist dabei sehr hoch. Im Straßenverkehr müssen viele Aufgaben und Informationen gleichzeitig verarbeitet und anschließend die richtigen Handlungen situationsbezogen ausgeübt werden. Diese Kriterien führen unter anderem dazu, dass 91 % der Unfälle im deutschen Straßenverkehr auf menschliches Versagen

zurückzuführen sind (Statistisches Bundesamt 2016, S. 11). Zwar ist in anderen Verkehrssektoren menschliches Versagen auch nicht auszuschließen, wird aber speziell im Luft- und Schienenverkehr oftmals technisch redundant abgesichert, sodass es hier insgesamt zu weniger Unfällen kommt (vgl. Anlage 2). Auch wenn diese in den Medien weiter verbreitet sind, da bei einem Zug- oder Flugzeugunglück meistens zahlreiche Personen (tödlich) verunglücken, verunfallen im Straßenverkehr 102-mal mehr Personen, als im personengebundenem Eisenbahnverkehr und 99-mal mehr Personen, als im gewerblich betriebenem Luftverkehr (Vorndran 2011). Im Gegensatz zum Luft- und Schienenverkehr setzt sich der Straßenverkehr durch eine Vielzahl von individuellen Fahrzeugführenden mit differenzierten Wunschgeschwindigkeiten (die nicht immer gleich der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit sein muss) ab. Weiterhin ist in Deutschland die Fahrerlaubnis nur einmalig zu bestehen und gilt ein Leben lang – sofern diese nicht aufgrund diverser Verstöße entzogen wird. Eine Überprüfung der Regelkenntnisse findet nicht statt – auch nicht im hohen Alter.

Nahezu jeder kann in verschiedenen Formen des Transportes im Straßenverkehr teilnehmen, was die Komplexität erhöht. Die Regelunwissenheit, die eingeschränkte Handlungsschnelligkeit und die individuellen Wünsche sind in Vereinbarung miteinander zu bringen und stellen zusätzliche Herausforderungen dar. Ein weiterer großer Unterschied im Straßenverkehr ist die Zugänglichkeit – sobald Personen vor der Haustür auf den Gehweg treten, nehmen sie am Straßenverkehr teil. Die Überschätzung der Leistungsfähigkeit, hohe Geschwindigkeiten und eine Vielzahl ungeschützter Verkehrsteilnehmenden erschweren die Maßnahmen für eine sichere Gestaltung der Infrastruktur zusätzlich. Die innerörtlich größtenteils verunfallten Radfahrenden und zu Fuß Gehende stellen gerade wegen ihrer hohen Flexibilität und Umwegsempfindlichkeit gepaart mit einer großen Unwissenheit von Regeln oder bewusster Regelmissachtung eine Herausforderung dar. Sie müssen keine Fahrerlaubnis erwerben, was sowohl die Erreichbarkeit von Neuregelungen, als auch die Verbreitung des Regelwissens oder von Gefahrenpotentialen erschwert. Einen Überblick über die verschiedenen Einflüsse auf die Sicherheit im Straßenverkehr gibt Abbildung 6.

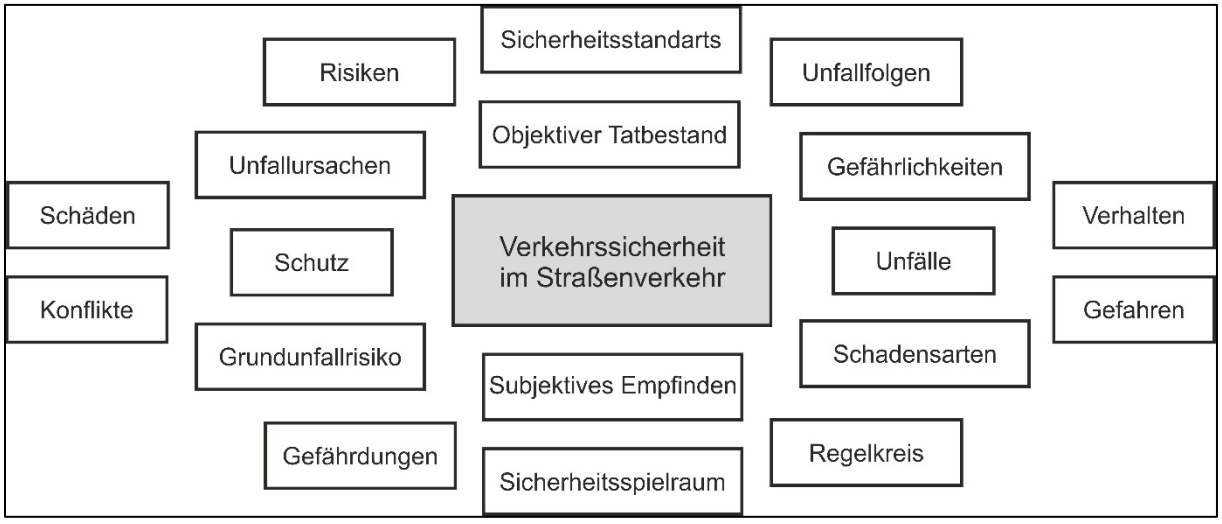


Abbildung 6: Einflüsse auf die Straßenverkehrssicherheit

Quelle: Bachmann (2006, S. 12)

Der Straßenverkehr wird durch die Straßenverkehrsordnung (StVO) geregelt. Hinzukommend gibt es für Verkehrsplanende Richtlinien und Empfehlungen zur Gestaltung von

Straßenverkehrsanlagen. Jedoch zeigt die Praxis, dass nahezu jeder Straßenabschnitt oder -querschnitt andere Merkmalsausprägungen hat, die miteinander vereint werden müssen. Auch wenn die Richtlinien viele Vorschläge enthalten, sind die Angaben nicht zwangsweise bindend oder allgemeingültig gehalten und zielen daher nicht auf jede einzelne bestimmte Situation ab. Zudem kommen von einigen Städten zusätzliche Vorgaben, die von den Richtlinien abweichen können. Die stark beengten Platzverhältnisse und die geringen monetären Verfügbarkeiten in Städten erschweren die richtliniengetreue Planung und Umsetzung, was zusätzlich unfallbegünstigend wirken kann. So stellen Forschende immer wieder fest, dass die infrastrukturelle Gestaltung der analysierten, unfallbelasteten Knotenpunkte oftmals nicht den Angaben in den aktuell gültigen Empfehlungen und Regelwerken entspricht (Bakaba 2013, S. 2; Schreiber 2013, S. 20; Schreck 2016, S. 76). Daher fordern einige Autoren seit langem, nicht nur bei der Neuplanung auf die Einhaltung der Richtlinien und Anwendung des Sicherheitsaudits von Straßen in allen Entwurfsphasen zu achten, sondern auch den Bestand zu prüfen und ggf. anzupassen (Bakaba 2013, S. 14). Zusätzlich müssen vorhandene Richtlinien kontinuierlich überarbeitet werden, um zeitgemäß auf die aktuelle Verkehrslage zu reagieren. Von daher stellen diese das Mindestmaß an zu erfüllenden Ansprüchen dar.

2.1.2 Verkehrssicherheit

> *„Verkehrssicherheit ist ein Ausdruck, dessen Bedeutung sich in der Regel sofort intuitiv erschließt.“ (Schnieder und Schnieder 2013, S. 3)*

Der Begriff setzt sich aus den beiden Wörtern Verkehr und Sicherheit zusammen. Während *Verkehr* die Ortsveränderung von Personen, Gütern, Nachrichten oder Energie darstellt, ist der Begriff *Sicherheit* durch das Schützen vor Gefahren und Risiken definiert (FGSV 2012a, S. 28). Zusammengesetzt ergibt dies (für die Arbeit relevant), das Schützen vor Gefahren und Risiken bei der Ortsveränderung von Personen (sowie Gütern, Nachrichten und Energien). Bei dem Straßenverkehr handelt sich jedoch um ein dynamisches und hochkomplexes System. Denn: Wo viele Personen und Wege aufeinandertreffen, entsteht automatisch ein Konfliktpotential, was sich wiederum je nach zusätzlichen Attributen auch als Gefahrenpotential ausbilden kann (Schnieder und Schnieder 2013, S. 3).

Bei der Analyse der Gefahrenpotentiale kann zwischen Interaktionen, Konflikten und Unfällen unterschieden werden. Eine Interaktion bezeichnet die Beeinflussung des Fahrverhaltens durch andere Verkehrsteilnehmende – quasi das Aufeinandertreffen (Bachmann 2006, S. 91). Die Fahrverhaltensanpassungen führen zu keiner Gefahrensituation, während Konflikte sich durch eine direkte Beeinflussung des Fahrverhaltens auszeichnen (Baier et al. 2013, S. 26). Unfälle sind somit Konflikte, bei denen entweder eine Fahrverhaltensanpassung nicht ausreichte oder überhaupt keine stattfand. Das zeitlich befristete Ausbleiben von Unfällen an einem Ort muss jedoch nicht zwangsweise Verkehrssicherheit bedeuten (Zimmermann 1985, S. 6). Ob ein Knotenpunkt oder ein Streckenabschnitt sicher ist, kann nicht zweifelsfrei anhand der Unfallzahlen ermittelt werden, da Unfälle nur einen sehr geringen Teil der Verkehrs(un)sicherheit abbilden. Unfälle sind bezogen auf das Gesamtvorkommen von Interaktionen und Konflikten seltene sowie statistisch gesehen eher

zufällige Ereignisse (Hyden 1985, S. 17; FGSV 2012b, S. 13). Abhilfe schaffen hier Verkehrssituationsanalysen (Angenendt 1985, S. 24). Diese sind wiederum sehr zeitaufwendig und kostspielig und können nicht für jeden Knotenpunkt präventiv durchgeführt werden. Heutzutage scheint sich oft ein Mix aus den beiden Methoden der Unfall- und der Verkehrssituationsanalyse zu etablieren. Demnach wird anhand der Unfalldaten ein Ranking erstellt und die unfallauffälligen Knotenpunkte detailliert mittels Verhaltensbeobachtungen analysiert. Allerdings finden dabei nur die unfallauffälligen Knotenpunkte Berücksichtigung. Mittels dieser Methode lässt sich näherungsweise die reale objektive Sicherheit anhand der Anzahl konfliktbehafteter Begegnungen (oder Unfälle) bestimmen. Aussagen über die subjektive (empfundene) Sicherheit der am Verkehr teilnehmenden Personen lassen sich daraus nicht erschließen.[3]

2.1.3 Lastkraftwagen und Güterkraftfahrzeug

Der Begriff des Lastkraftwagens (Lkw) ist definiert als ein *„Kraftwagen, der nach Bauart und Einrichtung vornehmlich zum Transport von Gütern, zum Ziehen anderer Fahrzeuge oder zur Arbeitsleistung bestimmt ist.“ (FGSV 2012a, S. 66)*

Die weitere Einteilung und Abgrenzung erfolgt auf Basis des zulässigen Gesamtgewichtes und ist in Tabelle 1 dargestellt. Für die unterschiedlichen Fahrzeugklassen gelten verschiedene Bedingungen, beispielsweise seitens der Geschwindigkeitsbegrenzung oder der vorgeschriebenen Spiegelsysteme.

Tabelle 1: Beschreibung der Fahrzeugklassen

Fahrzeugklasse	Beschreibung
M	Fahrzeuge, die für die Personenbeförderung ausgelegt sind
M1	Fahrzeuge mit höchstens acht Sitzplätzen (ohne Fahrersitz)
M2	Fahrzeuge ≤ 5 t zulässiges Gesamtgewicht (und M1)
M3	Fahrzeuge > 5 t zulässiges Gesamtgewicht (und M1)
N	Fahrzeuge, die für die Güterbeförderung ausgelegt sind
N1	Fahrzeuge ≤ 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht
N2	Fahrzeuge > 3,5 t und ≤ 12 t zulässiges Gesamtgewicht
N3	Fahrzeuge > 12 t zulässiges Gesamtgewicht

Quelle: eigene Darstellung nach Richtlinie (70/156/EWG, S. 55)

Somit können Lkw auch Fahrzeuge sein, die ein zulässiges Gesamtgewicht kleiner als 3,5 t aufweisen. Hierzu zählen u.a. Lieferwagen. Sie fallen hingegen nicht in die Begriffe Schwer- oder Güterverkehr. Diese beinhalten nur solche Fahrzeuge, die ein zulässiges Gesamtgewicht ab 3,5 t aufweisen (FGSV 2012a, S. 21). Das maximal zulässige Gesamtgewicht eines Lkws liegt laut § 41 Absatz (4) der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) je nach Anzahl der Achsen bei 44 t (Bundesministerium des Innern 2012). Im

[3] Dies könnte nur näherungsweise über Befragungen stattfinden, wobei hier hohe Anforderungen und Schwierigkeiten bezüglich der Reliabilität, Validität und Objektivität existieren.

weiteren Verlauf der Arbeit sind mit dem Begriff Lkw alle Nutzfahrzeuge gemeint, die den klassischen Aufbau eines Lkw aufweisen. Einige der Fahrzeugtypen sind in Anlage 4 dargestellt. Fahrzeuge der Klasse N1, die nicht den typischen Aufbau aufweisen, werden fortan mit dem Begriff Lieferwagen gekennzeichnet.

2.2 Verkehrliche Aspekte

Im Einflussbereich der Komponente Straße sind einerseits die verkehrlichen und andererseits die infrastrukturellen Belange von Interesse. Verkehrliche Aspekte beinhalten den Einfluss verschiedener Geschwindigkeiten sowie den der Verkehrsstärke und der Zusammensetzung, was wiederum Einfluss auf die Verkehrsabwicklung und die Qualität des Verkehrsablaufes hat.

2.2.1 Geschwindigkeit

Generell ist ein Anstieg der durchschnittlichen Geschwindigkeit des Radverkehrs im Vergleich der letzten Jahre zu erkennen. Während Schopf (1992) noch durchschnittliche Radgeschwindigkeiten von 16 km/h und Falkenberg et al. (2003) bereits 16,9 km/h ermittelten, liegt die mittlere Geschwindigkeit bei freier Fahrt heutzutage bei 18,6 km/h und die v_{85} sogar bei 22,7 km/h (Alrutz et al. 2015b, S. 43).[4] Dies wird von Pohle (2015, S. 7) ähnlich angegeben. Hier haben sich die Radgeschwindigkeiten um 1,5 km/h erhöht und liegen bei 18,2 km/h, wobei signifikante Unterschiede vor allem nach Fahrradtyp, Altersgruppe und Radverkehrsanlagentyp festzustellen sind. Kinder unter zehn Jahren und Ältere über 65 Jahre fahren durchschnittlich die gleiche Geschwindigkeit, die jedoch mit 14,5 km/h deutlich unter der mittleren Geschwindigkeit der anderen Altersgruppen liegt. Personen im Alter von 18 bis 49 Jahren fahren mit durchschnittlich 20,4 km/h am schnellsten (Alrutz et al. 2015b, S. 45). Das Rennrad ist mit mittleren Geschwindigkeiten von 25,5 km/h deutlich der schnellste Fahrradtyp. Bei Holland- und Lastenrädern sind unterdurchschnittliche Geschwindigkeiten von 17,0 km/h bzw. 17,6 km/h zu beobachten. Auffällig ist, dass die maximale Geschwindigkeit bei allen Fahrradtypen 40,9 km/h nicht übersteigt (Alrutz et al. 2015b, S. 44). Dies kann ein Hinweis auf das Erreichen des Maximums im innerstädtischen Verkehr sein. Eine geringere durchschnittliche Geschwindigkeit wird auf Radwegen ohne Benutzungspflicht ermittelt (17,0 km/h). Auf straßenbündigen Anlagen werden etwas höhere als die durchschnittlichen Geschwindigkeiten gefahren, die höchsten Werte werden bei Freigabe des Bussonderfahrstreifens mit 21,2 km/h festgestellt (Alrutz et al. 2015b, S. 46).

Zudem weisen Alrutz et al. (2015b, S. 106) nach, dass kein verallgemeinerbarer Zusammenhang bezüglich der Unfallhäufigkeit und den Radgeschwindigkeiten besteht. Diese wird eher von der zunehmenden Radverkehrsstärke beeinflusst. Auch Pohle (2015, S. 8) ermittelt keinen direkten Zusammenhang zwischen Unfallschwere und Radgeschwindigkeit. Stolz (2015, S. 75) gibt hingegen anhand von Konfliktanalysen und Beobachtungen am Knotenpunkt an, dass eine fünffach höhere Konfliktwahrscheinlichkeit besteht, wenn die Geschwindigkeit der Radfahrenden höher ist. Hierbei können jedoch Messungenauigkeiten

[4] Die v_{85} gibt an, dass 85 % der Fahrenden diese Geschwindigkeit unbehindert und auf nasser Fahrbahn fahren (FGSV 1995, S. 12).

auftreten, da Stolz diese über die Zeit-Weg-Differenz der Videos ermittelt und anschließend lediglich in die subjektiven Kategorien langsam, mittel und schnell einstuft.

Geschwindigkeiten des Kfz-Verkehrs haben ebenfalls einen Einfluss auf das Konfliktgeschehen. So ist beispielsweise bekannt, dass durch Gestaltungen, die zu höheren Geschwindigkeiten führen (große Abbiegeradien, freie Rechtsabbiegeführungen), die Unfallgefahr erheblich ansteigt (u.a. Dahmen-Zimmer und Zimmer 1997; Kolrep-Rometsch et al. 2013). Die Zeit zur visuellen Aufnahme und der Verarbeitung der Informationen wird durch die höheren Geschwindigkeiten kürzer und die Bremswege länger. Innerörtlich sind die Geschwindigkeitsbegrenzungen 50 km/h und 30 km/h am weitesten verbreitet. Auch wenn hierzu keine Forschungen vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass diese Geschwindigkeiten nicht während des Abbiegevorgangs erreicht werden. Hayo (2015, S. 55) untersuchte auf Basis der Fahrtenprotokolle die Geschwindigkeiten von 35 im Unfall verwickelten rechtsabbiegenden Güterfahrzeugen. 60 % weisen eine Geschwindigkeit von 11 km/h bis 20 km/h auf, höhere Geschwindigkeiten werden nicht erreicht (vgl. Abbildung 7). Auch Schreck und Seiniger (2015, S. 15) stellen fest, dass etwa 60 % der Lkw eine Kollisionsgeschwindigkeit bis zu 20 km/h aufweisen, wobei der größte Anteil mit knapp 20 % im Geschwindigkeitsbereich von 11 km/h bis 15 km/h liegt.

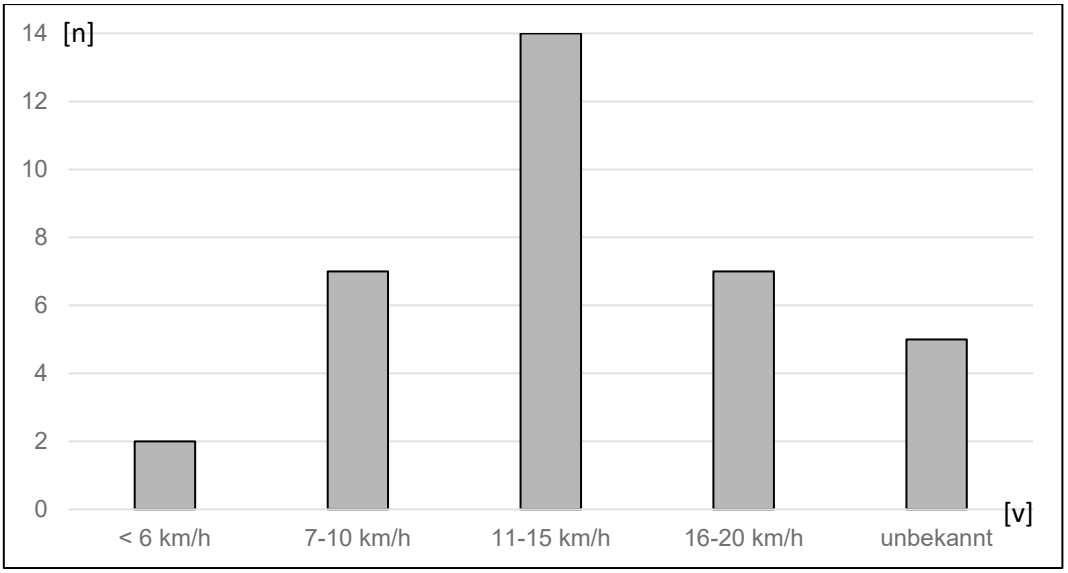


Abbildung 7: Abbiegegeschwindigkeit von Güterfahrzeugen

Quelle: veränderte Darstellung nach Hayo (2015, S. 55)

2.2.2 Verkehrsstärke

Die Kfz-Verkehrsstärke und der Schwerverkehrsanteil bestimmen maßgeblich die Qualität des Verkehrsablaufes. Besonders innerhalb bebauter Gebiete, wo viele konkurrierende Nutzungsansprüche aufeinandertreffen, gilt es die verschiedenen Verkehrsteilnehmenden sicher und reibungslos abfließen zu lassen. Dabei soll ein Großteil des motorisierten (Durchgangs-) Verkehrs auf Hauptverkehrsstraßen (HVS) geführt werden (FGSV 2008). Nebenstraßen wie bspw. Erschließungsstraßen dienen hauptsächlich dem Quell- und Zielverkehr. Besonders der Schwerverkehr fließt alleine aufgrund der Straßenraumbreite vermehrt auf HVS. Die Verkehrsstärke ist zudem stark von der Tageszeit abhängig. Dies wird üblicherweise in Tagesganglinien verdeutlicht. Differenzen in den

Tagesganglinien gibt es hierbei bezüglich der Lage der Straße. Während am Stadtrand oder an stark befahrenen Straßen stadtein- beziehungsweise stadtauswärts eine deutliche richtungsgetrennte Spitzenstunde je nach Uhrzeit vorherrscht, sind die Belastungen auf innerstädtischen HVS im Tagesverlauf zwischen sieben Uhr und 19 Uhr oftmals konstant. Unterschiede gibt es weiterhin zwischen den Verkehrsmitteln. Während im Pkw- und Radverkehr aufgrund des Berufsverkehrs (Wege von und zur Arbeit) die Spitzenstundenbereiche zu morgendlichen und nachmittäglichen Zeiten auftreten (vgl. Anlage 5, Anlage 7), liegen die des Schwerverkehrs meistens in den Mittagsstunden, zu den Lieferzeiten diverser Geschäfte und Unternehmen (vgl. Anlage 6).

Die Radverkehrsstärken steigen seit Jahren kontinuierlich an (vgl. Anlage 8). Prognosen einiger Studien zeigen, dass sich diese Entwicklung in den kommenden Jahren fortsetzen wird. Inwiefern dies in Bezug zu steigenden Unfallzahlen steht, wurde von Alrutz et al. (2015b) untersucht. Sie stellen fest, dass die Anzahl der Unfälle in geringerem Maße ansteigt als die Radverkehrsstärke. Bei steigender Radverkehrsstärke lässt sich vor allem auch ein Anstieg der Unfallschwere ermitteln. An Strecken mit höheren Radverkehrsstärken (> 1000 Rad/24 h) lassen sich auch höhere Anteile schwerer Unfälle (15 %) im Gegensatz zu Strecken mit geringeren Radverkehrsstärken (≤ 1000 Rad/24 h, 10 %) im durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) feststellen (Alrutz et al. 2015b, S. 66 f.). Dies zeigt sich besonders für die fahrbahnnahen Führungsformen (Alrutz et al. 2015b, S. 132). An signalisierten Knotenpunkten ist keine nachweisbare Veränderung hinsichtlich Unfallanzahl und Unfallschwere festzustellen (Alrutz et al. 2015b, S. 134).

2.2.3 Qualität des Verkehrsablaufs

Die Qualität des Verkehrsablaufes des Kfz-Verkehrs ist bei Planungen von Knotenpunkten eines der wichtigsten Kriterien. Der reibungslose Ablauf des Verkehrs hat auch aufgrund der Umweltbelastungen hohe Priorität (u.a. Holz-Rau 2018). Sobald die Fahrzeuge im Stau stehen oder sich im stauähnlichen Zustand befinden (geringfügig besser mit der Start-Stopp-Automatik) sind erhöhte Abgaswerte zu erwarten. Diese sind jedoch EU-weit festgelegt und dürfen bestimmte Grenzwerte[5] nicht überschreiten. Im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) 2015 sind nun auch Qualitätsberechnungen für den Rad- und Fußverkehr neu verankert. Die Qualitätsstufen werden innerorts an Knotenpunkten für den Kfz-Verkehr über die mittlere und für den Rad- und Fußverkehr über die maximale Wartezeit angegeben (FGSV 2015a, S. S4-9). Bestmögliche Qualitätsstufen sind speziell zu Hauptverkehrszeiten schwer zu erreichen – Verkehrsanlagen kommen hier schnell an ihre Kapazitätsgrenzen. Oftmals werden die Planungen noch zugunsten der Qualität des motorisierten Verkehrs ausgerichtet, die Verkehrssicherheit und auch der reibungslose Ablauf vom Radverkehr rücken jedoch immer stärker in den Fokus. Falkenberg et al. (2003, S. 33) stellen fest, dass bei Radwegbreiten von 1,5 m und hohen Radverkehrsstärken bis 550 Rad/h noch die Qualitätsstufe C, mit 80 % ungehindert fahrenden Radfahrenden, erreicht werden kann. Die Berechnung der Qualität des Verkehrsablaufes ist nicht Schwerpunkt der Arbeit, weshalb auf eine detaillierte Betrachtung an dieser Stelle verzichtet wird.

[5] 130 g/km für das Jahr 2015 und 95 g/km bis 2021 (Verband der Automobilindustrie e.V. 2018).

2.3 Infrastrukturelle Aspekte

Knotenpunkte (KP) stellen die Verknüpfung von Verkehrswegen dar und sind die entscheidenden (Schwach-)Stellen im Verkehrsnetz. Sie beeinflussen aufgrund der vielen Konfliktpunkte maßgeblich die Qualität und Sicherheit des Verkehrs. Innerorts finden meist nur planfreie KP, Einmündungen und Kreisverkehre Anwendung. Diese können signalisiert, auf Basis der Vorfahrtsregel „rechts vor links“ oder mittels Verkehrszeichen geregelt sein. Die Abwicklung des Verkehrs und die Gestaltung der KP stellt gerade innerorts oftmals einen Kompromiss aus Platzverhältnissen, Leistungsfähigkeit und Sicherheit dar. Dies spiegelt sich auch in den zur Verfügung stehenden Fahrstreifen und der Lichtsignalschaltung wider. Die im Rahmen der Dissertation interessante Konstellation ergibt sich dabei an KP und Einmündungen, bei denen bedingt verträgliche Ströme auftreten. So müssen laut § 9 Abschnitt (3) der StVO Rechtsabbieger den Fahrrädern, auch in gleicher Richtung fahrend, die Vorfahrt gewähren (Bundesministerium des Innern 2013). Hierfür ist darauf zu achten, dass sich der Radverkehr möglichst im Sichtfeld des abbiegenden Verkehrs befindet. Zudem ist es dem Radverkehr erlaubt, mit mäßiger Geschwindigkeit und besonderer Vorsicht, rechts an stehenden Lkw und Pkw vorbeizufahren (Bundesministerium des Innern 2013, § 5 (8)). Es werden folgend die für die Unfallkonstellation wichtigen Bestandteile der KP-Infrastruktur erläutert. Dabei wird zunächst auf die Eigenschaften der Kfz-Führung und anschließend auf die der Radverkehrsführung eingegangen. Des Weiteren werden örtliche und betriebliche Aspekte erläutert.

2.3.1 Rechtsabbiegeführung des Kraftfahrzeugverkehrs

An KP kann der Rechtsabbiegeverkehr entweder über einen gesonderten Rechtsabbiegefahrstreifen (RA-FS) oder über einen Mischfahrstreifen (MFS – gemeinsam mit dem Geradeaus- und/oder Linksabbiegeverkehr) geführt werden. In Städten mit beengten Platzverhältnissen ist es durchaus üblich, keinen gesonderten Rechtsabbiegefahrstreifen zu implementieren. Indirekt kann ein gesonderter Fahrstreifen durch das Unterbinden von am Fahrbahnrand befindlichen Parkständen geschaffen werden. Die Fahrstreifenbreite soll 3 m bis 3,5 m (mit Linienbus mindestens 3,25 m) betragen, unabhängig von dem Verkehrsstrom (FGSV 2006, S. 69). Unklar ist, ob die Ausführung des Fahrstreifens einen Einfluss auf das Entstehen von Unfällen hat. Häufig wird ein gesonderter Rechtsabbiegefahrstreifen dann implementiert, wenn die Verkehrsstärke zu hoch für einen Mischfahrstreifen ist. Wird ein gesonderter Rechtsabbiegefahrstreifen angelegt, soll aus Gründen der optischen Linienführung und Fahrdynamik eine Verziehungsstrecke eingerichtet werden. Diese wird allgemein bei Erschließungsstraßen und angebauten Hauptverkehrsstraßen mit 20 m angegeben (FGSV 2006, S. 70). Aus gestalterischen Gründen kann die Verziehung hinter Parkstreifen auch abrupt beginnen, die Länge von 20 m ist aber dennoch einzuhalten. An KP ohne LSA und angebauten Hauptverkehrsstraßen kann auch eine kürzere Verziehungslänge sinnvoll sein, sie sollte dennoch 10 m nicht unterschreiten (FGSV 2006, S. 111). Die zusätzliche Aufstelllänge ist einerseits von der Lichtsignalsteuerung und andererseits von Sicherheitsüberlegungen abhängig. Ein konkreter Wert ist nicht genannt. Für Linksabbieger wird eine Aufstellstrecke von mindestens 10 m, im Regelfall jedoch 20 m angegeben

(ebenda). Zudem darf laut StVO 10 m vor dem Signalgeber nicht mehr geparkt werden, wenn die Sicht auf diesen verdeckt wird (Bundesministerium des Innern 2013, § 37 (1)).

Weitere Einflüsse auf den Rechtsabbiegevorgang haben der Radius, die Breite der Straße, in die abgebogen wird, und der Richtungsänderungswinkel. Je nach Art des Fahrzeugaufbaus haben Lkw wegen ihres großen Achsabstandes eine andere Schleppkurve als Pkw. Ein Ausholmanöver nach links vor dem Rechtsabbiegen lässt sich abhängig von den genannten Parametern Richtungsänderungswinkel, Radius und Breite der Fahrbahn nicht vermeiden (vgl. Abbildung 8). Diese Situation kann zur falschen Einschätzung der Verkehrsteilnehmenden und zu Konfliktsituationen führen (Niewöhner und Berg 2004, S. 35).

Während große Richtungsänderungswinkel (kleine Abbiegeradien) dazu führen können, dass der Lkw-Fahrende nach links ausholen muss, können kleine Richtungsänderungswinkel (große Abbiegeradien) den Abbiegevorgang beschleunigen und zu höheren Geschwindigkeiten führen. Dies hat den Nachteil, dass die zeitliche Aufmerksamkeitsspanne reduziert wird und die vorfahrtberechtigten zu Fuß Gehenden und Radfahrenden schnell übersehen werden können (Schreiber 2013, S. 12). Auch Angenendt et al. (2005, S. 52) stellten bei ihren Beobachtungen fest, dass schwere Konfliktsituationen in der Konstellation zwischen rechtsabbiegendem Kfz und geradeaus fahrendem Radverkehr an Knoten mit starkem oder zügig geführtem rechtabbiegenden Kfz-Verkehr auftreten.

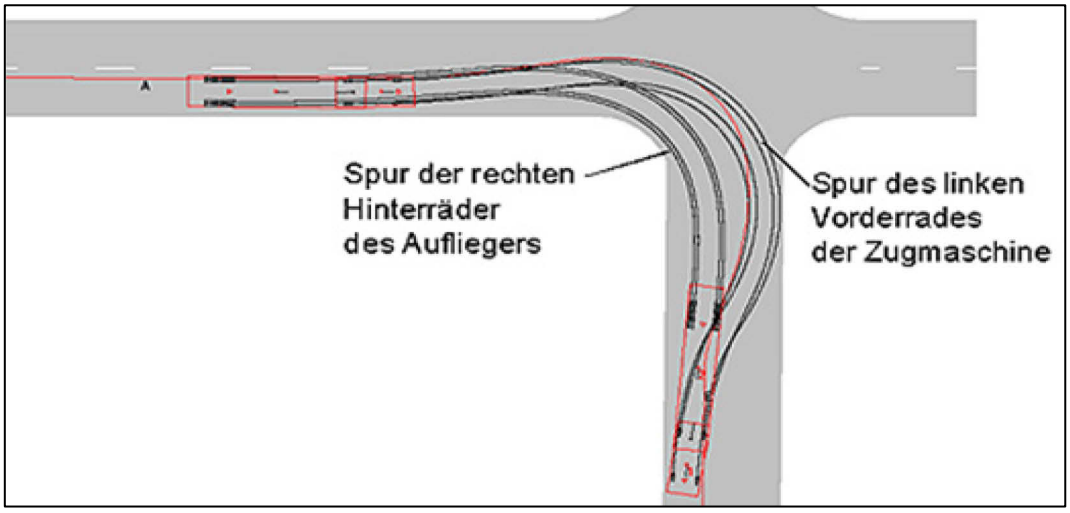


Abbildung 8: Schleppkurve eines Sattelschleppers

Quelle: Unfallanalyse Berlin (o.J.)

Frühere Untersuchungen gaben bereits ebenfalls an, dass vor allem freie Rechtsabbiegeführungen generell als sehr kritisch eingestuft werden, da länger beschleunigt und oftmals gar nicht gebremst wird (Dahmen-Zimmer und Zimmer 1997, S. 56). Sind diese unvermeidlich, sollte der Rad- und Fußverkehr signaltechnisch abgesichert oder durch gestalterische Maßnahmen die Vorfahrt verdeutlicht werden (FGSV 2006, S. 122). Innerorts wird heutzutage meist auf diese Gestaltung verzichtet.

2.3.2 Führungsformen des Radverkehrs

Die potentiellen Führungsformen des Radverkehrs hängen von der Straßenkategorie, der Verkehrsstärke inklusive des Schwerverkehrsanteils, den Platzverhältnissen sowie von der Straßenraumaufteilung mit den Nutzungsansprüchen ab. Im Allgemeinen sind sowohl das Unfallrisiko als auch die Unfallschwere an Erschließungsstraßen deutlich geringer als auf Hauptverkehrsstraßen. Dies ist vor allem durch Tempo 30-Zonen und nicht vorfahrtgeregelte Knotenpunkte (rechts vor links) begründet. Die Unfallsituationen gleichen jedoch jenen auf Hauptverkehrsstraßen, weshalb Alrutz et al. (1997, S. 129) zu dem Schluss kommen, dass die Art der Gefährdung stark von der Radverkehrsführung abhängt. Konflikte zwischen rechtsabbiegenden Güterfahrzeugen und geradeaus fahrendem Radverkehr können an jeder Führungsform auftreten. Die Arten der Radverkehrsführung sind nachfolgend aufgezeigt.

2.3.2.1 Rechtliche Gegebenheiten

In Bezug auf die rechtlichen Gegebenheiten sei beim Radverkehr besonders die Benutzungspflicht dargestellt. Radfahrende müssen demnach die zur Verfügung gestellte Radverkehrsanlage nutzen, wenn diese mit folgenden Zeichen (Z) (vgl. Abbildung 9) gekennzeichnet ist (Bundesministerium des Innern 2013):

- Z 237 „Radweg“
- Z 240 „gemeinsamer Geh- und Radweg“
- Z 241 „getrennter Geh- und Radweg“.

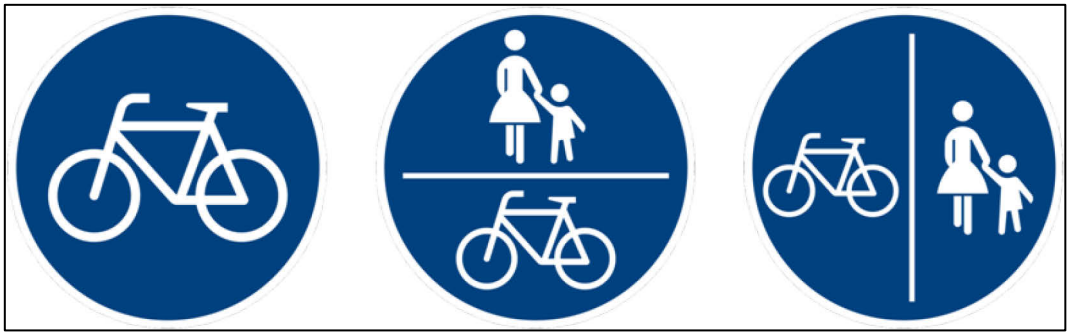


Abbildung 9: Verkehrszeichen Radwegebenutzungspflicht

Quelle: Bundesministerium des Innern (2013)

Rechte Radwege ohne die Zeichen Z 237, Z 240 oder Z 241 können benutzt werden, sind aber nicht verpflichtend (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2001, § 2 (4) I). Seit der Novelle 2013 sind Radverkehrsanlagen nur unter bestimmten Randbedingungen als benutzungspflichtig auszuweisen. Hierzu gehört der Ausbau des Radweges nach dem Stand der Technik inklusive der regelmäßigen Unterhaltung dessen sowie die ausreichende Breite, zumutbare Beschaffenheit und Linienführung des Radweges (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2001, § 2 (4) II). Weiterhin ist eine Benutzungspflicht nur anzuordnen, wenn eine besondere Gefahrenlage besteht. Konkrete Kriterien hierfür sind jedoch in den allgemeinen Verwaltungsvorschriften (VWV-StVO) nicht enthalten. Die genannten Änderungen führen zu einer vermehrten Aufhebung der Benutzungspflicht. Demnach können Radfahrende zwischen der Radverkehrsanlage und

der Fahrbahn wählen. Studien über die Akzeptanz und Nutzung zeigen jedoch, dass auch ohne Benutzungspflicht zu 90 % auf dem Radweg gefahren wird (Alrutz et al. 2009, S. 32). Gleiche Ergebnisse sind bei Richter et al. (2018b, S. 80) zu finden. Auch auf Strecken mit direkter Vorher-Nachher-Analyse (vor und nach Aufhebung der Benutzungspflicht) wird zu 90 % der Radweg genutzt (Richter et al. 2018b, S. 86). Ebenfalls bei Befragungen von Radfahrenden geben ca. 90 % an, auch bei Aufhebung der Benutzungspflicht weiterhin den Radweg zu nutzen (ebenda). In beiden Studien sind keine Unterscheidungen hinsichtlich der Geschlechter vorzufinden.

2.3.2.2 Fahrbahnführung

Bei der Fahrbahnführung wird der Radverkehr getrennt oder gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr auf der Fahrbahn geführt. Diese ist meist mit den gleichen Bodenbelägen ausgestattet und hat keine Höhentrennung. Aufgrund der guten Sichtbeziehungen werden Fahrbahnführungen speziell für den Abbiegekonflikt als sicherer gegenüber der Führung im Seitenraum eingestuft (u.a. Angenendt et al. 1993; Kolrep-Rometsch et al. 2013; Schnüll et al. 1992).

Radfahrstreifen

Der Radfahrstreifen (RFS) wird am rechten Fahrbahnrand durch einen durchgehenden Breitstrich markiert. Diese gelten für Radfahrende immer als benutzungspflichtig und werden mit dem Zeichen Z 237 der StVO gekennzeichnet. Der Kraftfahrzeugverkehr darf den RFS im Längsverkehr nicht überfahren oder darauf halten, sondern nur für die Zu- und Ausfahrt zu Parkbuchten oder Grundstückszufahrten nutzen (FGSV 2010, S. 23). Die Mindestbreite beträgt 1,85 m, wobei ein Sicherheitstrennstreifen zum Parkstreifen von mindestens 0,5 m hinzukommt (FGSV 2010, S. 24). Ein Maximalwert wird in den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) nicht vorgegeben, allerdings erweist es sich als sinnvoll, diese nicht auf die Breite eines Fahrstreifens zu erweitern, da sonst die regelwidrige Mitbenutzung der Kfz-Fahrenden nicht ausgeschlossen werden kann.

Schutzstreifen

Der Schutzstreifen wird auf der Fahrbahn markiert, im Gegensatz zum Radfahrstreifen jedoch mit Leitlinien, welche dem Kraftfahrzeugverkehr die Mitbenutzung im Bedarfsfall erlauben. Zudem werden Schutzstreifen nicht mit einer Beschilderung ausgestattet, gelten aber indirekt aufgrund des Rechtsfahrgebotes für Radfahrende als benutzungspflichtig – zumindest wenn keine Gefahrenlage vorliegt (Bundesministerium des Innern 2013, § 2 (2)). Das Regelmaß des Schutzstreifens beträgt 1,50 m zuzüglich eines 0,5 m breiten Sicherheitstrennstreifens neben Parkstreifen oder -buchten. Das Parken auf dem Schutzstreifen ist nicht gestattet. Das Halten hingegen schon, wenn dies nicht explizit eine Beschilderung untersagt (FGSV 2010, S. 22 f.).

Radfahrstreifen in Mittellage

Der Radfahrstreifen in Mittellage (RIM) wird auf der Fahrbahn zwischen dem Geradeaus- und dem Abbiegefahrstreifen der Kraftfahrzeuge angelegt (vgl. Abbildung 10). Dies soll die Konflikte direkt am Knotenpunkt zwischen abbiegenden Fahrzeugen und geradeaus fahrendem Radverkehr minimieren bzw. verhindern. In den ERA und auch in den

Vorgaben der Stadt Berlin sind die enthaltenen Regelpläne und Anwendungsgebiete nicht detailliert beschrieben. Konkrete Maße zur Ausführung, wie beispielsweise die Breite, die Länge oder auch die Länge des Verflechtungsbereiches sind nicht enthalten. Inwiefern hier die Regelungen aktualisiert werden sollten und ob diese Führungsform die Sicherheit erhöhen kann, wurde in den letzten Jahren untersucht. Einige Ergebnisse hierzu sind im Kapitel 7.2.2 enthalten.

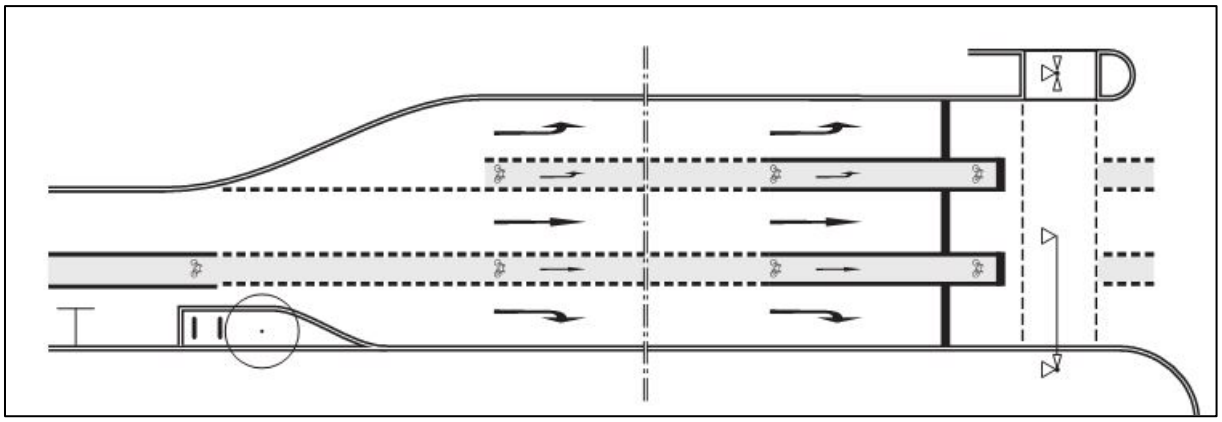


Abbildung 10: Radfahrstreifen im Knotenpunktbereich

Quelle: FGSV (2010, S. 48)

Mischverkehr

Wenn keine markierte oder bauliche Radverkehrsanlage vorhanden ist, müssen die Radfahrenden die Fahrbahn benutzen und im Mischverkehr zusammen mit dem motorisierten Verkehr fahren. Ausgenommen davon sind Kinder (einschließlich der begleitenden Eltern) bis zum vollendeten zehnten Lebensjahr, die den Gehweg nutzen dürfen (Bundesministerium des Innern 2013, § 2 (5)). Ob eine Radverkehrsanlage angelegt werden muss, oder es dem Radverkehr zugemutet werden kann, im Mischverkehr zu fahren, hängt maßgeblich von den Faktoren zulässige Höchstgeschwindigkeit, Schwerverkehrsanteil und Fahrbahnbreite ab (FGSV 2010, S. 22). Fahrbahnbreiten zwischen 6 m und 7 m mit hohen Verkehrsstärken von über 400 Kfz/h gelten als besonders kritisch, da ausreichende Überholabstände nicht eingehalten werden.[6] Überholungen können hierbei nur durchgeführt werden, wenn der Gegenverkehr dies entsprechend zulässt. Viele Fahrzeugführende verzichten bei vorhandenem Gegenverkehr jedoch nicht auf das Überholen, sondern eher auf die Unterschreitung der seitlichen Überholabstände. Speziell auf Hauptverkehrsstraßen mit hohen Verkehrsstärken werden sehr geringe seitliche Abstände beim Überholvorgang festgestellt. Die Möglichkeit und Durchführung des Überholens hängt dabei hauptsächlich von der Breite der Fahrbahn ab (Ohm et al. 2015, S. 70).

Auch wenn viele Studien hinsichtlich der Abbiegekonflikte eine eher unterdurchschnittliche Konfliktwahrscheinlichkeit und Unfallgefahr bei der Führung im Mischverkehr verzeichnen, so ist die subjektiv empfundene Sicherheit im Mischverkehr eher gering. Dadurch steigt beispielsweise die regelwidrige Nutzung des Gehwegs erheblich an (Kolrep-

[6] In der StVO § 5 Absatz 4 steht lediglich, dass gerade zu Radfahrenden und zu Fuß Gehenden ausreichend seitlicher Abstand eingehalten werden soll. Ein konkreter Wert ist nicht benannt. Viele Verbände und Gerichtsbeschlüsse sehen den Abstand von den jeweiligen Außenkanten mit 1,5 m bis 2,0 m als Mindestmaß an (ADFC Kreisverband Bottrop e.V. 2018).

Rometsch et al. 2013, S. 71). Dies birgt wiederum ein hohes Konfliktpotential, da die Fahrzeugführenden nicht zwangsweise mit dem Radverkehr auf dem Gehweg rechnen. Wenn auf Hauptverkehrsstraßen aus verkehrlicher Sicht keine Mischverkehrsführung in Frage kommt, aus planerischer Sicht jedoch keine andere Führungsform möglich ist, sollte geprüft werden, ob dem Radverkehr eine Alternative über Erschließungsstraßen geboten werden kann (FGSV 2010, S. 22). Auch bei alternativen Routen über das Ergänzungsnetz muss dennoch mit Radverkehr auf Hauptverkehrsstraßen gerechnet werden, weshalb die sichere Führung dessen immer zu berücksichtigen ist.

Freigabe des Bussonderfahrstreifens

> *„Die Radverkehrsführung auf Bussonderfahrstreifen hat den Vorteil der zügigen Befahrbarkeit und der Vermeidung von Konflikten mit ein- und aussteigenden Fahrgästen an Haltestellen.“ (FGSV 2010, S. 29)*

Diese sind beispielsweise auch als Zusatzlösung bei nicht benutzungspflichtigen Radverkehrsanlagen vorhanden. Speziell dann wird eine Beeinträchtigung des Busses als unwahrscheinlich angesehen. Bei geringen Radverkehrsstärken können die Fahrstreifenbreiten 3 m bis 3,5 m betragen. Maximal sollten die Fahrstreifen 4,75 m sein (FGSV 2010, S. 30).

Öffnung von Einbahnstraßen

Um dem umwegsempfindlichen Radverkehr eine bessere Netzanbindung zu bieten, kommt die Öffnung von Einbahnstraßen mit Radverkehr in Gegenrichtung in Frage, sofern die Sicherheit gewährleistet ist. Dies soll möglichst nur in Tempo 30-Zonen und mit zusätzlichen baulichen Maßnahmen erfolgen. Die Fahrbahnbreite sollte dabei mindestens 3 m betragen und wenn möglich sollten Ausweichmöglichkeiten geschaffen werden (FGSV 2010, S. 62). Ein erheblicher Vorteil in der Öffnung der Einbahnstraße besteht in der Abnahme der regelwidrigen Fahrten auf dem Gehweg, vor allem in regelwidrig linker Fahrtrichtung (Alrutz et al. 2001, S. 104).

Fahrradstraßen

Als weitere Möglichkeit der Radverkehrsführung in Erschließungsstraßen kommen Fahrradstraßen in Frage. Durch das Zeichen Z 244.1 StVO hat der Fahrradverkehr dort Vorrang (Bundesministerium des Innern 2013). Kraftfahrzeuge sind nur mit entsprechender Beschilderung (meist „Anlieger frei“) und mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h erlaubt, weshalb es hier eher selten zu Konflikten mit abbiegendem Verkehr kommt (FGSV 2010, S. 60 f.).

Die Führungsformen auf dem Bussonderfahrstreifen, der Öffnung von Einbahnstraßen und der Schaffung von Fahrradstraßen gleichen jedoch insgesamt die der Mischverkehrsführung, weshalb auf eine detaillierte Betrachtung verzichtet wird.

2.3.2.3 Führung im Seitenraum

Führungen im Seitenraum sind nach den Ergebnissen einiger Forschungen zwar nicht so sicher wie Fahrbahnführungen, jedoch ist die empfundene subjektive Sicherheit vieler Radfahrenden auf Radwegen deutlich höher (u.a. Alrutz et al. 2009). Die Absetzung des

Radweges vom Fahrbahnrand ist dabei nicht vorgegeben und unterscheidet sich je nach Straßenquerschnitt.

Baulich angelegte Radwege im Seitenraum

Zwischen der Fahrbahn und dem Radweg wird eine Trennung über Borde oder Grünstreifen angelegt. Zwischen dem Radweg und dem Gehweg erfolgt meist nur eine Markierung oder Farbänderung der Bodenbeläge.[7] Die Regelbreite eines Radweges beträgt mindestens 1,6 m und regulär 2 m, wodurch das gegenseitige Überholen Radfahrender gewährleistet werden kann (FGSV 2010, S. 25). Bei hohen Verkehrsstärken oder starkem Gefälle kann der Radweg auch breiter ausfallen. Sicherheitsräume sind in jedem Fall zwischen der angrenzenden Fahrbahn anzuführen, welche hinsichtlich des Fahrzustandes oder der zulässigen Höchstgeschwindigkeit variieren, aber mindestens 0,5 m betragen müssen (ebenda). Eine maximale Absetzung ist nicht enthalten. Baulich angelegte Radwege können sowohl benutzungspflichtig als auch nicht benutzungspflichtig sein.

Gemeinsame Führung mit dem Fußverkehr

Die gemeinsame Führung mit dem Fußverkehr ist entweder über die Beschilderung Z 240 StVO oder Z 239 StVO mit Zusatzzeichen 1022-10 möglich (Bundesministerium des Innern 2013). Letzteres ist nicht benutzungspflichtig, der Gehweg darf über das Zusatzzeichen (Radfahrer frei) mitbenutzt werden. Bei gemeinsamen Geh- und Radwegen erfolgt keine bauliche Trennung. Mit der genannten Beschilderung sind diese Anlagen benutzungspflichtig. Sie sollten jedoch nur bei geringer Seitenraumnutzung der Fußgänger und demnach geringen Fußverkehrsstärken, wenigen Knotenpunkten in Folge und ausreichend breiten Seitenräumen eingesetzt werden. Auch bei starken Gefällen von über 3 % sind die Führungsformen aufgrund der höheren Geschwindigkeiten der Radfahrenden nicht zu empfehlen (FGSV 2010, S. 27). Nach Kolrep-Rometsch et al. (2013) sind gemeinsame Geh- und Radwege aufgrund der erhöhten Konfliktgefahr am Knotenpunkt zu vermeiden.

Zwei-Richtungs-Radwege

Zwei-Richtungs-Radwege sind grundsätzlich zu vermeiden und nur in Ausnahmesituationen nach individueller Prüfung möglich. Dies geben sowohl die ERA als auch Kolrep-Rometsch et al. (2013) und Alrutz et al. (2015b) an. An den von Alrutz et al. (2015a, S. 34) untersuchten Zwei-Richtungs-Radwegen sind zwei Drittel der Unfälle mit Radverkehr in Gegenrichtung (linke Fahrtrichtung) und nur ein Fünftel der Unfälle mit Radfahrenden in Fahrtrichtung zu verzeichnen.[8] Von den Unfällen entgegen der Fahrtrichtung gingen 90 % mit Personenschäden aus, wobei ca. 70 % auf den Unfalltyp Einbiegen-/Kreuzen-Unfall fallen (rechte Fahrtrichtung nur 34 %). Vor allem die Sichtbeziehungen seien oftmals kritisch und müssen demnach eingehalten werden (ebenda). Zudem ist deutlich erkennbar zu machen, dass der Radverkehr auch aus entgegengesetzter Fahrtrichtung kommen kann (Einfärbung in Rot, Markierung Sinnbild Fahrrad oder/und Anhebung durch Aufpflasterung

[7] Eine Höhentrennung auch zum angrenzenden Gehweg wie sie in anderen europäischen Städten üblich ist (z.B. Kopenhagen), findet in Deutschland keine oder nur seltene Anwendung (Rath 2015).

[8] Die restlichen ca. 13 % verteilen sich auf kreuzende Radfahrende und jene ohne Angabe (Alrutz et al. 2015a, S. 34).

o.ä.). An KP stellt dies ein häufiges Konfliktszenario dar, da viele Abbieger nicht mit dem Radverkehr aus Gegenrichtung rechnen. Zwei-Richtungs-Radwege haben ein Mindestmaß von 2,5 m (FGSV 2010, S. 26). Auf eine detaillierte Betrachtung der Zwei-Richtungs-Radwege wird hier nicht eingegangen, da dies für den klassischen tote-Winkel-Konflikt nicht von Relevanz ist (Radverkehr nähert sich nicht von hinten dem Knotenpunkt an).

2.3.2.4 Knotenpunktbereich

Knotenpunktbereiche haben ein großes Konfliktpotential. So sind in den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen Sicherungsvorschläge und Maßnahmen enthalten, die gerade den Konflikt zwischen geradeaus fahrendem Radverkehr und abbiegenden Kraftfahrzeugen mindern sollen.

Furtmarkierung

Der Radverkehr wird an Knotenpunkten über Furten wegweisend markiert. An (übergeordneten) KP sind diese durchgängig als Schutzstreifen (oder Furten) zu markieren (FGSV 2010, S. 38). Die Markierungen können mit einfachen Breitstrichmarkierungen, rot eingefärbten Furten oder Aufpflasterungen ausgestaltet sein, wobei letztere eher an kleineren Knoten oder Einmündungen eingesetzt werden. Roteinfärbungen können die Aufmerksamkeit erhöhen, sollen jedoch aufgrund des Gewöhnungseffekts sparsam eingesetzt werden (FGSV 2010, S. 44).

Vorziehen der Haltlinie

Weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit sind vorgezogene Haltlinien des Radverkehrs oder aufgeweitete Radaufstellstreifen. Sie dienen der besseren Sichtbarkeit zwischen Kfz- und Radverkehr.

> *„Der Radverkehr soll sich grundsätzlich im Blickfeld des Kraftfahrzeugverkehrs aufstellen und anfahren können.“ (FGSV 2010, S. 44)*

Die Haltlinie des Radverkehrs soll hierfür mindestens 3 m (bei starkem Radverkehrsaufkommen auch bis 5 m) vor der Haltlinie des Kfz liegen, um die Sichtbeziehungen beim Aufstellen und Anfahren zu gewährleisten (FGSV 2010, S. 44). In den ERA wird darüber hinaus die Gefahr angegeben, dass sich Radfahrende andernfalls im toten Winkel des Lkws befinden (ebenda). Aufgeweitete Radaufstellstreifen sind vor allem für linksabbiegenden Radverkehr interessant, weshalb auf die detaillierte Beschreibung im Rahmen der Dissertation verzichtet wird.

Absetzung der Radverkehrsfurt

Zur Herstellung der Sichtbeziehungen an KP mit LSA soll der Radverkehr auf fahrbahnnahen Furten geführten werden (FGSV 2010, S. 44; FGSV 2006, S. 112). Angaben zur maximalen Absetzung sind keine enthalten. Konkretere Angaben finden sich im Kapitel zu KP mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen. Hier soll der Radverkehr auf 0,5 m an den Fahrbahnrand geführt werden, mindestens 10 m vor dem Beginn des KP (FGSV 2010, S. 38). Je weiter die Furt abgesetzt ist, desto eher sind Sichtverdeckungen wahrscheinlich. Schreiber et al. (2013, S. 10) geben bei allen untersuchten KP eine Sichtbehinderung von 41 % an. Bei größeren Furtabsetzungen von 2 m bis 4 m steigen diese auf 68 % an. Auch

Niewöhner und Berg (2004, S. 36) geben an, die fahrbahnnahe Führung zu bevorzugen, da bei weit abgesetzten Furten der Anstoßwinkel zwischen abbiegendem Fahrzeug und Radverkehr größer wird. Hierbei besteht eine erhöhte Gefahr, bei Kollision unter den Lkw zu geraten und von diesem überrollt zu werden. Sehr weit abgesetzte Furten haben wiederum den Vorteil, dass sich die Radfahrenden im direkten Sichtfeld des Lkw befinden (vgl. Kapitel 2.4.2). Des Weiteren müssen Furten, die weiter als 5 m abgesetzt sind, eindeutige Kennzeichnungen zur Vorfahrt ungeschützter Verkehrsteilnehmender haben (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2001).

Ortsfeste Spiegel

Ortsfeste Spiegel – in Deutschland vermehrt auch unter Trixi®-Spiegel bekannt – werden an den Masten der Lichtsignalanlage (LSA) befestigt und sollen an gefährdeten Knotenpunkte speziell dem Lkw-Fahrenden die Sicht auf neben sich aufgestellte Radfahrende verbessern. Jedoch merken Niewöhner und Berg (2004, S. 35) an, dass eine solche Maßnahme oftmals nur von ortskundigen Fahrzeugführenden „entdeckt“ wird. Es liegen keine Erfahrungen zur Wirksamkeit, Anbringung und Verschmutzung vor. Richter et al. (2014a) weisen darauf hin, dass Unfälle zwischen abbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr an vielen einzelnen KPA auftreten und die Anbringung somit flächendeckend durchgeführt werden müsste. Des Weiteren geben sie an, *„dass die Wirkung der Spiegel hauptsächlich für die Anfahrt nach einem vorherigen Halt an dem roten Signal der LSA geeignet ist“ (Richter et al. 2014a, S. 17)*.

Technische Neuheiten am Knotenpunkt

Zu technischen Neuheiten an Knotenpunkten zählen beispielsweise Systeme, die am Knotenpunkt installiert werden und den abbiegenden Verehr auf Radfahrende hinweisen. Eines solcher Systeme nennt sich bike flash® und wurde erstmalig im November 2018 in Garbsen (Niedersachsen) installiert (MRS Mobile Road Safety GmbH & Co. KG). Das System erkennt sich nähernde und stehende Personen über Wärmesensoren und gibt auf vier verschiedenen Höhen für unterschiedlich hohe Fahrzeuge mittels LED-Leuchten Warnungen aus (MRS Mobile Road Safety GmbH & Co. KG).

2.3.3 Signalisierung

Rechtsabbiegende Kraftfahrzeuge können sowohl gemeinsam mit dem Geradeausverkehr (Vollscheibe), als auch getrennt in einer eigenen Phase geschaltet werden. Zusätzlich gibt es noch den Mix aus beidem. Dabei werden sie grundsätzlich über die Vollscheibe gemeinsam signalisiert, erhalten aber eine zeitweise getrennte Signalisierung über einen zweifeldrigen Richtungssignalgeber (dunkel – grün – gelb – dunkel) (FGSV 2015b, S. 14). Auf die Signalisierungsvariante bei Dreiecksinseln soll hier nicht eingegangen werden, da bereits bekannt ist, dass Dreiecksinseln innerhalb bebauter Gebiete ein hohes Sicherheitsrisiko (speziell für ungeschützte Verkehrsteilnehmende) darstellen und nur selten eingesetzt werden (Dahmen-Zimmer und Zimmer 1997, S. 56). Kommt lediglich die Vollscheibe zum Einsatz und zu Fuß Gehende und Radfahrende werden bedingt verträglich mit den abbiegenden Kfz geführt, kann an gefährdeten KP ein Gelbblinklicht zur Warnung eingesetzt werden (FGSV 2015b, S. 14). Dies soll den Fokus der

Aufmerksamkeit auf die bedingt verträglichen Verkehrsteilnehmer erhöhen und ist aus diesen Gründen sparsam einzusetzen (ebenda).

Die vollständig getrennte Signalisierung ist unabdingbar, wenn mehrstreifiges (Rechts-) Abbiegen erlaubt ist (FGSV 2015b, S. 20; FGSV 2010, S. 45). Zusätzlich ist die getrennte Signalisierung wünschenswert, wenn hohe Abbiegeverkehrsstärken oder ein hoher Schwerverkehrsanteil vorliegen (FGSV 2010, S. 45). Schreiber et al. (2013, S. 17) weitet dies für Radfahrende auf zügige Linienführung der Abbieger, hohe Geschwindigkeiten des Radverkehrs, komplexe oder unübersichtliche KP oder vorhandene Sichthindernisse aus – so, wie es teilweise die Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) auch für den Fußverkehr bereits angeben (FGSV 2015b, S. 17). Konkrete Anwendungsfälle, Kriterien oder Einsatzgrenzen sind nicht definiert.

Für den Radverkehr kommen grundsätzlich drei Formen der Signalisierung in Frage:

- gemeinsamer Signalgeber mit dem Kfz-Verkehr
- gemeinsamer Signalgeber mit dem Fußverkehr
- eigener Signalgeber (FGSV 2005, S. 7).

Die gemeinsame Signalisierung mit dem Kfz-Verkehr ist anzustreben, wenn Radfahrende ohne eigene Radverkehrsanlage im Mischverkehr, auf Schutzstreifen, Bussonderfahrstreifen, Radfahrstreifen und Radwegen mit nicht abgesetzten Furten geführt werden (FGSV 2015b, S. 19). Die gemeinsame Signalisierung des Radverkehrs mit dem Fußverkehr soll nur bei gemeinsamen Geh- und Radwegen sowie an Zwei-Richtungs-Radwegen eingesetzt werden. Eigene Signalgeber für den Radverkehr sollen laut RiLSA nur eingesetzt werden, wenn sich der hohe Aufwand durch die sich ergebenden Vorteile rechtfertigt (ebenda). Dies ist speziell dann der Fall, wenn an großen KP die Räumzeit der Radfahrenden wesentlich höher als die der Kfz-Fahrenden ist. Laut RiLSA sollen grundsätzlich bedingt verträgliche Fuß- und Radverkehre einen Zeitvorsprung[9] erhalten, welcher nur über vom Kfz-Verkehr getrennte Signalgeber möglich ist (FGSV 2015b, S. 28). Die Signalisierung über eigene Signalgeber hat weiterhin den Vorteil, dass Freigabebeginn und -ende mit der Signalisierung des Fußverkehrs zusammenfallen können (Blockschaltung). Dies kann die Sicherheit erhöhen, wie Stolz ermittelt. Laut Stolz (2015, S. 65) steigt die Konfliktrate von 8 % erheblich auf 21 % an, wenn der Signalgeber des Fußverkehrs (FV) bereits Rot zeigt, jener der Radfahrenden aber entweder über den eigenen oder den Kfz-Signalgeber noch freigegeben ist. Die abbiegenden Fahrzeuge, die sich im KP bereits aufgestellt haben und nur noch den Signalgeber des Fußverkehrs sehen, schätzen die Situation oftmals falsch ein. Eine Blockschaltung kann hierbei konfliktmindernd wirken. Durch das frühere Freigabeende aus Leistungsfähigkeitsgründen (Zwischenzeiten Radfahrende und Abfluss Rechtsabbiegende) kann jedoch die Akzeptanz der Radfahrenden eingeschränkt sein und es kann vermehrt zu Rotlichtverstößen kommen. Gleiches gilt für den Einsatz einer getrennten Phase des abbiegenden Kraftfahrzeugverkehrs und den geradeaus fahrenden, ungeschützten Verkehrsteilnehmenden. Wissenschaftliche Erkenntnisse gibt es hierzu jedoch nicht.

[9] Der Zeitvorsprung bietet dem sich bei Rot zeigender LSA aufgestellten Radfahrenden einen Vorlauf, um sich bereits ein bis zwei Sekunden vor dem Kraftfahrzeug an der Konfliktfläche zu befinden (FGSV 2015b, S. 28).

2.3.4 Sichtverhältnisse

Einmündungen und Knotenpunkte sind laut Richtlinien frei von Sichtverdeckungen zu halten. Dies soll mittels Sichtdreiecken geprüft und sichergestellt werden (FGSV 2006, S. 28). Die Sichtdreiecke auf den bevorrechtigten Radverkehr sind in den Richtlinien jedoch nur für kreuzende Verkehre angegeben, nicht für bedingt verträglichen, in gleicher Richtung fahrenden, Radverkehr.

Dennoch gibt es in der Umsetzung häufig Einschränkungen, sodass es zu (temporären) Sichtverdeckungen kommen kann. Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 82) stellen an 41 % der untersuchten KP Sichthindernisse fest, was Richter et al. (2014a, S. 59) bestätigen. Fahrbahnnahe Führungen (Radweg mit 0 m bis 2 m Furtabsetzung) haben jedoch mit 24 % weniger häufig Sichtverdeckungen als weiter abgesetzte Furten (63 % Sichtbehinderungen bei Furten, die mehr als 2 m abgesetzt sind) (Kolrep-Rometsch et al. 2013, S. 82). Dies begründet sich vor allem mit dem zur Verfügung stehenden Platz. Dabei können Sichthindernisse durch den ruhenden oder öffentlichen Verkehr oder aber durch Begrünung etc. entstehen.

Welche lokalen Sichthindernisse jedoch einen tatsächlichen Einfluss auf den Konflikt zwischen abbiegendem Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr haben, wurde bislang nicht untersucht, sondern lediglich subjektiv angegeben. Auch die Richtlinien enthalten hierzu keine genauen Angaben, in welcher Form und in welchem Abstand die Sicht auf die parallel geführten Radfahrenden und zu Fuß Gehenden freigehalten werden muss.

2.3.5 Oberflächenbeschaffenheit

Die Infrastruktur hat einen großen Einfluss auf die Verkehrssicherheit der am Verkehr teilnehmenden Personen. Hierbei ist einerseits die Gestaltung von großer Bedeutung, die begreifbar, verständlich und befahrbar sein soll (FGSV 2006, S. 109). Andererseits ist auch die Erhaltung des befahrbaren Zustandes ein wichtiger Aspekt. Längsunebenheiten, Risse, Flickstellen, Kantenschäden und offene Nähte oder Abplatzungen sind nur einige mögliche Probleme. Diese können in unterschiedlicher Stärke auftreten und haben einen großen Einfluss auf die Befahrbarkeit und Sicherheit der Radverkehrsanlage. Es bietet sich an, eine Datenbank (Pavement-Management-System) mit der Zustandsbewertung anzulegen, sodass eine Mängelklassenermittlung und Prioritätenliste für Baumaßnahmen erfolgen kann (Maerschalk und Oertelt 2014). Zusätzlich ist die Oberflächenbeschaffenheit von der Fahrbahn so zu gestalten, dass möglichst geringe Bremswege und gute Wasserverdrängungen vorherrschen. So fanden Forscher der Universität Villanova (Vereinigte Staaten von Amerika) heraus, dass bei Oberflächen mit hoher Reibkraft[10] eine Reduzierung der Verletzungsschwere bei Unfällen von 70 % (bei Unfällen mit Getöteten sogar um 100 %) hervorrufen können (Park 2018).

[10] Detaillierte Angaben zur Oberflächenbeschaffenheit werden nicht getätigt.

2.4 Fahrzeugseitige Aspekte

> *„Potenziale sind weiterhin in neuen Technologien wie Fahrerassistenzsystemen (Intelligent Speed Adaptation), aber auch in der Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur (Self Explaining Road) zu sehen.“ (Butterwege 2011, S. 12)*

Die im Rahmen der Dissertation sinnvollen Fahrerassistenzsysteme werden nachfolgend dargestellt. Vorerst wird jedoch die direkte und indirekte Sicht erläutert. Dies beinhaltet sowohl verpflichtende Angaben aus diversen rechtlichen Vorgaben als auch Ergebnisse bereits durchgeführter Studien.

2.4.1 Direkte Sicht

Als direkte Sicht werden jene Bereiche bezeichnet, die direkt von Fahrzeugführenden, beispielsweise über Fensterverglasung, einsehbar sind. Diese weichen je nach Aufbau des Fahrzeugs stark voneinander ab (vgl. Abbildung 11). Im vorderen Bereich sind die direkten Sichtfelder jedoch relativ ähnlich. Bauartbedingt kommt es hier nur zu wenigen Unterschieden. Die rückwärtige Sicht hingegen ist stark davon abhängig, ob die Rückscheibe verglast oder ob diese durch Auflieger verdeckt ist. Ist die rückwärtige Sicht bauartbedingt möglich, so ist ein relativ großes direktes Sichtfeld vorhanden. Die durch den nach vorne gerichteten Blick nicht zwangsweise einsehbaren Bereiche können hier mit einem Schulterblick ausgeglichen werden. Der Schulterblick ist hingegen bei Fahrzeugen mit Aufbau nicht möglich, weshalb hier teilweise ein erheblicher Sichtschatten entsteht.

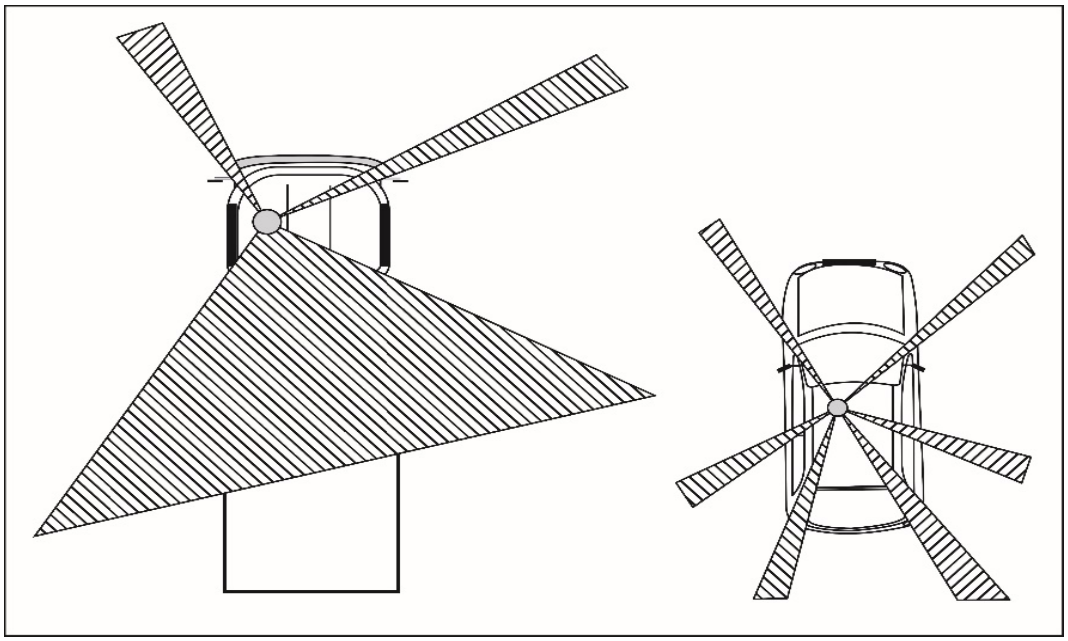


Abbildung 11: Sichtschatten an Lkw und Pkw

Quelle: veränderte Darstellung nach Niewöhner und Berg (2004, S. 15)

Bei Lkw-Fahrenden ist die vordere direkte Sicht durch die Tiefe der Scheiben und durch die Sitzposition der Fahrzeugführenden bestimmt (Niewöhner und Berg 2004, S. 38). Abhängig vom Fahrzeugmodell und der Größe des Fahrzeugführenden sind Personen oder Gegenstände, die sich vor der Fahrzeugfront befinden, erst in 1,6 m Höhe bei einer

Entfernung von 0,7 m zu erkennen (ebenda). Personen oder Gegenstände, die sich rechts neben dem Fahrzeug befinden, sind mit einer Höhe von 1,6 m erst in einer Entfernung von 1,6 m bis 1,8 m sichtbar (Niewöhner und Berg 2004, S. 39; vgl. Abbildung 12). Kleinere Personen sind demnach mitunter erst später im direkten Sichtfeld erkennbar. Diese Sichtschatten müssen mit diversen Spiegelsystemen ausgeglichen werden.

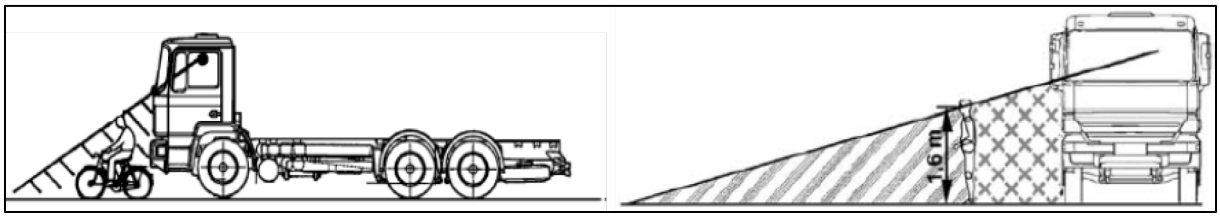


Abbildung 12: direktes Sichtfeld aus dem Lkw für die Front (links) und rechte Seite (rechts)

Quelle: veränderte Darstellung nach Niewöhner und Berg (2004, S. 38 f.)

Dass das direkte Sichtfeld stark bauartabhängig ist, zeigen auch Cornelius und Todts (2016). Diese analysierten den toten Winkel unterschiedlicher N3-Fahrzeugklassen (Langstrecken, Kurzstrecken und Baustellenfahrzeuge) von jeweils fünf verschiedenen Fahrzeugherstellern (u.a. Volvo, MAN, Mercedes Benz). Anlage 9 verdeutlicht den Sichtunterschied bei zwei verschiedenen Fahrzeugen.

2.4.2 Indirekte Sicht

Die rückwärtige Sicht aus einem Fahrzeug ist unter anderem durch die Bauweise bedingt. Hierbei entstehen Sichtverdeckungen, die umgangssprachlich auch als „toter Winkel“ bezeichnet werden. Um speziell der verdeckten rückwärtigen Sicht Abhilfe zu verschaffen, sind an Fahrzeugen, je nach deren Größe und Gewicht, Spiegel vorgeschrieben. Durch die zügige Entwicklung der Technologie sind mittlerweile auch Kamera-Systeme gestattet, die teilweise zusätzlich, aber auch ersetzend angebracht werden können. Diese müssen jedoch die gleichen Sichtfelder wie die Spiegelsysteme gewährleisten. Die zusätzlichen Hilfsmittel sollen dazu führen, dass keine Sichtschatten mehr existieren und jeder Bereich um das Fahrzeug herum einsehbar ist.

2.4.2.1 Spiegel

Spiegelsysteme sind EU-weit geregelt und haben je nach Größe, Zulassung und Art des Fahrzeugs festgelegte Sichtfelder, die zwingend eingehalten werden müssen. Hierfür sind die Fahrzeuge in Fahrzeugklassen unterteilt, da je nach Fahrzeugform und -masse unterschiedliche Bestimmungen vorgegeben sind. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Zuordnung der Fahrzeug- und Spiegelklassen.

Für einen Lkw mit mehr als 7,5 t ergeben sich die in Abbildung 13 dargestellten Mindestsichtfelder, die in der europäischen (Richtlinie 2003/97/EG) festgelegt sind. In Anlage 10 sind die indirekten Sichtfelder gesamtheitlich für Pkw (und Lkw bis 7,5 t) dargestellt.[11]

[11] Vgl. Fahrzeugklassen in Tabelle 1.

Tabelle 2: Spiegelgruppen und Fahrzeugklassenzuordnung

Spiegelgruppe	Beschreibung	Fahrzeugklassenzuordnung
I	Innenspiegel	M1, N1
II	Hauptaußenrückspiegel groß	M2, M3, N2, N3
III	Hauptaußenrückspiegel klein	M1, N1
IV	Weitwinkelspiegel	N2*, N3
V	Nahbereichs-/ Anfahrspiegel	N2*, N3
VI	Frontspiegel	N2*, N3
***** für Fahrzeuge bis 7,5 t nicht zwingend nötig, ab 7,5 t vorgeschrieben		

Quelle: eigene Darstellung nach Richtlinie (2003/97/EG, S. 34 f.)

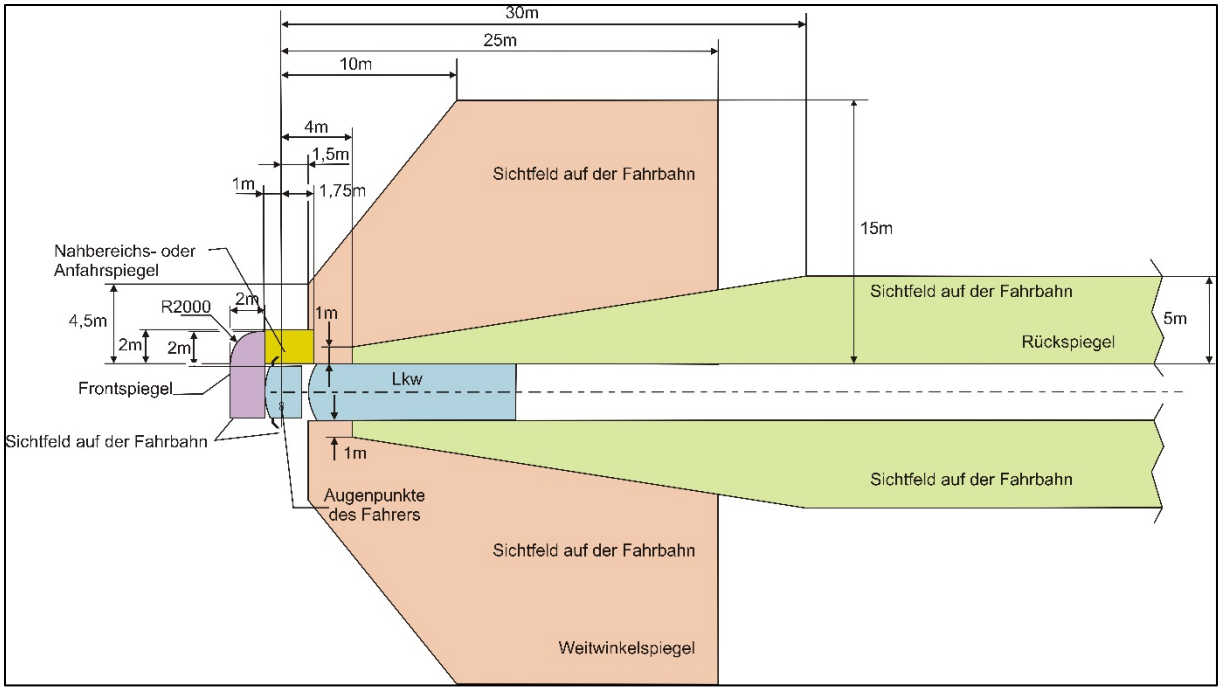


Abbildung 13: vorgegebene Mindestsichtfelder des Lkws nach europäischer Richtlinie

Quelle: eigene Darstellung nach Richtlinie (2003/97/EG S. 37 und S. 39 - 41)

Laut des ADFC Berlin e.V. gibt es keinen toten Winkel an schweren Nutzfahrzeugen, alle Bereiche seien durch diverse Spiegel einsehbar (ADFC Berlin e.V. o.J.a). Simulationen der Firma REKNOW GmbH und Co. KG haben durch eine dreidimensionale Sicht jedoch aufgezeigt, dass es durchaus einen Teil rechts neben dem Fahrzeug geben kann, den der Lkw-Fahrende auch mit richtig eingestellten und vorgeschriebenen Spiegeln (vgl. Anlage 11) nicht einsehen kann (vgl. Abbildung 14). Zwar befindet sich dieser in einem Meter Höhe, sodass theoretisch die Beine von Personen oder Räder von Radfahrenden am Boden sichtbar wären – diese jedoch in dem verzerrten und verkleinerten Spiegelbild als solche in Sekundenschnelle zu erkennen, ist nahezu unmöglich (BG Verkehr 2016, S. 29). Die Sicht des Fahrzeugführenden aus der Fahrerkabine ist hierfür vergleichend in Anlage 12 dargestellt.

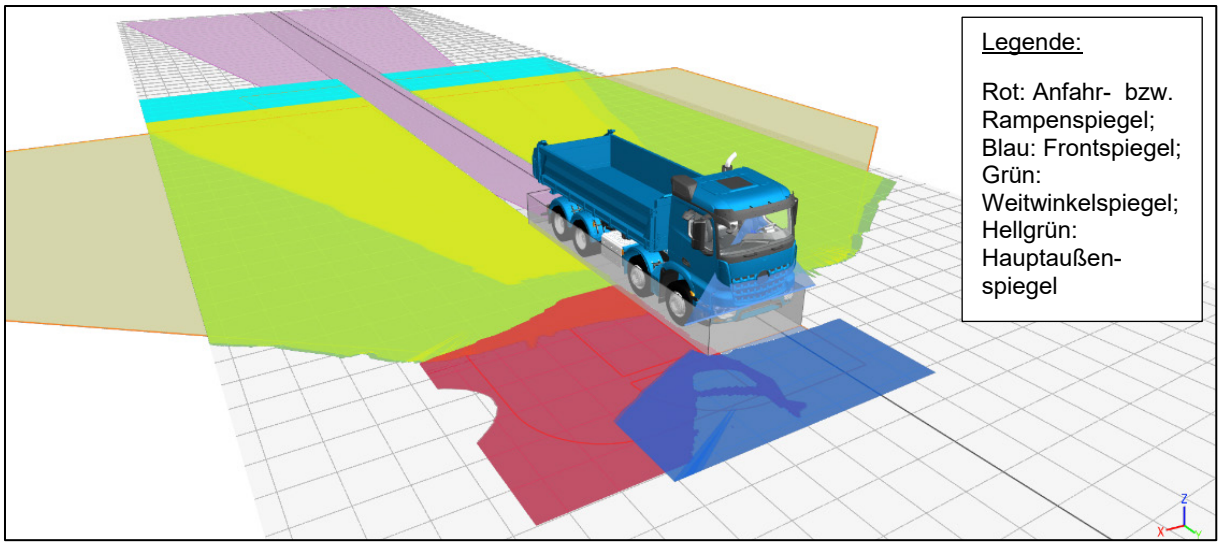


Abbildung 14: Sichtfelder eines Lkws in 3D

Quelle: © REKNOW GmbH und Co. KG mit EMM-Check ®

Eine Forschungsarbeit der Universität Loughborough zeigt darüber hinaus, dass es je nach Art des Fahrzeugs Bereiche gibt, in denen die Radfahrenden komplett nicht sichtbar sind (vgl. Abbildung 15 – mittlerer Radfahrer). Maße werden hier keine angegeben. Dabei spielt offensichtlich die Fahrzeugart eine entscheidende Rolle. Maßgeblich beeinflusst wird dieser Bereich durch die direkte Sicht (Höhe der Scheiben mit Verglasung), die Fahrzeughöhe, die Größe des Fahrzeugführenden und die Position und Größe des Radfahrenden (Summerskill et al. 2014).

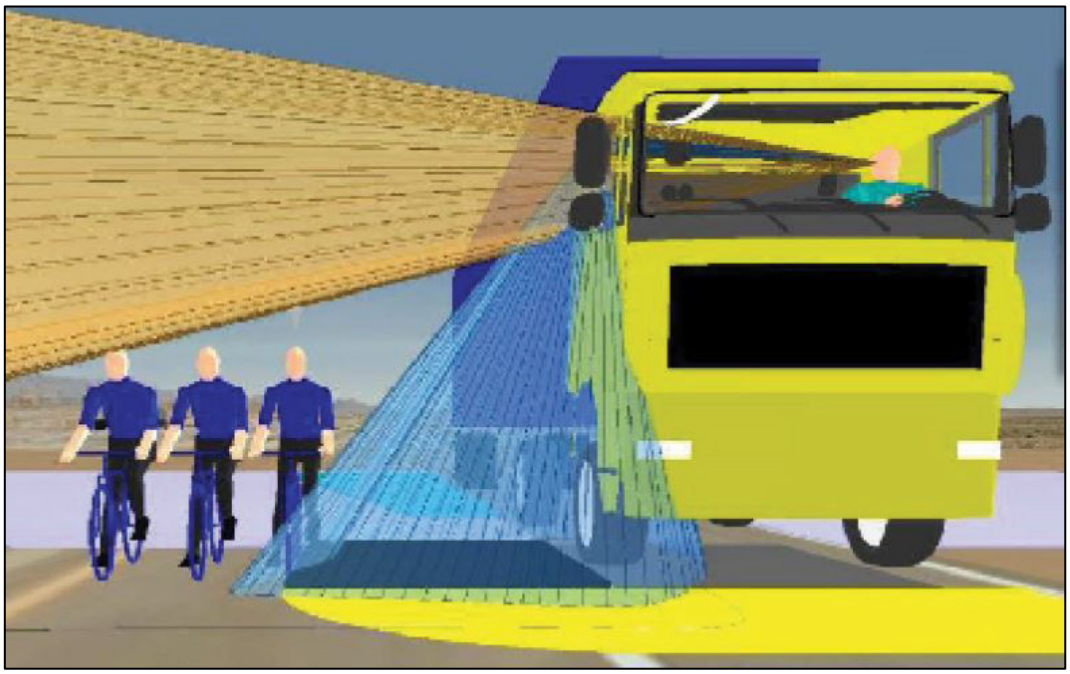


Abbildung 15: Toter Winkel bei N3 Nutzfahrzeugen

Quelle: Summerskill et al. (2014, S. 4)

Die Position und Ausführung der Spiegel ist je nach Land und Fahrzeughersteller unterschiedlich. Es kommen sowohl plane, als auch sphärische oder teilasphärische Spiegel zum Einsatz. Bei planen Spiegeln wird der Gegenstand im Spiegel real abgebildet. Größe,

Lage und Blickpunkt haben die gleiche Entfernung (Bach et al. 2006, S. 8 f.). Nachteilig ist jedoch, dass sich dadurch die Sichtfelder verringern. Sphärische Spiegel bestehen aus einer Kugelfläche. Bei Wölbung der inneren Seite wird von Hohl- bzw. Konkavspiegeln gesprochen und bei einer Wölbung zur Außenseite von einem Wölb- bzw. Konvexspiegel (ebenda). Die Verzerrung und Verkleinerung hängt dabei von der Stärke der Krümmung ab, wodurch es zur Fehleinschätzung des Fahrzeugführenden kommen kann. Teilasphärische Spiegel weisen eine rotationssymmetrische Oberfläche auf (ebenda). Negative Eigenschaften der teilasphärischen Spiegel wie die Überschätzung der Distanz und Kontaktzeit sowie die Unterschätzung der Geschwindigkeit sind durch die Verzerrung problematisch. Ein erheblicher Vorteil ist jedoch das größere Sichtfeld und die Verringerung des toten Winkels.

Eine weitere Forschungsarbeit der Universität Loughborough stellt fest, dass auch bei Vorhandensein des Frontspiegels Unfälle zwischen den geradeaus fahrenden Radfahrenden und dem abbiegenden Schwerverkehr geschehen, obwohl die Radfahrenden vor dem Unfall in diesem Spiegel zu sehen hätten sein müssen (Thomas et al. 2015, S. 10). Der Frontspiegel kann diese Unfälle somit nicht komplett verhindern, da das Wahrnehmen des Radfahrenden in dem Spiegel Grundvoraussetzung zur Vermeidung des Unfalls ist. Ob die Lkw-Fahrenden jedoch die Radfahrenden nicht wahrnehmen, weil sie nicht in den Frontspiegel schauten, dieser nicht richtig eingestellt ist oder sogar aufgrund diverser Fahrzeuginnenraumgestaltungen verhängt ist, wird von Thomas et al. (2015) nicht angegeben.

2.4.2.2 Spiegel-Einstell-Planen

Ein wichtiger Aspekt bei den vorhandenen Sichtfeldern der Spiegel ist auch die korrekte Einstellung derer, um das maximale Sichtfeld zu erhalten. Falsch eingestellte Spiegel erfüllen ihren Zweck nicht – Sichtschatten bleiben weiterhin vorhanden. Hier gibt es speziell für Lkw-Fahrende mittlerweile Hilfe in Form von Spiegel-Einstell-Planen oder Spiegel-Einstell-Plätzen (vgl. Abbildung 16), welche sowohl an einigen Betrieben als auch teilweise an Autobahnraststätten zur Verfügung stehen. An diesen können Lkw-Fahrende die Spiegeleinstellungen prüfen. Sie müssen die farblichen Bereiche in ihren Spiegeln erkennen, damit die korrekte Einstellung und das vorgeschriebene Mindestsichtfeld gewährleistet ist.



Abbildung 16: Spiegel-Einstell-Plane

Quelle: BG Verkehr und Heider (o.J.)

Problematisch zeigt sich weiterhin, dass die indirekte Sicht über die Spiegel jederzeit vorhanden sein muss und diese nicht durch zusätzliche Dekorationsartikel o.ä. verhängt oder beeinträchtigt wird. So stellt beispielsweise Hayo (2015, S. 56) in seiner Arbeit fest, dass bei fast der Hälfte (48 %) der untersuchten Unfälle zusätzliche Sichteinschränkungen im Fahrzeuginnenraum, durch zum Beispiel Einbauten oder Dekorationsartikel, vorhanden sind.

2.4.2.3 Blickzuwendungen

Die Blickzuwendungen bei rechtsabbiegenden Pkw lässt sich insofern einfach ermitteln, als dass das Tätigen des Schulterblicks beobachtet werden kann. Diese Beobachtung war Gegenstand der Forschungsarbeit von Kolrep-Rometsch et al. (2013). An den Beobachtungspunkten stellen sie fest, dass eine niedrige Konfliktrate besteht, wenn sich ein querender Radfahrender direkt im Sichtfeld des abbiegenden Kfz befindet. Wenn sich der Radfahrende jedoch außerhalb des Sichtfeldes befindet und sich beispielsweise von hinten annähert (der Radfahrende befindet sich hinter dem Kfz oder auf gleicher Höhe), sodass dies nur mit einem Schulterblick festzustellen wäre, erhöht sich die Konfliktrate um das Achtfache. Jeder fünfte Kfz-Fahrende macht auch dann keinen Schulterblick, obwohl sich mindestens eine radfahrende Person nähert und den Knotenpunkt passieren möchte (Schreiber et al. 2013, S. 14). Wenn ein Konfliktfall beobachtet wird, versäumt jeder dritte Kfz-Fahrende einen Schulterblick zu tätigen. Somit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit in einen Konflikt zu geraten signifikant, wenn der Schulterblick ausbleibt (Schreiber et al. 2013, S. 15 f.). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Schmidt et al. (2016, S. 36), die dies auf Basis einer Befragung ermittelten. Beim Abbiegen geben immerhin rund 19 % der befragten Personen an, nie oder nur selten den Außenspiegel zu nutzen.

Die Blickzuwendung bei Lkw-Fahrenden ist nur mittels Probanden und aufwendigen Tests möglich. Je nach Untersuchung werden die Zeitpunkte der Blickzuwendungen über Kameras ermittelt. Hierbei sind die Ergebnisse oft identisch. Icke (2006) untersuchte in seiner Diplomarbeit die Blickzuwendungen von Güterfahrzeugführenden beim Rechtsabbiegen. Von den sechs Testfahrern nutzten alle den Weitwinkelspiegel, vor allem jedoch, um das Fahrzeug beim Rechtsabbiegevorgang zu beobachten (Schleppkurvenverlauf). Lediglich ein Fahrer schaute zusätzlich in den Nahbereichs- bzw. Anfahrspiegel (Hayo 2015, S. 55 aus Icke 2006). Auch bei der unveröffentlichten Studie von Richter et al. (2014a, S. 88) wurde mittels einer Blickanalyse festgestellt, dass der Hauptaußenrückspiegel gefolgt vom Weitwinkelspiegel am häufigsten genutzt wird. Nur selten schauen die Berufskraftfahrenden in den Nahbereichs- bzw. Anfahrspiegel und den Frontspiegel.

Um beim Abbiegen in alle relevanten Spiegel zu schauen, wird eine Zeit von ca. 2 s benötigt (BG Verkehr 2016, S. 35 aus Terzis 2016). Bei den Analysen von Richter et al. (2014a, S. 89) wird für den Weitwinkelspiegel eine durchschnittliche Blickdauer von 0,7 s und für den Hauptaußenrückspiegel 0,43 s gemessen. Somit ergibt sich hier eine Blickdauer für die relevanten Spiegel von ca. 1,13 s. Die Zeiten der Blickzuwendungen des Nahbereichs- bzw. Anfahrspiegel und des Frontspiegels werden nicht explizit ausgewiesen. Einige Autoren geben zudem an, dass die Zeit zur Verarbeitung der Informationen während des Abbiegens zu gering ist, was mit Hilfe von Assistenzsystemen durchaus vereinfacht werden könnte (Hayo 2015, S. 72; Richter et al. 2014a, S. 89).

2.4.2.4 Kamera-Monitor-Systeme

Bereits heute bieten Kamera-Monitor-Systeme (KMS) eine Erleichterung für Fahrzeugführende, vor allem die Sicht hinter das Fahrzeug wird dadurch verbessert. Ob sich KMS auch als Ersatzsystem für Außenspiegel eignet, wurde in einem vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Auftrag gegebenen Forschungsprojekt seitens der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) untersucht. Außenspiegel sind EU-weit geregelt und es bedarf einer umfassenden Forschung bei Änderungen (Schmidt et al. 2016, S. 7). In KMS liegen keine Tiefeninformationen des Bildmaterials vor, weshalb untersucht wurde, ob die Geschwindigkeit von den Probanden verschätzt wird. Ein hochsignifikanter Test ergab, dass unterschiedliche Geschwindigkeiten über das Kamera-Monitor-System eingeschätzt werden können, da der letztmögliche Ausschermoment länger eingeschätzt wird, als er tatsächlich ist (Schmidt et al. 2016, S. 47). Bei Spiegeln ist eine falsche Wahrnehmung des Abstandes aufgrund der gewölbten Oberfläche auch nicht ausgeschlossen.

Wenn ein solches System die Spiegel ersetzen soll, ist es umso dringlicher, dass es gegen Ausfälle möglichst redundant abgesichert ist, oder es gar nicht erst zu Ausfällen kommt. In den durchgeführten Tests kam es jedoch aus unerklärlichen Gründen zu Systemausfällen. Diese dauerten zwar nicht länger als 1s an und traten nie auf beiden Seiten gleichzeitig auf, zeigen jedoch, *„[...] wie wichtig es ist, bei sicherheitsrelevanten Systemen auf Ausfallsicherheit zu achten." (Schmidt et al. 2016, S. 26)* Zusätzlich treten kurze Bildausfälle bei elektromagnetischer Strahlung auf. Diese werden im Alltag von den Autoren mit einer eher geringen Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben, sollen jedoch im System abgesichert sein. Bei Verschmutzungen gibt das KMS ein deutlich besseres Bild als die Spiegelsysteme, was ein erheblicher Vorteil ist. Bei zugefügter Hitze funktioniert das KMS einwandfrei. Die Bedingungen unter Kälte konnten nicht realistisch abgebildet werden, Schmidt et al. (2016, S. 28 f.) empfehlen daher, eine beheizbare Linse einzusetzen.

Aktuell sind KMS an Lkw als Ersatz zu den Front- und Nahbereichs- bzw. Anfahrspiegeln erlaubt. Der Ersatz für Weitwinkel- und Hauptaußenrückspiegel soll erst in der nächsten UN/ECE Regelung eingeführt werden (BG Verkehr 2016, S. 28). In einer Studie der Berufsgenossenschaft (BG) Verkehr in Zusammenarbeit mit der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung und dem Institut für Arbeit und Gesundheit der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung wurden Kamera-Monitor-Systeme unterschiedlicher Art von Berufskraftfahrenden getestet. Für die Pflichtausstattung eines Abbiege-KMS wären über 85 % der befragten Teilnehmenden, wobei ein Großteil der fahrzeugführenden Personen (80 %) sich diese noch zusätzlich zu den Spiegeln wünscht (BG Verkehr 2016, S. 53 und S. 59).

Die größten Vorteile des KMS sind die gleichzeitige Darstellung mehrerer Bilder auf einem Monitor, größere abgedeckte Sichtbereiche sowie die Nachbearbeitung am Monitor hinsichtlich Farben und Helligkeit. Als großer Nachteil wird die Altersweitsichtigkeit der Menschen angemerkt. Während Spiegelsysteme das Bild umlenken und weiterhin das Entfernte darstellen, zeigen Monitore nur das tatsächliche Bild. Aus technischer Sicht bestehen allerdings keine großen Anforderungslücken, damit KMS auch als Ersatz für Weitwinkel- und Hauptaußenrückspiegel eingesetzt werden können (BG Verkehr 2016, S. 105).

2.4.3 Passive Schutzeinrichtungen

Maßnahmen zur Erhöhung der passiven Sicherheit sind, bezogen auf die Problematik des toten Winkels, die seitlichen Schutzeinrichtungen – auch als Unterfahrschutz bezeichnet. Diese sollen verhindern, dass ungeschützte Verkehrsteilnehmende im Bereich zwischen der Vorderachse und der folgenden Achse unter das Güterfahrzeug geraten und von diesem überrollt werden (Bundesministerium des Innern 2012, § 32c (1)). Schwere Unfälle sollen so vermieden werden, da bei Überrollungen von Personen eine tödliche Unfallfolge wahrscheinlich ist. So macht Hayo (2015, S. 47) in seiner Arbeit folgende Aussage: Bei 75 % (neun von zwölf verunfallte Radfahrende) findet eine Überrollung vom Lkw statt. Hierbei ist nur eine Überlebenschance gegeben, wenn lediglich die Extremitäten betroffen sind (zwei Fälle). Sobald es zu einer Überrollung von Kopf oder Oberkörper kommt, gehen diese Unfälle tödlich aus. Seitliche Schutzeinrichtungen sollen dies vermeiden. Alle Fahrzeuge der Klasse N2 und N3 müssen diese seit 1995 beidseitig am Fahrzeug aufweisen (Bundesministerium des Innern 2012, § 32c (2)). Hiervon ausgenommen sind aufgrund des Einsatzortes und der damit verbundenen nötigen Freiheit des Fahrgestells (Bundesministerium des Innern 2012, § 32c (3)):

- Sattelzugmaschinen,
- land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen,
- Anhänger für den Transport langer Güter sowie
- Fahrzeuge für Sonderzwecke.

Bei den analysierten Unfällen gibt Hayo (2015, S. 47) an, dass fast die Hälfte der Fahrzeuge, die von der Vorgabe einer seitlichen Schutzeinrichtung ausgenommen sind, der Baubranche zugeordnet werden können. Auch bereits Niewöhner und Berg (2004, S. 31) stellen fest, dass die Mehrzahl der Unfälle mit Getöteten durch Baustellenfahrzeuge verursacht wird. Diese haben bauartbedingt eine geringere Sicht[12] und sind von der Einrichtung einer seitlichen Schutzeinrichtung befreit. Zudem sind typische Unfallanprallpunkte bei Konflikten zwischen Lkw und Radfahrenden je nach Literatur in bis zu 70 % der Fälle beim Erstkontakt am vorderen Bereich des Fahrzeugs (Vorderachse) (Hayo 2015, S. 51).[13] Ähnliche Aussagen machen Schreck und Seiniger (2015, S. 15), die einen ersten Anstoß am Lkw in 61 % der Fälle im vorderen Bereich und lediglich 24 % im mittleren/hinteren feststellen. Niewöhner und Berg (2004, S. 29) haben selbige Erkenntnisse, was die Aussage nochmals unterstreicht. Bei den analysierten Unfällen zwischen rechtsabbiegenden Lkw und Radfahrenden oder zu Fuß Gehenden war der Erstkontakt zu 57 % an der vorderen rechten Seite. Dies unterstreicht, dass die seitlichen Schutzeinrichtungen zwar bei Unfällen von ungeschützten Verkehrsteilnehmenden mit abbiegenden Güterkraftfahrzeugen die Überrollung vermeiden oder zumindest die Unfallfolgen verringern können, aber weiterhin – aufgrund der Mehrzahl der Unfälle, bei der die seitliche Schutzeinrichtung nicht hilfreich ist – Forschungsbedarf besteht.

[12] Die geringere Sicht hängt von der Position und Sitzhöhe das Fahrzeugführenden ab.

[13] Bei Konflikten zwischen Pkw- und Radverkehr ist dies sogar mit 84 % im Bereich des Vorderwagens (Front bis Kotflügel) angegeben (Hummel 2016, S. 5).

2.4.4 Assistenzsysteme

> *„[...] [D]er Mensch [ist] durch sein häufiges Fehlverhalten der größte Unfallverursacher im Straßenverkehr […].“ (Bach et al. 2006, S. 10)*

Dabei ist die Ablenkung bzw. Unachtsamkeit mit bis zu 68 % der größte unfallverursachende Punkt (Eenink 2018). An dieser Stelle sollen Fahrerassistenzsysteme (FAS) Abhilfe schaffen und die Fehler und kurzzeitig fehlende Aufmerksamkeit der Menschen kompensieren. Sie sind vor allem in Bereichen anzuwenden, bei denen die größten Schwächen der Fahrzeugführenden bestehen und eine Vielzahl kritischer Situationen entstehen. Fahrerassistenzsysteme werden (Bach et al. 2006, S. 11) in drei Ebenen unterteilt: Die erste Ebene führt eine kontinuierliche Systemüberwachung des Straßenverlaufes und der Handlungen des Fahrzeugführenden durch. Hierfür stehen mehrere Sensoren und Technologien zur Verfügung (vgl. Kapitel 2.4.4.1). Auf der zweiten Ebene findet ein Abgleich mit dem abgespeicherten Katalog und eine Klassifizierung statt. Bei der letzten Ebene erfolgt dann die Information des Fahrzeugführenden über haptische, optische oder akustische Signale. Abhängig vom System greift dieses auch direkt ein (z.B. Bremsung, Lenkung etc.).

Besonderes Augenmerk sollte auf die Abnahme der Handlungsfähigkeit und die Ermüdung des Fahrzeugführenden gelegt werden, die durch die Zunahme von automatisierten Prozessen und der eingeschränkten eigenen Handlung entstehen. Fahrzeugführende verlassen sich zunehmend auf die Technik, weshalb auch aus Akzeptanzgründen die Ausfallsicherheit so hoch und die Fehlalarmrate so gering wie möglich gehalten werden müssen. Hierfür ist vor allem eine feine und zuverlässige Sensorik nötig, die für die Erfassung der Daten zuständig ist.

2.4.4.1 Sensorik

Die für Fahrerassistenzsysteme benötigten Sensoren sind je nach ihrer Aufgabe und Funktion unterschiedlich. Hierbei kommen Kamerasysteme, Ultraschall, Lidar- oder Radarsysteme zum Einsatz. Ultraschallsensoren kommen hauptsächlich bei Einparkassistenten zum Einsatz (Noll und Rapps 2015, S. 244; Reif 2014, S. 325). Radarsensoren werden nicht nur zur Geschwindigkeitskontrolle durch die Behörden verwendet, sondern kommen auch in der Fahrerassistenz vor. Hierbei vor allem bei adaptiven Geschwindigkeitsregelungsanlagen (Winner 2015, S. 260). Die Lidar Sensorik (Bedeutung: Light Detection and Ranging) übernimmt hauptsächlich Messverfahren zur Ortung und Messung von Entfernungen, welches auf Ultraviolett-, Infrarot- oder Strahlen im sichtbaren Lichtbereich aufbaut (Gotzig und Geduld 2015, S. 318). Kameras werden zur Fahrstreifen-, Objekt- und Verkehrszeichenerkennung sowie zur Freiraum- und Fahrbahnzustandserkennung eingesetzt. Zudem können Sie als Rückfahrkameras, Surround View Kameras oder als Spiegelersatz Anwendung finden (Punke et al. 2015, S. 351).

> *„Ziel der Umfelderfassung des Automobils ist die möglichst vollständige Erkennung aller relevanten Verkehrsteilnehmer, der Straßenszene und der Verkehrszeichen, um daraus entsprechende Folgerungen zu ziehen.“ (Punke et al. 2015, S. 349)*

Da bei der Visualisierung auf dem Bildschirm (2D) der kamerabasierten Erfassung (3D) Informationen verloren gehen, wird auch das maschinelle Sehen als Fahrerassistenzsystem dargestellt (Stiller et al. 2015, S. 370). Umfelderkennungen wie das Stereosehen mit 6D Vision werden seit 2013 bei Mercedes-Benz zum vollautomatischen Fußgängerschutz eingesetzt (Franke und Gehrig 2015, S. 418). Die von Schiele und Wojek (2015, S. 422) analysierte kamerabasierte Fußgängerdetektion ist eines der wichtigsten aber auch schwierigsten Fahrerassistenzsysteme, da dieses noch nicht ausreichend ausgereift ist. Es kommt noch zu einer Vielzahl von Falschdetektionen und die Begrenzung des Erfassungsbereichs ist noch nicht optimal gestaltet (Schiele und Wojek 2015, S. 433).

In der Realität werden die Sensoren für unterschiedliche Assistenzsysteme meistens zusammen genutzt, um das bestmögliche Ergebnis der Detektion, Informationsverarbeitung und der Informationsausgabe zu erhalten.

2.4.4.2 Vermeidbarkeitspotential durch Fahrerassistenzsysteme

Mittlerweile werden Systeme mit Umfeldsensoren serienmäßig in Fahrzeugen zur Unfallvermeidung eingesetzt. Diese werden auch aktive Sicherheitssysteme genannt (Weitzel et al. 2014, S. 7). Bevor Fahrerassistenzsysteme zum (serienmäßigen) Einsatz kommen, müssen diese umfangreich geprüft werden. Ein Mittel dazu ist die Bildung des Unfallvermeidungspotentials, welches das Verhältnis zwischen den durch das System vermeidbaren und durch das System verursachten Unfällen beschreibt (Weitzel et al. 2014, S. 23). Dieses sollte sehr klein gegen eins gehen (Gasser et al. 2012). Andere Studien wenden auch das „Was wäre wenn“-Prinzip an, in dem die Unfälle ohne vorhandene Assistenzsysteme hinsichtlich des Unfallablaufes mit einem theoretisch verfügbaren Assistenzsystem verglichen werden. Daraus ergeben sich die Kategorien vermeidbare Unfälle und positiv beeinflussbare Unfälle. Ein vermeidbarer Unfall wird definiert als jener, der mit dem entsprechenden Assistenzsystem nicht stattgefunden hätte, also vermeidbar gewesen wäre. Ein lediglich positiv beeinflussbarer Unfall wäre unter Einfluss des Assistenzsystems trotz allem geschehen, jedoch wäre dieser möglicherweise mit leichteren Unfallfolgen ausgegangen (Hummel et al. 2011, S. 10).

Hier sollen vor allem die Ergebnisse herausgestellt werden, bei denen mit Hilfe von Fahrerassistenzsystemen Abbiegeunfälle verhindert werden können. Bei den Analysen ist von einem einwandfrei funktionierenden System und einer idealen Handlungsweise des Fahrzeugführenden auszugehen. Das im Projekt von Hummel et al. (2011) geprüfte System ist angelehnt an den Abbiegeassistenten von MAN und führt eine Umfelderkennung von langsam rechts nebenherfahrenden, von hinten nähernden und rechtsstehenden zu Fuß Gehenden (FG) und Rad Fahrenden (RF) durch. Unter den genannten Voraussetzungen wird ein Vermeidungspotential von ca. 43 % aller Unfälle zwischen Lkw und FG bzw. RF durch das Vorhandensein eines Abbiegeassistenten ermittelt (Hummel et al. 2011, S. 32 f.). Auch Kühn und Hannawald (2015, S. 68) fanden ein ähnliches Vermeidungspotential heraus. Zusätzlich geben sie an, dass ca. 31 % der tödlich verunglückten RF und FG durch den Abbiegeassistenten vor dem Tod bewahrt bleiben würden. Die BG Verkehr stellt ebenso eine Reduktion der Unfälle mit Assistenzsystemen um 34 % fest (BG Verkehr et al. 2012, S. 18 f.).

Die von vielen Experten angesprochene Reduzierung der Unfallzahlen durch die zunehmende Automatisierung der Fahrzeuge und Unterstützung der Fahrzeugführenden wird jedoch laut Gasser et al. (2012, S. 25) nicht nur zur Reduzierung, sondern auch zu einer Verlagerung der Unfälle führen. Es muss bei der Betrachtung der positiven Effekte der Unfallvermeidung auch berücksichtigt werden, dass Unfälle entstehen können, die erst durch die Automatisierung hervorgerufen werden. Bis das hoch- und vollautomatisierte Fahren innerorts umgesetzt werden kann, was Experten zufolge eine immense Sicherheitsverbesserung darstellen würde, müssen noch viele Hürden der Detektion und des Infrastrukturausbaus bewältigt werden (Gasser et al. 2012, S. 9).

2.4.4.3 Kategorien und Wirkung von Fahrerassistenzsystemen

Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich Fahrerassistenzsysteme (FAS), die die Fahrzeugführenden bei verschiedenen Fahraufgaben unterstützen und Gefahren frühzeitig erkennen, immer mehr an Beliebtheit erfreut. Ursprünglich war die Unfallvermeidung kein Fokus bei der Entwicklung der FAS, sondern eher die Fahrdynamik und die Reduktion der Betriebskosten. Erst seit einigen Jahren werden gezielte Systeme entwickelt, die die Unfallzahlen verringern oder zumindest die Unfallfolgen reduzieren (Reif 2014, S. 321).

In Mages et al. (2015) werden Fahrerassistenzsysteme in verschiedene Kategorien eingeteilt. Die erste Kategorie A hat dabei eine informierende und warnende Funktion, wozu beispielsweise Einparkhilfen, Müdigkeitserkennungssysteme, Reifendrucküberwachungssysteme sowie der Spurwechsel- bzw. Totwinkelassistent zählen. Letzterer ist hier vor allem zum Wechsel von Fahrstreifen angedacht. Die Kategorie B weist eine kontinuierlich automatisierende Funktion auf. Hierzu zählen unter anderem die adaptive Geschwindigkeitsregelungsanlage, der adaptive Fernlichtassistent und der Spurhalteassistent. Die Kategorie C umfasst die Systeme, die eine eingreifende Notfallfunktion haben. Hierzu zählen der Notbremsassistent, der Stauassistent und die Fahrdynamikregelung ESP. In der Öffentlichkeit noch nicht allzu bekannt sind Systeme wie der Kreuzungsassistent oder der Linksabbiegeassistent (Mages et al. 2015, S. 976 - 982). Die häufigsten Unfallursachen innerorts entstehen durch die Fehlinterpretation der Situation, Unaufmerksamkeit oder mangelnde Sichtverhältnisse, die dann häufig zu Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen und Abbiegeunfälle führen. Da dieses jedoch auch eine der komplexesten Fahraufgaben ist, ist auch die Assistenz eine der schwierigsten Herausforderungen. Unterschiedliche Knotenpunktgrößen und -gestaltungen erschweren die Funktionstüchtigkeit solcher Systeme. Für diese Arbeit kristallisiert sich der Abbiegeassistent als relevant heraus, weshalb dieser nun genauer betrachtet wird.

2.4.4.4 Abbiegeassistent

Zur Einführung eines Abbiegeassistenten fordern Experten vor allem die Lösung des Problems hinsichtlich der Erfassung von statischen aber auch dynamischen Objekten (Weitzel et al. 2014, S. 58; Dörner et al. 2015, S. 1026). Diese Problematik besteht seit geraumer Zeit. So haben einige Fahrzeughersteller schon vor Jahren umfangreich an einem serienmäßigen Abbiegeassistenten geforscht, diesen aber nicht einführen können. Auch mehrere Forschungsprojekte wurden von vielen Einrichtungen zu der Thematik ausgegeben. Hier sind einerseits die Anforderungen, die für eine serienmäßige und voll funktionstüchtige

Einführung erfüllt sein müssten, untersucht worden. Andererseits wurde in einem unveröffentlichten Projekt die Akzeptanz des Abbiegeassistenten untersucht, der in einem Simulator mit Probandenfahrten umgesetzt wurde. Viele Verbände und Berufskraftfahrende setzen sich seit Jahren stark für die Umsetzung des Assistenzsystems ein. Seit Ende 2016 gibt es von Mercedes-Benz den Daimler Abbiegeassistenten als Sonderausstattung für Nutzfahrzeuge.

Anforderungen Abbiegeassistent

Relevant für die Funktion eines Abbiegeassistenten ist die Detektion der Radfahrenen und deren Relativposition zum Lkw (Schreck und Seiniger 2015, S. 8). Der Abbiegeassistent soll frühe und niederschwellige Informationen ausgeben, damit die Reaktionszeit ausreichend ist. Er soll außerdem nicht in Kombination mit einem Notbremsassistenten erfolgen, da hierfür nicht genügend Erfahrungswerte vorliegen. Den seitlichen Abstand geben die Autoren aufgrund der Rechtslage mit mindestens 1,5 m und aufgrund möglicher Entwurfsparameter und Absetzungen der Furt mit maximal 4,5 m an. Wichtig ist die einwandfreie Funktion und Differenzierung von stehenden Radfahrenden und stehenden Objekten wie Pollern (Schreck und Seiniger 2015, S. 34).

Akzeptanz eines Abbiegeassistenten

In einer Studie zu Kamera-Monitor-Systemen der Berufsgenossenschaft Verkehr wurden Umfragen zu Abbiegekameras durchgeführt. Diese fallen sehr positiv aus. Sowohl die Stressreduktion als auch die Akzeptanz liegen im hohen positiv bewerteten Bereich (BG Verkehr 2016, S. 50 - 52). Von den Fahrzeugführenden, die oftmals auch stark unter den verursachten Unfällen leiden, wird bei vielen untersuchten Assistenzsystemen eine positive Bewertung angegeben. Sichtbar wird dabei, dass sich Fahrende in ihrer sehr komplexen Fahraufgabe Unterstützung wünschen und somit für Pflichtausstattungen plädieren (vgl. Abbildung 17).

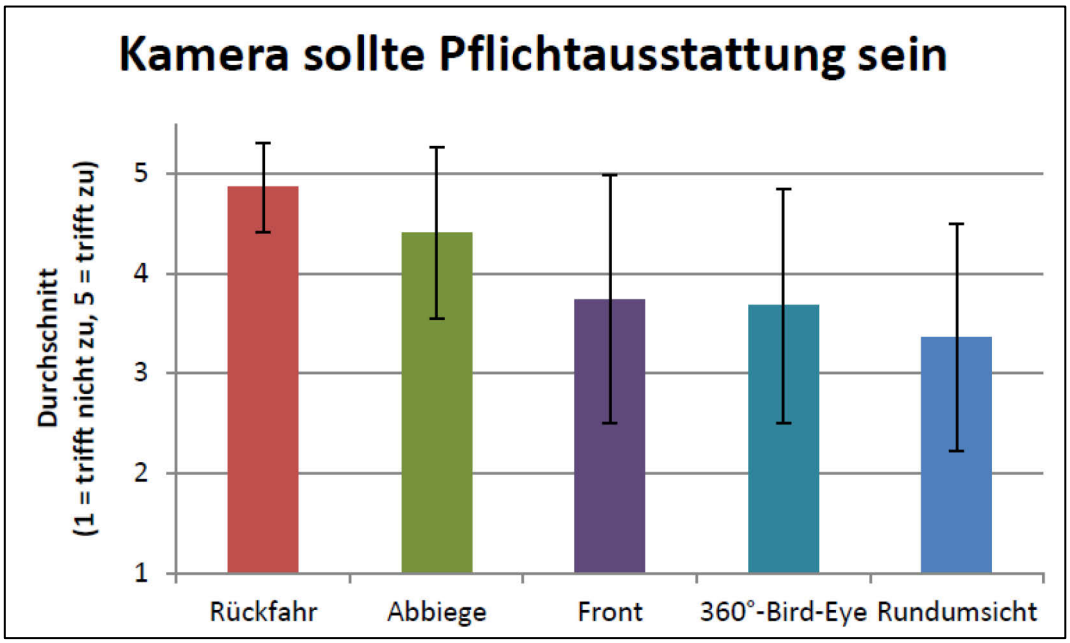


Abbildung 17: Befragung zur Pflichtausstattung KMS Lkw

Quelle: BG Verkehr (2016, S. 59)

Ähnliche Ergebnisse sind auch bei Richter et al. (2014a) zu finden. Der im Forschungsprojekt genutzte Abbiegeassistent gleicht dem des Fahrzeugherstellers MAN, der jedoch nicht in Serieneinführung ging. Wenn sich ein Radfahrender im Bereich der Detektion 1,5 m rechts neben dem oder hinter dem Fahrzeug befindet, wird dem Probanden ein optisches und akustisches Warnsignal ausgegeben. In der Simulation war der Abbiegeassistent einwandfrei funktionstüchtig und wies keinerlei Fehlmeldungen auf. An der Versuchsreihe nahmen ausschließlich Berufskraftfahrende teil (Richter et al. 2014a). Nach der Befahrung der Teststrecken im Simulator (mit und ohne Abbiegeassistent), wurden Fragebögen zur Akzeptanz ausgegeben. Die Fragebögen nach der Fahrt mit dem Abbiegeassistenten fielen im Durchschnitt positiver hinsichtlich des Abbiegeassistenten aus, als vorher. Bezüglich der Sicherheit fielen die Antworten durchweg positiv aus. Negative Einschätzungen blieben häufig eher unzutreffend. Beispielsweise wird die Frage, ob sich der Fahrende dadurch in seiner persönlichen Freiheit eingeschränkt fühlen würde als eher unwahrscheinlich angegeben (ebenda). Dies unterstreicht, dass sich die Lkw-Fahrenden oftmals Unterstützung bei der komplexen Fahraufgabe wünschen.

Daimler Abbiegeassistent

Seit Ende 2016 gehen die Abbiegeassistenten von Daimler in neuen Nutzfahrzeugen in Produktion (Daimler o.J.). Es ist das erste Abbiegeassistenzsystem, dass zuverlässig auf stationäre und bewegliche Hindernisse reagiert und den Fahrzeugführenden vor zu Fuß Gehenden und Radfahrenden auf der Beifahrerseite warnt. Hierbei werden alle Hindernisse im Bereich der Schleppkurve erkannt (Mercedes-Benz o.J.). Dies erfolgt sowohl bei Stillstand, als auch beim Anfahren und sogar beim Fahrstreifenwechsel (Mercedes-Benz und Effenberger 2017). Abbildung 18 stellt den Sensorik-Bereich des Abbiege-Assistenten dar.

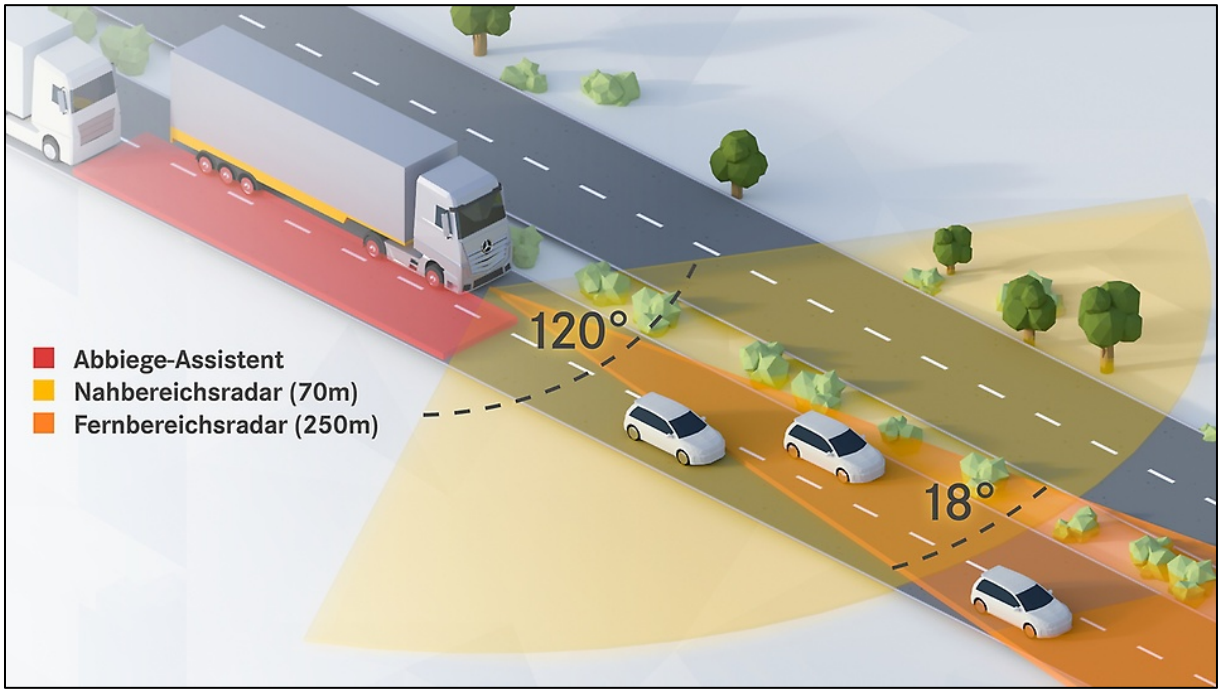


Abbildung 18: Sensorik des Abbiege-Assistenten von Mercedes-Benz (rote Markierung)

Quelle: Daimler (o.J.)

Die Nahbereichsradar- und Lidar-Sensoren sind vor der Hinterachse installiert, was sich als Kompromiss zwischen den Faktoren Funktion, Aerodynamik, Design, Kosten und Einschränkungen ergibt (Mercedes-Benz und Effenberger 2017). Die Sensoren überwachen die rechte Seite des Fahrzeugs über 18,75 m Länge bis hin zu einem seitlichen Abstand von 3,75 m (ebenda). Befindet sich eine Person im Warnbereich, wird diese Information dem Fahrzeugführenden in zwei Stufen ausgegeben. Hierbei besonders hervorzuheben ist, dass dies sowohl über die Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers als auch über die Erkennung der Querbewegung nach rechts (ohne Betätigung des Blinkers) funktioniert (ebenda). Über das Fahrzeugdisplay und ein Warnelement an der A-Säule wird zunächst eine Information (gelbe Leuchte) ausgegeben. Sobald sich der Radfahrende im kritischen Bereich befindet, erfolgt eine Warnung (rote Leuchte) inklusive eines akustischen Signals (Daimler o.J.). Mercedes-Benz betont hierbei, dass es sich um ein warnendes System handelt, welches den Fahrenden unterstützt. Dieser ist nicht von der Pflicht entbunden, die Spiegel zu nutzen (Mercedes-Benz und Effenberger 2017).

Problematisch bleibt bei technisch neuen Systemen die Einführung, weil damit vorerst nur Neuwagen ausgestattet sind – und das bisher auch nur auf freiwilliger Basis, mit kostspieligen Zusatzausstattungen. Eine Nachrüstung des umfangreichen Systems ist derzeit nicht möglich. Bis eine flächendeckende Einführung solcher Systeme – ausgehend von einer verpflichtenden, serienmäßigen Ausstattung – an nahezu allen Fahrzeugen zu erwarten ist, dauert es ca. ein Jahrzehnt. Das Kraftfahrzeugbundesamt gibt das durchschnittliche Alter der Fahrzeuge im deutschen Straßenverkehr mit ca. 8,5 Jahren an (Kraftfahrt-Bundesamt 2012). Das Alter von Lkw wird mit durchschnittlich 7,7 Jahren angegeben, wobei Sattelzüge sogar nur ein durchschnittliches Alter von 4,4 Jahren haben (Kraftfahrt-Bundesamt 2015). Hier könnte also ein schnellerer Prozess erwartet werden. Aufgrund der wenigen bislang ausgestatteten Fahrzeuge können weiterhin keine Erfahrungen in der Praxis ermittelt werden. Seitens Mercedes-Benz wird zwar angegeben, dass theoretisch die Detektion der Radfahrenden auch hinter am Straßenrand geparkten Fahrzeugen funktionieren soll, aber durch ungünstige Situationen der Objekterkennung (Hindernisse) oder schwach reflektierende Objekte das System an seine Grenzen stößt (Mercedes-Benz und Effenberger 2017). Erfahrungswerte hierzu sind bislang nicht bekannt.

Systeme zur Nachrüstung

Entgegen der Nachrüstbarkeit seitens des Daimler-Abbiegeassistenten von Mercedes-Benz rüstet das Einzelhandelsunternehmen Edeka die Flotte selbst mit einem eigens erstellten Abbiegeassistenzsystem aus. Dieses kann in jedem Lkw nachgerüstet werden und ist verhältnismäßig günstig. So gibt der Initiator Anton Klott gegenüber der ADAC Motorwelt an: *„1000 Euro kosten – bei einem so teuren Lkw eine Kleinigkeit“ (Eicher 2018, S. 62)*. Die Kombination aus Kamerabild am Monitor und optischem sowie akustischem Warnton sind neben der zuverlässigen Detektion besonders wichtig. Mit Ultraschallsensoren und Kameras wird der Bereich rechts neben dem Lkw abgedeckt. Das System erkennt Personen neben dem Fahrzeug. Speziell der erhebliche Bereich des toten Winkels, der in eingelenkter Position entsteht, wird dadurch aufgehoben, wie Abbildung 19 verdeutlicht (Eicher 2018, S. 64). Angaben zur Funktionstüchtigkeit und Detektion von Personen hinter Sichtverdeckungen (z.B. ruhender Verkehr) sind nicht vorhanden.

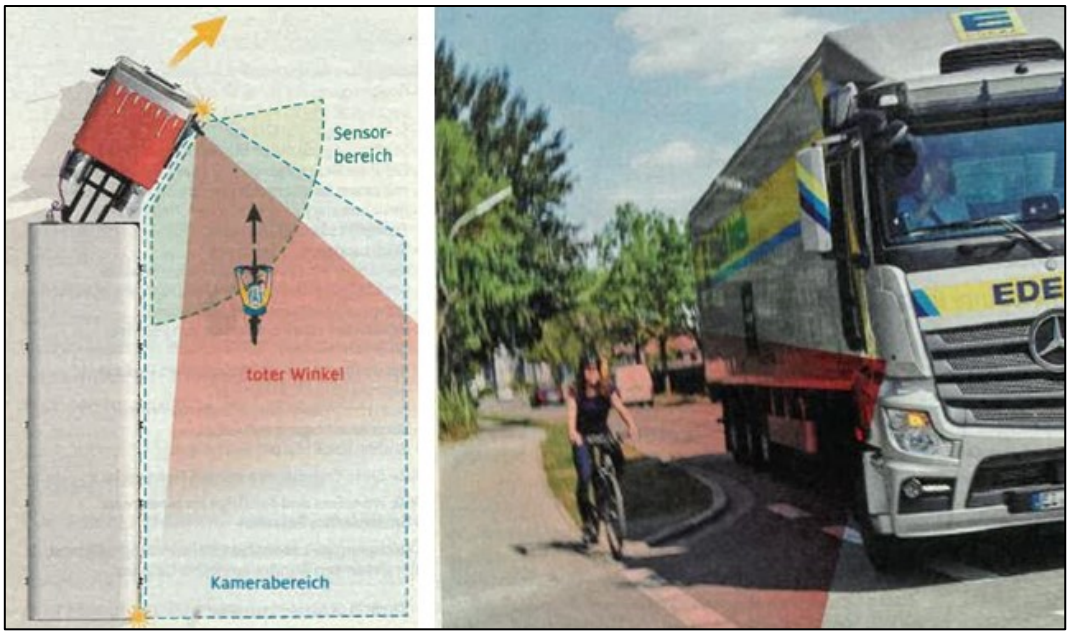


Abbildung 19: Abbiegeassistenzsystem von Edeka zum Nachrüsten

Quelle: Eicher (2018, S. 62 und S. 64) – ADAC Motorwelt, Bild links: © Wüllhorst, Bild rechts: © Kirsch

2.4.5 Ergänzende Systeme

Um eine Vergrößerung des direkten Sichtfeldes herzustellen, gibt es verschiedene Ansätze, die bislang nicht gesetzlich vorgeschrieben sind. Vor allem ein niedrigeres Fahrerhaus und tiefere Front- sowie Seitenscheiben zählen hier zu den Maßnahmen (vgl. Anlage 3). Oftmals wird dies in Kommunalfahrzeugen oder auch bei Bussen eingesetzt. Bei schweren Lkw, die ihre meiste Zeit auf Langstrecken (z.B. Bundesautobahn) verbringen, sind solche Maßnahmen noch nicht weit verbreitet. Dies gilt auch für ein zusätzliches Fenster in der Beifahrertür oder die sogenannte Fresnell-Linse. Beides ermöglicht die direkte Sicht auf ungeschützte Verkehrsteilnehmende neben dem Fahrzeug (u.a. Niewöhner und Berg 2004).

Die indirekte Sicht kann mit zusätzlichen Spiegeln oder aber durch zusätzliche Kamera-Monitor-Systeme erfolgen. Ein zusätzlicher Spiegel wäre beispielsweise der Dobli-Spiegel oder Toter-Winkel-Innenspiegel. Letzterer wird in der A-Säule innen im Fahrzeug angebracht. Der Dobli-Spiegel hingegen wird außen vor den anderen Spiegelgruppen angebracht. Zusätzliche Spiegel erfordern zusätzliche Zeit zum Aufnehmen und Verarbeiten der Informationen, weshalb einige Autoren davon abraten. Zudem entsteht durch jeden neuen Spiegel außerhalb des Fahrzeugs ein neuer Sichtschatten (Verdeckung durch den Spiegel) (u.a. Richter et al. 2014a).

Zusätzliche Sichtfelder können mittlerweile auch über Kamera-Monitor-Systeme eingerichtet werden. Dabei werden außen am Fahrzeug Kameras angebracht, die die Sicht durch das Weitwinkelobjektiv verbessern. Je nach System erfolgt dann bei Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers ein Bild der Situation auf dem Monitor im Fahrzeug. Auch solche Systeme haben den Nachteil, dass sie eine zusätzliche Aufmerksamkeitsquelle darstellen. Vorteilhaft gegenüber den Spiegeln ist jedoch, dass diese meist erst bei entsprechender Ankündigung der Fahrtrichtung (Blinker oder Einlegen des Rückwärtsganges) aktiv werden und ein Bild auf dem Monitor erscheint. Ein Vorteil aus Sicht der Fahrdynamik ist der

geringere Luftwiderstand, der wiederum zum Einsparen von Kraftstoffen führt. Ein erheblicher Vorteil beispielsweise gegenüber dem Abbiegeassistenten besteht in der relativ einfachen Nachrüstung bei vorhandenen Fahrzeugen (u.a. BG Verkehr 2016).

2.5 Fahrverhalten und Konfliktpotential

Als größter Unfallverursacher gilt der Mensch. Dies begründet sich vor allem mit den zahlreichen Einflüssen der Umgebung, die in Abbildung 20 dargestellt sind. Werden ein oder mehrere Punkte vernachlässigt, kommt es zum Konflikt oder zum Unfall. Diese können wiederum sehr vielfältig sein. Konfliktanalysen zeigen die Ursachen für Konflikte auf. Es werden einige Ergebnisse bereits durchgeführter Studien dargestellt, sodass das Konfliktpotential bestimmter Situationen angegeben werden kann. Dies beinhaltet vor allem Ergebnisse, die für die Situation rechtsabbiegender Lkw und geradeaus fahrender Radverkehr von Relevanz sind.

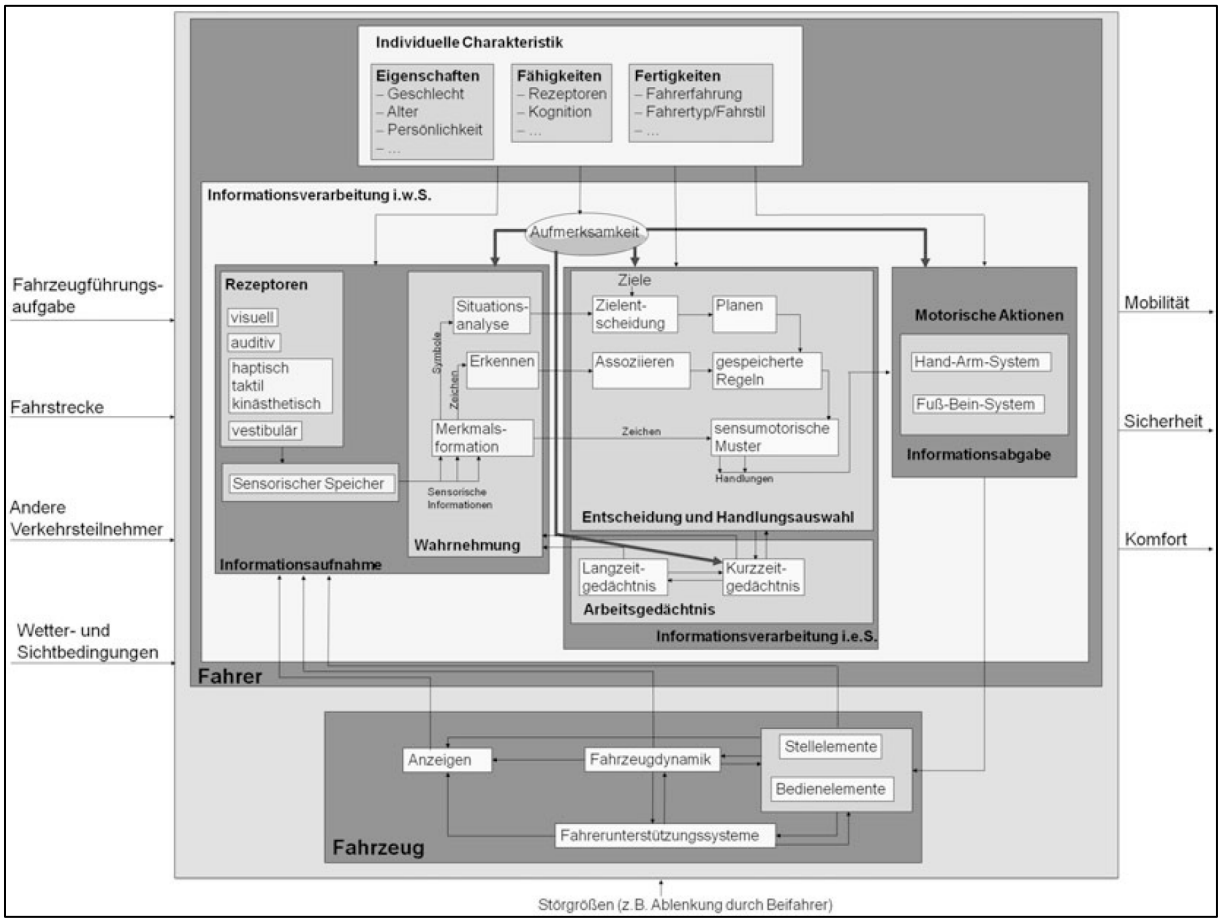


Abbildung 20: Systemmodell Fahrer-Fahrzeug-Umgebung

Quelle: Abendroth und Bruder (2015, S. 5)

2.5.1 Fahrtzustand

Bereits Niewöhner und Berg (2004, S. 30 f.) stellen zwei Szenarien dar, die im Wesentlichen die Unfälle zwischen ungeschützten Verkehrsteilnehmenden und rechts-abbiegenden Güterkraftfahrzeugen ausmachen. Im ersten Szenario hält der Lkw verkehrsbedingt an und fährt anschließend los, um abzubiegen. Während dieses Vorgangs

nähert sich ein Radfahrender von hinten. Im zweiten Szenario biegt der Lkw ohne Halt ab, während sich der Radfahrende neben ihm befindet.

Neben den Szenarien von Niewöhner und Berg (2004) weisen Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 94) mittels Konfliktanalysen nach, dass die Situation bei freier Durchfahrt des Radfahrenden am unsichersten ist (vgl. Tabelle 3). Sie geben vier verschiedene Szenarien mit unterschiedlicher Anzahl beobachteter Interaktionen und Konflikten an. Es besteht eine geringe Konfliktwahrscheinlichkeit, wenn sowohl die Radfahrenden als auch die Kfz bei Rot an der LSA halten und bei Grünbeginn losfahren. Wenn beide bei Grünsignal ohne Halt den Knotenpunkt passieren, verdreifacht sich die Konfliktwahrscheinlichkeit. Die höchste (neunfache) Konfliktrate ist festzustellen, wenn das Kfz nach Halt bei Grünbeginn anfährt und der Radfahrende ohne Halt den Knotenpunkt passieren kann (Schreiber et al. 2013, S. 14). Hierbei ist die Zahl beobachteter Situationen zwar geringer, es verdeutlicht aber die Problematik der sich von hinten nähernden Radfahrenden. Diese Ergebnisse werden durch Schreck und Seiniger (2015) unterstützt. Sie geben an, dass sich etwa 90 % der Radfahrenden vor der Kollision mit einem Lkw in Bewegung fanden (Schreck und Seiniger 2015, S. 15).

Bei Lkw-Fahrenden scheint jedoch besonders die Situation der freien Durchfahrt ohne Halt kritisch zu sein. Dies konnte nicht anhand von Konfliktanalysen nachgewiesen werden sondern anhand der Fahrdatenprotokollen bei Unfällen. Anhand dessen geben Schreck und Seiniger (2015, S. 14 f.) an, dass 22 % der Lkw laut Fahrdatenprotokolle vor der Kollision angehalten haben und 77 % ohne Halt abbogen. Auch 68 % der Radfahrenden kamen aus freier Fahrt, zusätzliche 12 % fuhren langsam, während nur zwei der 37 Fälle vor der Kollision standen. Hamacher et al. (2016, S. 52) ermitteln, dass in 86 % der Lkw vor einem Unfall mit Radfahrenden keine Bremsung durchführt. Bei Malczyk und Bende (2017, S. 126) erhöht sich der Wert geringfügig auf 88 %.

Tabelle 3: Fahrtzustand Kfz- und Radfahrende

Kfz-Fahrender	**fährt bei Freigabe nach Halt bei Rotphase**		**fährt ohne Halt bei Freigabe durch**		**p**
Radfahrender	**Anfahrt nach Rotphase**	**ohne Halt bei Freigabe**	**Anfahrt nach Rotphase**	**ohne Halt bei Freigabe**	
Konfliktrate**	3,20 %	29,80 %	11,10 %	10,40 %	.000
Anzahl	250	84	9	202	
***hochsignifikanter Unterschied mit p < .01*					

Quelle: veränderte Darstellung nach Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 94)

Als weiteres Problem stellt sich eine Kolonnenfahrt von abbiegenden Fahrzeugen heraus. Hierbei erhöht sich die Konfliktrate von 6,1 % auf 38,8 %, da das Verhalten an die vorausfahrenden Fahrzeuge angepasst werden muss und somit die Aufmerksamkeit eher auf die vorderen Fahrzeuge, als auf die sich von hinten nähernden Radfahrenden gelegt wird (Kolrep-Rometsch et al. 2013, S. 94). Auch wenn sich bei Stolz (2015, S. 65) dieser Sachverhalt nicht so stark verhält, unterstreichen die Werte von 10 % eines Einzelfahrzeugs zu 29 % bei abbiegender Kolonne die Aussage von Kolrep-Rometsch et al. (2013). Außerdem fanden letztgenannte Autoren in ihrer Untersuchung heraus, dass die Überquerung eines einzelnen Radfahrenden eine höhere Konfliktrate aufweist (13,2 %), als

wenn die Radfahrenden in einer Gruppe (6,1 %) den Knotenpunkt überqueren (Kolrep-Rometsch et al. 2013, S. 94).

2.5.2 Verhalten Radfahrende

Beim Verhalten der Radfahrenden sind einerseits Sicherungsstrategien und andererseits auch Fehlverhalten zu benennen, die zum Unfall beitragen könnten.

2.5.2.1 Sicherungsstrategien Radfahrende

Über die Hälfte der Radfahrenden nennt den Konflikt mit einem rechtsabbiegenden Fahrzeug die am häufigsten auftretende Situation, bei der sie mit einem Fehlverhalten der Kfz-Fahrenden rechnen und bereits langsamer und vorsichtiger an die Situation heranfahren (Hagemeister und Schwamberger 2007). Viele Radfahrende verhalten sich an Knotenpunkten bewusst eher passiv und kennen die Gefahr, die sich durch rechtsabbiegende Fahrzeuge ergibt. Speziell das Stoppen des Pedalierens oder die Verringerung der Geschwindigkeit stellen häufige Manöver der Radfahrenden dar. Auch wenn keine Konfliktsituation erkennbar ist, suchen sie den Blick zum Kfz-Fahrenden, um sicher zu stellen, dass sie wahrgenommen werden. Im Falle eines Konfliktes weichen die Radfahrenden auch aus, um einen Unfall zu verhindern. Alle Eigenschaften erhöhen sich zusätzlich signifikant, wenn eine Konfliktsituation vorliegt. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Beobachtungsergebnisse von (Kolrep-Rometsch et al. 2013, S. 93). Inwiefern diese Ergebnisse jedoch auch beim abbiegenden Lkw zutreffen, wird nicht angegeben.

Tabelle 4: Verhalten der Radfahrenden am KP

	beobachtetes Verhalten	ohne Konfliktfall	im Konfliktfall	p	Anzahl
Radfahrender	Erkennbarer Blick zum Kfz**	13,1 %	27,8 %	.004	572
	Stoppt Pedalieren**	11,4 %	44,2 %	.000	568
	Verringern der Geschwindigkeit**	4,4 %	45,7 %	.000	703
	Ausweichen**	3,0 %	37,7 %	.000	700
**hochsignifikanter Unterschied mit p < .01*					

Quelle: veränderte Darstellung nach Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 93)

2.5.2.2 Fehlverhalten Radfahrende

Die häufigsten Fehlverhalten seitens der Radfahrenden sind die falsche Flächennutzung (z.B. Gehwegnutzung), die Rotlichtmissachtung und das Fahren unter Alkoholeinfluss. Auch das fehlerhafte Einfahren in den Fließverkehr und die nicht angepasste Geschwindigkeit sind häufig vertreten (Schreiber 2013, S. 8). Durchschnittlich missachten beispielsweise in Münster ca. 7 % der Radfahrenden an Lichtsignalanlagen das Rotlicht. Inwiefern es dabei zu Konflikten kommt, wird nicht angegeben (Ortlepp et al. 2008). Eine aktuelle Studie der UDV zeigt, dass ca. 17 % aller Radfahrenden das Rotlicht missachten (Schleinitz et al. 2016, S. 39). Auffällig höhere Werte haben dabei unter 65-jährige (19 %) im Gegensatz zu über 65-jährigen (13 %) sowie männliche Radfahrende (19 %) gegenüber weiblichen (16 %) (Schleinitz et al. 2016, S. 40).

Bei straßenbündigen Führungsformen ist das Linksfahren generell seltener (ca. 6 %), als bei Radwegen (12 % bis 15 %) oder gemeinsamen Geh- und Radwegen (10 %) (Alrutz et al. 2015b, S. 82). Besonders stark ausgeprägt scheint dies bei Straßen mit Einzelhandels- und Mischnutzung. Bei Einrichtungsradwegen beobachten Alrutz et al. (2015a, S. 56) zwischen 5 % bis 25 % regelwidrig Linksfahrende, bei hohem Einzelhandelsvorkommen auch bis zu 50 %. Dabei scheinen sie aber auch vorsichtiger zu fahren, da sie häufiger den Blick zur Einmündung tätigten. Oftmals empfinden Radfahrende die entgegengesetzte Fahrt auf Radwegen als weniger problematisch (Schleinitz et al. 2016, S. 79). An Radwegen mit steigender Radverkehrsstärke sinkt der Anteil regelwidrig linksfahrender Radfahrender (Alrutz et al. 2015b, S. 83 f.). In der niederländischen Stadt Groningen werden mit maximal 1 % regelwidrig Linksfahrender deutlich geringere Werte gemessen. Die Autoren vermuten, dass dies auf die Höhentrennung zwischen Rad- und Gehwegen zurückzuführen ist, wie es in den Niederlanden üblich ist (Alrutz et al. 2015b, S. 90).

Vor allem ältere Radfahrende (über 65-jährige) wissen oftmals nicht über die erhöhten Gefahren beim Linksfahren und fühlen sich dort subjektiv sicherer als auf der Fahrbahn (Pohle 2015, S. 12). Auch Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 72) geben einen erhöhten Anteil von 30 % linksfahrenden Radfahrenden bei Mischverkehrsführung (ohne eigene Radverkehrsanlage) an. Gegenüber der reinen Mischverkehrsführung nimmt hingegen bei Schutzstreifen die regelwidrige Seitenraumbenutzung ab (Ohm et al. 2015, S. 70). Die regelwidrige Nutzung des Gehweges wird vor allem (64 %) aufgrund der Aufrechterhaltung der Fahrgeschwindigkeit und der Abkürzung der Wegestrecke (15 %) ausgeübt (Schleinitz et al. 2016, S. 64).

2.5.3 Verhalten Fahrzeugführende

Die häufigsten Fehlverhalten von Kraftfahrzeugfahrenden in Bezug auf den Rad- und Fußverkehr sind das „Nichtbeachten der Vorfahrt“ gegenüber geradeaus fahrenden Radfahrenden oder zu Fuß Gehenden, das „Nichtbeachten vorfahrtregelnder Verkehrszeichen“ sowie „falsches Verhalten gegenüber Fußgängern an Fußgängerfurten“ (Schreiber 2013, S. 8). Besonders die Ausübung des Schulterblickes weist signifikante Ergebnisse auf. Während der Schulterblick zu etwa 83 % durchgeführt wird, wenn kein Konflikt zustande kommt, reduziert sich dies auf 67 %, wenn ein Konflikt vorliegt (vgl. Tabelle 5). Ähnliches zeigen Kraftfahrzeugführende auch beim Verringern der Geschwindigkeit. Es ist festzustellen, dass die Kfz-Fahrenden an mittleren Furtabsetzungen zwischen 2 m und 4 m am häufigsten den Schulterblick ausübten und ihr Fahrzeug häufiger abbremsten (Schreiber et al. 2013, S. 10). Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 92) nehmen zwar erkennbare Ablenkungen seitens der Kfz-Fahrenden mit auf, diese führen jedoch zu keinen signifikanten Unterschieden in der Untersuchung. Dennoch wird angegeben, dass die Nutzung des Smartphones eine häufige Ablenkung darstellt, die durchaus zu schwerwiegenden Konflikten führen kann.

In den letzten Jahren hat die Verwendung mobiler Endgeräte stark zugenommen. Diese werden mitunter auch im Straßenverkehr genutzt. Hierbei gibt es jedoch erhebliche Unterschiede im Erlaubnisbereich. Die Nutzung von Mobiltelefonen und Smartphones ist in Kraftfahrzeugen nur über eine Freisprecheinrichtung gestattet (Bundesministerium des

Innern 2013, § 23 (1a)). Um den Einfluss auf das Fahrverhalten zu ermitteln, führten Kühn und Gelehrt (2015) eine Vergleichsstudie durch, bei der die Metaanalyse auf der Alkoholwirkung basiert. Das Bedienen des Radiosenders und das Empfangen von Nachrichten liegen im Bereich von unter 0,3 ‰. Gefolgt wird dies von der Bedienung des Bordcomputers mit 0,5 ‰. Das Suchen von Musiktiteln, Telefonieren und Senden von SMS ist vergleichbar mit einem Blutalkoholwert von 0,8 ‰, welcher das gesetzliche Maß überschreitet. Die Bedienung des Navigationsgerätes und Telefons sowie das Schreiben von Nachrichten sind mit 1,0 ‰ jedoch die Tätigkeiten mit der größten Beeinflussung (Kühn und Gelehrt 2015, S. 9). Die Autoren begründen dies wie folgt:

> *„Diese Ergebnisse sind durch die unterschiedlichen Anforderungen bei den verschiedenen Aufgaben recht gut zu erklären. Beim Lesen und Schreiben von SMS werden sowohl visuelle als auch motorische Komponenten benötigt. Die Aufgabe ist außerdem relativ schlecht unterbrechbar, da längere Sinneinheiten produziert bzw. aufgenommen werden. Deshalb tauchen dort wahrscheinlich relativ lange Blickabwendungen von der Straße auf, wobei außerdem eine hohe kognitive Beanspruchung vorliegt." (Kühn und Gelehrt 2015, S. 8)*

Somit hat die Ablenkung mitunter einen erheblichen Einfluss, ist jedoch schwer zu erheben, weshalb es keine genauen Erkenntnisse gibt. Forschende der Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin (GKB UG) im Auftrag der UDV fanden mittels einer Befragung bei Lkw-Fahrenden heraus, dass diese selber mit 90 % eine Ablenkung als sehr oder eher gefährlich einschätzen (Trabert et al. 2018, S. 155). Gerstenberger (2016, S. 152) gibt als häufige Problematik bei Abbiegeunfällen Sichtverdeckungen, Ablenkung und Unaufmerksamkeit sowie einen falschen Aufmerksamkeitsfokus an.

Tabelle 5: beobachtetes Verhalten Kfz-Fahrender beim Abbiegen

	beobachtetes Verhalten	ohne Konfliktfall	im Konfliktfall	p	Anzahl
Kfz-Fahrender	Blinken	98,2 %	96,9 %	.485	635
	Schulterblick**	82,5 %	66,7 %	.003	568
	verringern der Geschwindigkeit**	91,2 %	69,8 %	.000	700
	erkennbare Ablenkung	5,1 %	1,4 %	.171	699

***hochsignifikanter Unterschied mit p < .01*

Quelle: veränderte Darstellung nach Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 92)

2.5.4 Personenbezogene Merkmale

Die unterschiedlichen Lebensabschnitte eines Menschen bewirken verschiedene Mobilitätsverhalten. Hierzu gehören das Seh- und Hörvermögen, die Beweglichkeit, das Leistungsniveau, die Auffassungsgabe, die Verarbeitung von Informationen und die Reaktionsfähigkeit. Beeinflusst werden diese Parameter durch das Geschlecht, die körperliche Verfassung und das Alter.

2.5.4.1 Alter

Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 62) geben das Unfallrisiko bezogen auf die Fahrleistung je nach Altersgruppen an. Dabei fällt auf, dass das fahrleistungsbezogene Unfallrisiko für Radfahrende (mit abbiegenden Pkw und Lkw) zwischen 15 und 34 Jahren erhöht ist, wobei die Altersgruppen 18 bis 20 und 21 bis 24 mit doppelt so hoher Unfallbeteiligung zur Fahrleistung am Stärksten ausgeprägt ist. Ältere habe bezogen auf die Fahrleistung und die Unfallhäufigkeit bei Abbiegeunfällen kein erhöhtes Risiko. In anderen Forschungen wird dies bestätigt. Below (2016, S. 13) und Alrutz et al. (2015b, S. 90) weisen darauf hin, dass ältere Radfahrende genauso häufig in Unfälle verwickelt werden, wie andere Altersgruppen. Ein erkennbarer Zusammenhang zwischen dem steigenden Anteil über 65-jähriger und der Erhöhung der Anzahl von Unfällen an KP mit LSA kann nicht nachgewiesen werden. Einen Unterschied gibt es allerdings bei der Verletzungsschwere. Werden ältere Radfahrende in einen Unfall verwickelt, ist das Verletzungsrisiko durch die höhere Vulnerabilität größer (Below 2016, S. 73). Damit steigt für ältere Personen die Gefahr, tödliche Verletzungen zu erleiden. Zusätzlich ist laut Herrn Brockmann von der Unfallforschung der Versicherer die Wahrnehmung, dass ältere Radfahrende häufiger verunfallen höher. Dies begründet sich durch ihre erhöhte Vulnerabilität und die deutlich geringere Dunkelziffer (vgl. Kapitel 3) als bei jüngeren Radfahrenden (Süddeutsche Zeitung 18.07.2017). Zudem begründet Hayo (2015, S. 41) die steigende Anzahl von tödlichen Unfällen mit höherem Alter durch die sinkende Aufmerksamkeit und Handlungs-schnelligkeit bei älteren Menschen. Auch wenn ältere Personen nicht nur als Kfz-Fahrende sondern auch als Radfahrende gewisse Kompensationsverhalten wie bspw. die Verringerung der Geschwindigkeit zeigen, wenn sie sich bei Fahrmanövern unsicher fühlen, ist das Verletzungsrisiko aus genannten Gründen höher (Below 2016, S. 13).

Hinsichtlich der Lkw-Fahrenden gibt es bezogen auf das Alter und die Unfallkonstellation keine genauen Aussagen. Nach Hamacher et al. (2016, S. 47) sind ca. 50 % der in Unfälle verwickelten Lkw-Fahrenden[14] zwischen 35 und 50 Jahre und nur 5 % über 60 Jahre. Ältere Kfz-Fahrende haben (wie auch die älteren Radfahrenden) zwar eine geringere Aufmerksamkeit und Aufassungsgabe sowie längere Reaktionszeiten, sie halten sich aber häufiger an die Verkehrsregeln (Hautzinger et al. 2011, S. 103 - 105). Auffällig ist die Abnahme der Geschwindigkeitsübertretungen mit steigendem Alter. Jüngere Fahrende sind hierfür anfälliger und haben eine höhere situative Beeinflussung. Dies ist ebenso bei Rotlichtverstößen ausgeprägt, während es bei Fahrten unter Alkoholeinfluss keinen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Übertretungswahrscheinlichkeit gibt (ebenda). Bezogen auf den Konflikt zwischen abbiegenden Kfz und geradeaus fahrenden Radfahrenden (Rechts- und Linksabbiege-Unfälle) geben Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 64) ein erhöhtes fahrleistungsbezogenes Unfallrisiko für ältere Kfz-Fahrende über 65 Jahren an. Dies könnte speziell beim Abbiegekonflikt auf die eingeschränkte Mobilität (Schulterblick) zurückzuführen sein.

[14] Diese Angaben beziehen sich auf alle Unfallarten bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugbeteiligung mit einem zulässigen Gesamtgewicht größer als 3,5 t aus der Unfalldatenbank.

2.5.4.2 Geschlecht

Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 60) ermitteln zwar, dass männliche Radfahrende mit 60 % häufiger in Abbiegeunfälle verwickelt werden als weibliche (40 %); bezogen auf die Fahrleistung ist das Unfallrisiko beider Geschlechter hingegen identisch. Bei den Unfällen mit abbiegenden Lkw geben einige Experten eine erhöhte Anzahl für Radfahrerinnen an (u.a. ADFC - Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club 14.06.2018). Malczyk und Bende (2017, S. 127) geben an, dass Frauen häufiger in Unfälle mit abbiegenden Lkw verwickelt sind als Männer. Des Weiteren sind bei Unfällen, die ein Abbiegeassistent verhindern hätte können, Frauen signifikant häufiger (67 %) verwickelt als bei jenen Unfällen, bei denen kein Abbiegeassistent (40 %) den Unfall verhindert hätte (Chi-Quadrat; $p < 0,05$) (Malczyk und Bende 2017, S. 128). Dies könnte, wie von einigen Forschenden vermutet, auf die relativ ähnlichen Geschwindigkeiten zurückzuführen sein. Analysen hierzu gibt es jedoch keine.

Zudem geben Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 61) ein leicht erhöhtes fahrleistungsbezogenes Unfallrisiko für weibliche Pkw-Fahrerinnen an (gemessen an den in Abbiegeunfälle verwickelten Fahrzeugen). Bezogen auf Lkw-Fahrende werden keine Aussagen gemacht. Allerdings wird hier eine Verschiebung erwartet, da die Mehrzahl der Fahrzeugführenden männlich ist. Dies spiegelt sich sowohl in den Unfalldaten von Richter et al. (2014a) wider, als auch in diversen Studien mit Befragungen (u.a. BG Verkehr 2016).

2.5.4.3 Helmtragequote

In der Analyse von Schleinitz et al. (2016, S. 23) wird eine Helmtragequote von 58 % bei Radfahrenden angegeben. Dabei gibt es hinsichtlich des Geschlechtes und des Alters keine Unterschiede. Pedelec-Nutzende tragen in 66 % und Nutzende von konventionellen Rädern mit 42 % einen Helm (Schleinitz et al. 2016, S. 24). Im Rahmen einer Befragung von verunfallten Radfahrenden fand Below (2016, S. 48) heraus, dass die jährliche Fahrleistung von Personen, die einen Radunfall angeben und von Helmträgern größer ist. Im Gegensatz zu Schleinitz et al. (2016) ermittelt Below (2016, S. 38), dass insgesamt 62 % der befragten Personen nie einen Helm tragen, während 21 % immer und 16 % gelegentlich einen Helm tragen. Zudem stellt Below (2016, S. 17) fest, dass Kinder im Alter von null bis sechs Jahren am häufigsten den Helm tragen, währenddessen die Quote der jungen Erwachsenen von 17 bis 30 Jahren sehr niedrig ist. Weiterhin signifikant ist die Analyse hinsichtlich des Geschlechtes. So tragen lediglich 17 % der Frauen und 26 % der Männer einen Helm, während 70 % der Frauen und 55 % der Männer anmerken, nie einen Helm zu tragen (Below 2016, S. 38). Grundsätzlich sind die Schädelverletzungen bei Personen ohne Helm höher. Jedoch ist die Häufigkeit der Fahrradnutzung bei Helmträgern höher, als bei Personen die keinen Helm tragen. Zudem ergibt sich aus den Befragungen, dass Personen mit Helmnutzung zwar höhere Geschwindigkeiten fahren, sie sich jedoch auch mehr an die Verkehrsregeln halten, als die Vergleichsgruppe ohne Helm (Below 2016, S. 77).

2.6 Zusammenfassung und Zwischenfazit vorhandener Maßnahmen

Die Wahrnehmung aller relevanten Informationen sowie das Einsehen der richtigen Spiegel zum richtigen Zeitpunkt scheint bei Lkw-Fahrenden eine übergeordnete Problematik darzustellen. Die richtige Ausrichtung der Spiegel und die in fast 50 % der Fälle zusätzlichen eigens geschaffenen Sichteinschränkungen durch Dekorationsartikel o.ä. (Hayo 2015, S. 72) haben ebenfalls einen großen Einfluss. Zusätzlich kann durch die Wölbung der Spiegel zwar ein sehr großes Sichtfeld dargestellt werden, das Bild darin ist jedoch mitunter stark verzerrt und verkleinert. Einige Institutionen fordern deshalb, das Sichtfeld der Lkw-Fahrenden mit zusätzlichen Spiegeln zu vergrößern. Davon raten Richter et al. (2014a) und Hayo (2015) aufgrund der begrenzten Aufmerksamkeitsspanne eher ab. Die vorhandenen Spiegel sollen besser in Spiegelgruppen zusammengefasst werden. Dies würde die Blickbewegungen vereinfachen und somit dem Fahrzeugführenden Entlastung bieten. Zudem würde das ein größeres direktes Sichtfeld, vor allem im Bereich der rechten vorderen Fahrzeugseite, ermöglichen. Von den Autoren werden auch tiefere Sitzpositionen des Fahrzeugführenden, größere Glasflächen der Scheiben und niedrigere Rahmen empfohlen (ebenda). Entsprechende Angaben in den Richtlinien sind bislang keine verankert.

Kamera-Monitor-Systeme stellen ebenfalls eine Alternative oder Ergänzung dar, um den Fahrzeugführenden bei der Fahraufgabe zu unterstützen. Vorteilhaft dabei ist, dass nur die relevanten Informationen je nach ausgeübter Handlung angezeigt werden, welches die Anzahl jener reduziert. Gleiches Potential gilt für den Abbiegeassistenten, der als Sonderausstattung hinzugebucht werden kann. Eine verpflichtende Einführung steht noch aus. Bis aber der Gesamtbestand an Lkw mit Abbiegeassistenzsystemen ausgestattet wäre, vergeht etwa ein Jahrzehnt (Kraftfahrt-Bundesamt 2015). Erfahrungen zur Detektion von Radfahrenden hinter parkenden Pkw gibt es bislang keine. Theoretisch soll der Bereich 3,75 m neben dem Fahrzeug detektiert und somit abgedeckt sein (Mercedes-Benz und Effenberger 2017). Nachrüstbare Systeme sind nun verfügbar, wonach die Bundesregierung die Unternehmen zur freiwilligen Nachrüstung aufruft (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 10.07.2018).

Fahrbahnführungen sind an Knotenpunkten aufgrund der Ergebnisse in diversen Studien gegenüber Führungen im Seitenraum als sicherer einzustufen (u.a. Angenendt et al. 1993 und Schnüll et al. 1992). Dies lässt sich vor allem mit der besseren Sichtbeziehung und den geringeren Unfallzahlen begründen. Kolrep-Rometsch et al. (2013) merken jedoch hohe Unfallkosten und -kostendichten bei gleichzeitig geringen Unfallraten und -kostenraten an. Demnach scheinen die Fahrbahnführungen von weniger Unfällen jedoch mit schwererem Unfallausgang geprägt zu sein (Kolrep-Rometsch et al. 2013, S. 107). Dies könnte mit dem Fahrverhalten der Radfahrenden begründet werden, die von einer guten Sichtbeziehung bei Fahrbahnführungen ausgehen. Die regelwidrige Nutzung des Gehweges steigt dadurch jedoch an. Führungen auf dem Radweg im Seitenraum haben den Nachteil, dass innerstädtisch oftmals Sichtbehinderungen vorherrschen, die mit zunehmender Absetzung der Furt ansteigen (ebenda). Auch wenn Niewöhner und Berg (2004, S. 39) die bessere direkte Sicht des Lkw-Fahrenden bei zunehmender Furtabsetzung anmerken, ist diese je nach Parametern Fahrzeug und Körpergröße erst ab ca. 1,6 m vorhanden. Dennoch bevorzugen viele Radfahrende den Seitenraum, sie fühlen sich dort subjektiv sicherer.

Herr Brockmann von der Unfallforschung der Versicherer argumentiert: Das Verkehrsklima in Deutschland ist ein anderes als in europäischen Nachbarländern, weshalb wir deren Konzepte nur bedingt umsetzen können. In Deutschland herrscht eher das Motto „der Stärkere setzt sich durch“ (Süddeutsche Zeitung 18.07.2017). Neue Lösungen, die viel Geld kosten, wie beispielsweise die Trennung der Phasen für Kfz- und Radverkehr, sollten also dringend hinsichtlich ihrer Akzeptanz geprüft werden (ebenda). Darüber hinaus kann es bei Einführungen neuer Maßnahmen auch zu ungewollten Nebeneffekten kommen, die es zu beachten gilt (Dahmen-Zimmer und Zimmer 1997, S. 52).

Neben der Untersuchung der Akzeptanz muss hierfür aber auch ein Umdenken bei der Planung stattfinden. Die Verkehrsqualität muss der Verkehrssicherheit hinten angestellt werden. Sämtliche Anlagen müssen den (Mindest-) Anforderungen der technischen Regelwerke entsprechen, damit auch die zukünftig höheren Radverkehrsstärken sicher abgewickelt werden können (Pohle 2015, S. 12). Dabei ist jedoch auch zu beachten, dass einige Regelwerke schon heute lediglich Mindestansprüche abbilden, eine Überarbeitung ist kontinuierlich erforderlich, um auch den zukünftigen Verkehr sicher zu führen. Auch (Alrutz et al. 2015b, S. 137 f.) geben die strikte Einhaltung der technischen Regelwerke an: Die Einhaltung der Mindestbreiten von Radwegen mit 1,6 m oder die Einführung separater Lichtsignalphasen bei Vorhandensein mehrerer Abbiegefahrstreifen (FGSV 2015b, S. 20). So merkt Schreiber (2013) an:

> *„Fehlende getrennte Lichtsignalphasen für Abbieger sowie Fußgänger und Radfahrer führen vermehrt zu Abbiegeunfällen. Trotz hoher Verkehrsstärken, zweistreifigen Abbiegens oder sehr großer Knotenpunkte fehlt oft die getrennte Signalisierung […].“ (Schreiber 2013, S. 12)*

Neben der Einhaltung der in den Richtlinien verankerten Angaben gilt es auch, neue Maßnahmen zu entwickeln und vorhandene zu konkretisieren. Beispielsweise soll der Zeitvorsprung für Radfahrende, um sich mindestens 1 s früher am Konfliktpunkt zu befinden, eingesetzt werden (FGSV 2010, S. 44). Dies ist jedoch nur mit einem eigenen Signalgeber möglich. Signalgeber für den Radverkehr sollen jedoch nur dann eingesetzt werden, wenn sich der hohe Aufwand gegenüber dem Nutzen lohnt (FGSV 2015b, S. 19) – meist an großen Knotenpunkten mit langen Räumzeiten. Das steht hingegen mit steigender Aufhebung der Benutzungspflicht von Radwegen in Konflikt, da hierbei der Kfz-Signalgeber genutzt werden muss. Ebenfalls in Konflikt steht die Angabe, dass der Zeitvorsprung (nur mit eigenem Signalgeber möglich) aufgrund der besseren Sichtbeziehungen immer bei bedingt verträglichen Abbiegern eingerichtet werden soll (FGSV 2015b, S. 28).

Maßnahmen, die den herannahenden Radverkehr schützen, sind bisher in den Richtlinien nur wenige und zudem unkonkret enthalten. Dieser kreiert jedoch die häufigste Konfliktsituation (Kolrep-Rometsch et al. 2013, S. 94). Für jenen Konfliktfall gilt es, neue konkrete Maßnahmen zu erstellen – speziell, wenn sich die Geschwindigkeiten (weiblicher) Radfahrender mit denen abbiegender Lkw gleichen und ein Lösen aus dem Sichtschatten nicht erfolgt. Hinzukommen die beengten Platzverhältnisse in Städten, die oftmals starke Sichthindernisse, vor allem durch den ruhenden Verkehr, bedingen. Das ist im Knotenpunktbereich zu unterbinden und wieder deutlicher in den Fokus bei der Planung zu rücken:

> *„Die Einhaltung der Sichtbeziehungen ist im Rahmen der Planung von Straßenverkehrsanlagen verbindlich zu gewährleisten und bereits in der (Vor-)Entwurfsplanung, z. B. durch die Verpflichtung Sichtdreiecke in Planunterlagen einzuzeichnen, zu berücksichtigen.“ (Bakaba 2013, S. 14)*

Ob jedoch die vorhandenen potentiellen Sichthindernisse tatsächlich die Sicht beeinflusst, wurde bisher nicht analysiert. Zudem gibt es in den Richtlinien keine Mindestanforderungen an frei zu haltender Sicht vor dem Knotenpunkt auf den parallel geführten Rad- und Fußverkehr. Die ERA schlagen bei einer Führung im Seitenraum vor, den Radweg ins Sichtfeld der abbiegenden Kfz zu rücken. Hierzu sind keine einheitlichen Angaben vorzufinden. Im Leitfaden für sicheres Abbiegen in Berlin wird eine Heranführung des Radweges von 10 m angegeben (Alrutz et al. 2015c, S. 19). Ob diese ausreichend sind, kann nicht gesagt werden. Für die Sicht auf den herannahenden Radverkehr scheint die Heranführung eine entscheidende Rolle zu spielen.

3 Untersuchungsmethodik

Die Abbildung 21 stellt die Untersuchungsmethodik detailliert dar. Darin sind auch die Angaben enthalten, welche Daten aufeinander aufbauen und in welchem Rahmen verwendet sowie benötigt werden.

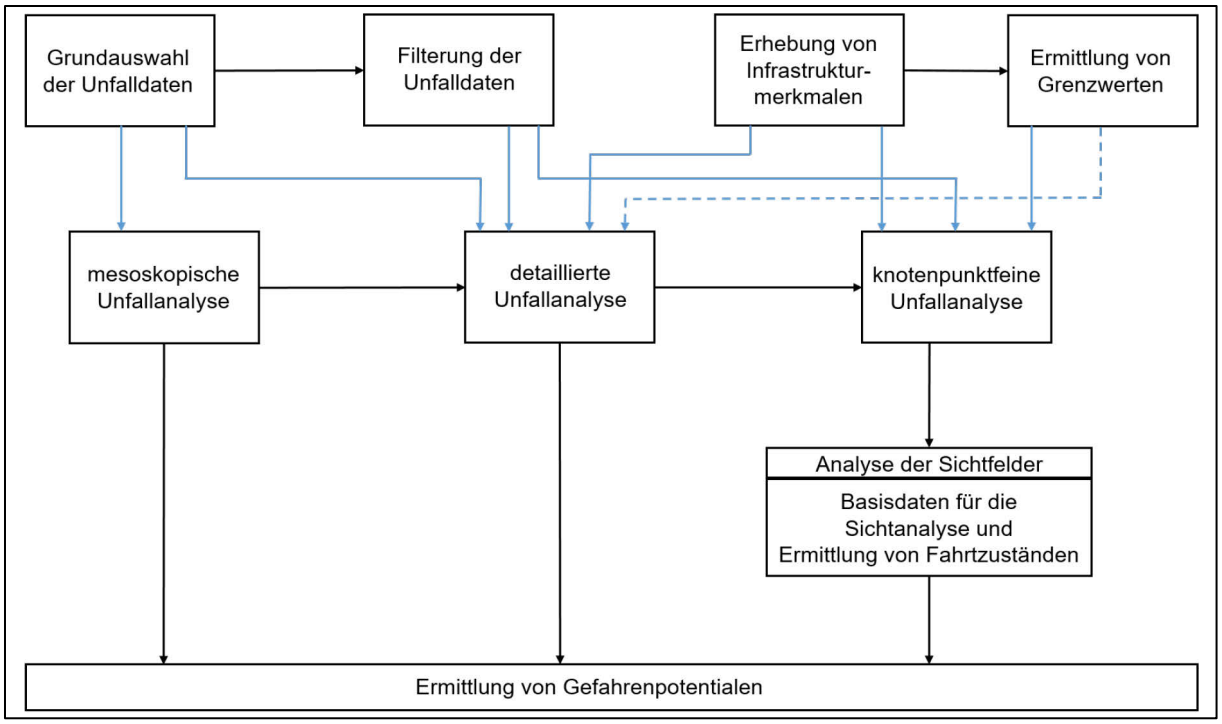


Abbildung 21: detaillierte Untersuchungsmethodik

3.1 Datengrundlage Unfalldaten

Die Analysen der vorliegenden Arbeit basieren auf den im vorangegangenen (unveröffentlichten[15]) Forschungsprojekt FE 82.512/2010[16] „Toter Winkel – Konflikt zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeausfahrendem Radverkehr“ zur Verfügung gestellten Daten. Die Grundauswahl dieser Daten erfolgte in Richter et al. (2014a) und wird nachfolgend (vgl. Kapitel 3.1.1) beschrieben. Einfluss auf die Grundauswahl dieser Daten konnte im Rahmen der Arbeit nicht genommen werden. In dem Forschungsprojekt von Richter et al. (2014a) [17] wurden die Unfälle in fünf Jahren zwischen rechtsabbiegenden Lkw

[15] Geringe Teile davon sind in der Publikation von Richter und Sachs (2016) enthalten.

[16] Auftraggeber des Forschungsprojektes war die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Bearbeitende waren sowohl Mitarbeitende des Fachgebietes Mensch-Maschine-System als auch mehrere des Fachgebietes Straßenplanung und Straßenbetrieb der Technischen Universität Berlin.

[17] Ziel des Projektes war es, Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeaus fahrenden Radfahrenden zu analysieren, um mögliche Einflüsse zu bestimmen, die unfallbegünstigend wirken können. Hierzu wurde eine makroskopische und mikroskopische Unfallanalyse der Städte Berlin, Darmstadt, Magdeburg und Münster durchgeführt. Hierin enthalten waren nur KP mit dem entsprechenden Unfallkollektiv geradeaus fahrender Radverkehr und abbiegender Lkw. Des Weiteren wurden mittels Probanden in einem Fahrsimulator Streckenabschnitte durchfahren, um die Blickzuwendungen und Fahrverhalten der Lkw-Fahrenden bei einer Interaktion mit Radfahrenden zu analysieren. Die Strecken wurden mit und ohne Abbiegeassistenzsystem durchfahren, sodass neben infrastrukturellen und fahrverhaltensbezogenen auch fahrzeugseitige Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Das Vorgehen des Projektes ist zur besseren Übersicht in Anlage 13 dargestellt.

und geradeaus fahrendem Radverkehr in den Städten Berlin, Darmstadt, Magdeburg und Münster untersucht. Die in der vorliegenden Arbeit genutzten Daten konzentrieren sich nur auf die Stadt Berlin. Dies ergibt sich einerseits durch verschiedene Jahresbereiche der zur Verfügung gestellten Unfalldaten in den genannten Städten und andererseits aufgrund der geringen Anzahl der Unfälle in Darmstadt, Magdeburg und Münster (insgesamt 120) im Gegensatz zu denen in Berlin (n = 689).

3.1.1 Beschreibung der vorhandenen Unfalldaten

Die Unfalldaten der Jahre 2006 bis 2010 wurden im Format der Tabellenkalkulation von der Polizei Berlin zur Verfügung gestellt. Darin enthalten sind alle Angaben zum jeweiligen Unfall. Dies beinhaltet unter anderem:

- Angaben zum Unfallort (Straßennamen, Koordinaten, Bezirk),
- Unfallkategorie (Anzahl der beteiligten Personen mit Verletzungsgrad),
- Unfallursachen und Verursacher,
- personenbezogene Angaben (Alter, Geschlecht) und
- Fahrzeugart der beteiligten Personen.

Die von der Polizei Berlin zur Verfügung gestellten Daten enthalten bereits jene des Unfalltyps 2 (Abbiegeunfall) mit Beteiligung von mindestens einem Lkw (und Lfw) und einem Radfahrenden. Aufgrund der Vielzahl von Unfällen konnten keine Unfallhergangs-beschreibungen zur Verfügung gestellt werden, weshalb sich der Fahrtzustand des abbiegenden Lkw nicht ermitteln lässt. Zudem erfolgt keine In-depth[18] Analyse der schweren Unfälle, welches sich aus zweierlei Begründungen ergibt: Zum einen haben bereits einige Autoren festgestellt, wo die Anprallpunkte sind, wie häufig Überrollungen auftreten und wie der Fahrtzustand und die Geschwindigkeit der Fahrzeuge bei den Unfällen sind (vgl. Kapitel 2). Andererseits ist für die Analyse, welche infrastrukturellen Eigenschaften an dem KPA begünstigend gewirkt haben könnten, eher die häufige Anzahl von Unfällen sinnvoll, als jene Unfälle mit schwerem Personenschaden.

3.1.2 Grundauswahl der Unfalldaten

Um möglichst viele Unfälle der seltenen Unfallkonstellation (rechtsabbiegender Lkw und geradeaus fahrender Radverkehr) zu erhalten, wurde in Richter et al. (2014a) ein Zeitraum von fünf Jahren ausgewählt. Innerhalb der Jahre 2006 bis 2010 verunfallten in Berlin 689 Personen bei Unfällen zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr an insgesamt 567 Knotenpunktarmen (KPA). [19] Diese hohe Anzahl an Einzelunfällen musste bei Richter et al. (2014a) aus forschungsökonomischen Gründen reduziert werden. Es wurde seitens der BASt im Forschungsprojekt festgelegt, dass davon

[18] Bekannt ist vor allem die GIDAS (German In-Depth Accident Study), die wiederum keine Daten für die Stadt Berlin enthält. Seit 2011 wird die Polizei in Berlin jedoch auch bei schweren Verkehrsunfällen von Unfallanalytikern vor Ort unterstützt.

[19] Da es sich hierbei um ein sehr kleines Unfallkollektiv handelt, sind in dem fünf-Jahreszeitraum viele Einzelunfälle an verschiedenen KPA vorzufinden.

280 unfallbelastete KPA mit in die Betrachtung einfließen.[20] Zur Auswahl dieser Anzahl gingen bei Richter et al. (2014a) folgende Kriterien ein:

- KPA mit mehr als einem Unfall von 2006 bis 2010 = 86 KPA
- KPA mit schweren Unfallfolgen (Getötete und Schwerverletzte) = 45 KPA
- Zufallsstichprobe aus rechtlichen 436 unfallbelasteten KPA unter prozentualer Berücksichtigung der Infrastrukturmerkmale [21] = 149 KPA.

An den ausgewählten 280 unfallbelasteten KPA ereigneten sich im fünf-Jahreszeitraum 402 Unfälle zwischen rechtsabbiegendem Lkw- und geradeaus fahrendem Radverkehr. Die Zahl der KPA reduziert sich auf 256 mit 368 Unfällen aufgrund der von Richter et al. (2014a) vor Ort festgestellten Bauvorhaben oder bereits durchgeführten baulichen Veränderungen, die zum Zeitpunkt des Unfalls noch nicht implementiert waren. Eine weitere Reduzierung auf 353 Unfälle an 242 unfallbelasteten KPA ergibt sich aufgrund der Entfernung von Unfällen, bei denen der Radverkehr entgegen der Fahrtrichtung fuhr, da die Sichtbeziehungen keine typische tote-Winkel-Konfliktsituation darstellen (Richter et al. 2014a).

3.1.3 Filterung der Unfalldaten

Aus dem Forschungsprojekt von Richter et al. (2014a) ist bereits bekannt, dass solche Unfälle eher „zufallsbedingt“ und flächenhaft verteilt auftreten. Um infrastrukturelle Rückschlüsse ziehen zu können, die mitunter einen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben, sollen vor allem Merkmale an Knotenpunktarmen (KPA) mit einbezogen werden, die mindestens drei Unfälle aufweisen. Dies ergibt sich aus den zur Verfügung stehenden Daten. KPA mit zwei oder mehr Unfällen lassen innerhalb von fünf Jahren nur bedingt Rückschlüsse auf die Infrastruktur zu. Vielmehr könnten „zufallsbedingte“ Ereignisse und ungünstige Parameterkombinationen zum Unfall geführt haben. KPA mit mehr als drei Unfällen (mindestens vier) sind lediglich an sechs KPA vorhanden. Diese geringen Datensätze ermöglichen keine Aussagen zu Defiziten, weshalb abschließend die Grenze von mindestens drei Unfällen als sinnvoll angesehen wird.

Mit in diese knotenpunktfeine Analyse gehen somit insgesamt 89 Unfälle an 27 KPA ein. Unfälle mit Getöteten fließen in diese Analyse vier mit ein, davon zwei an KPA mit drei und zwei an KPA mit vier Unfällen. Die restlichen acht Unfälle mit Getöteten fließen nicht in die KP-feine Analyse ein, da sieben an KPA mit nur diesem einen Unfall und einer an einem KPA mit zwei Unfällen auftreten.

Auch bei einer erneuten Filterung ist es nicht möglich, Vergleichsknoten ohne Unfälle mit einfließen zu lassen. Für das Ziehen einer Vergleichsstichprobe fehlt eine Datenbasis,

[20] In Richter et al. (2014a) wurden nur KPA mit Unfällen untersucht. Dies begründeten Richter et al. (2014a) durch mehrere Faktoren. Einerseits ist es nicht möglich, ein Vergleichskollektiv wissenschaftlich zu erheben, da es keine Datenbank über alle in Berlin verfügbaren KP gibt. Inklusive der zu betrachtenden Grundstückszufahrten ist dieser Wert nicht messbar oder ermittelbar. Andererseits wurde in vorherigen Studien ebenfalls auf diese Weise verfahren (aus den gleichen Gründen), wohlwissend, dass die Aussagen nur auf die KPA mit Unfällen bezogen werden können und nicht allgemeingültig sind.

[21] Richter et al. (2014a) sowie Kolrep-Rometsch et al. (2013) haben eine Klassifizierung der Infrastruktur-eigenschaften an den Knotenpunktarmen mit Unfällen durchgeführt. Dies diente der Einteilung von KPA mit spezifischen Eigenschaften, damit anschließend spezifische Auswertungen je Infrastrukturmerkmal möglich waren. Diese Klassifizierung ist in Anlage 14 dargestellt.

die einer wissenschaftlichen Methode unterzogen werden kann (vgl. Kapitel 3.2.1). Eine Auswahl an Bezirken oder nach anderen Kriterien ist aufgrund der flächendeckenden Ereignisse solcher Unfälle nicht zielführend. Innerhalb des langen fünf-Jahreszeitraumes ist eine weitere Filterung nach örtlichen Gegebenheiten ebenso nicht sinnvoll, da sich die Anzahl der auswertbaren KPA auf ein Minimum reduzieren würde. Deshalb wird ein Vergleich zwischen den KPA mit „wenig“ und „vielen“ Unfällen als sinnvoll angesehen.

3.2 Datengrundlage Infrastrukturmerkmale

Um Unfälle hinsichtlich bestimmter Infrastrukturmerkmale auswerten und analysieren zu können, erfolgt zunächst die Beschreibung der infrastrukturellen Parameter und anschließend die Ermittlung von Grenzwerten der Merkmalsausprägungen. Diese dienen der Datengrundlage für die folgenden Auswertungen der KPA mit Unfällen.

3.2.1 Ermittlung von Infrastrukturmerkmalen

Infrastrukturdaten liegen der Stadt Berlin nur bedingt vor. Die Art der Straße und der Radverkehrsführung stehen in Open-Source-Kartenmaterialien zur Verfügung – nicht jedoch in Tabellenformat. Es gibt keine Datenbank in Berlin, in der alle Knotenpunkte und die jeweiligen Gestaltungsmerkmale vorhanden sind.[22] Detailliertere Angaben, wie die Breite der jeweiligen Infrastruktur oder die Anzahl von Fahrstreifen, sind nicht vorhanden, weshalb die benötigten Daten erhoben werden müssen. So haben Richter et al. (2014a) folgende Daten für den jeweiligen unfallbelasteten KPA erhoben:

- allgemeine Informationen (Richtungen, aus der die Beteiligten den KP erreichten)
    - Ausrichtung des KPA (Himmelsrichtung)
    - Vorfahrtsregelung
    - zulässige Höchstgeschwindigkeit
- Angaben zur Radverkehrsführung
    - Art der RVA (Radweg, Radfahrstreifen, Schutzstreifen, Mischverkehr)
    - Benutzungspflicht
    - Ein- oder Zwei-Richtungs-Radwege
- Angaben zur RVA im KP-Bereich
    - Verschwenkung der RVA vor der Haltlinie
    - Länge der Heranführung des Radweges an den Fahrbahnrand
    - Abstand der Haltlinien von Kfz- und Radverkehr
    - Furtabsetzung (gering: 0 m bis 2 m, mittel: 2 m bis 4 m, weit: > 4 m)
    - Furtgestaltung (keine Furt, Strichmarkierung, rote Einfärbung, Aufpflasterung)
- Angaben zur Signalisierung
    - Führung der Rechtsabbieger (gemeinsame, getrennte oder zeitweise getrennte Signalisierung)

[22] Eine Karte mit Anzahl und Verortung von KP mit LSA ist verfügbar. Nicht vorhanden und auch nicht erhebbar ist aufgrund der hohen Anzahl eine Auflistung aller KP (auch ohne LSA inkl. Grundstückszufahrten) in Berlin.

    - Signalgebernutzung des Radverkehrs (Kfz, Fußverkehr oder eigener Signalgeber)
    - Zeitvorsprung des Radverkehrs in Sekunden
    - Vorhandensein von Blockschaltung mit Fußverkehr
    - Vorhandensein von warnendem Gelbblinklicht
- Angaben zum Kfz-Verkehr
    - Fahrstreifen zum Rechtsabbiegen (Mischfahrstreifen, separater Rechtsabbiegefahrstreifen)
    - Bussonderfahrstreifen
- örtliche Besonderheiten (subjektiv erfasst)
    - verkehrliche Besonderheiten
    - topografische Besonderheiten
    - potentielle Sichtbehinderungen (Grad 0, Grad 1, Grad 2).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die zu analysierenden Merkmalsausprägungen deutlich erweitert und folgende Infrastrukturmerkmale zusätzlich zu denen von Richter et al. (2014a) für die 27 KPA mit mindestens drei Unfällen nacherhoben:

- Breite der RVA
- Breite der Kfz-Fahrstreifen
- Anzahl der Fahrstreifen zum Rechtsabbiegen
- Richtungsänderungswinkel für den rechtsabbiegenden Verkehr
- Breite des zur Verfügung stehenden Platzes in der KP-Ausfahrt
- Abstand der Fuß- und Radverkehrsfurten zueinander
- Abstand der RVA zum rechten Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes
- Zähldaten der jeweiligen Ströme (Verkehrsstärken) sowie
- Verkehrstechnische Unterlagen (Signallagepläne und Signalzeitenpläne).

Die Daten der Infrastrukturerhebung stammen somit einerseits aus der Zeit der Projektbearbeitung (2012), als auch aus Nacherhebungen der Jahre 2017 und 2018. Für die auszuwertenden Infrastrukturmerkmale gilt es, Grenzwerte für jede Merkmalsausprägung zu ermitteln, welches im nachfolgenden Kapitel beschrieben wird. Die in Richter et al. (2014a) gewählten Grenzwerte für die oben aufgelisteten (in Richter et al. (2014a) gewählten) Kriterien wurden nicht verändert. Zusätzlich zu den neu zu erhebenden Daten erfolgt eine Grenzwertbildung für einige Merkmalsausprägungen, die in Richter et al. (2014a) zwar erhoben, aber nicht ausgewertet wurden. So können weitere Merkmalsausprägungen im Rahmen der Dissertation analysiert werden. Dies betrifft hauptsächlich die Merkmalsausprägung „Länge der Heranführung der RVA an den Fahrbahnrand“, welche bedeutend für die Sicht der Lkw-Fahrenden ist.

3.2.2 Ermittlung von Merkmalsausprägungen und deren Grenzwerte

Zusätzlich erhoben werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Breite der Fahrstreifen des Kfz sowie die Breite der Radverkehrsanlage. Radwege und Radfahrstreifen sollen mindestens 1,6 m breit sein. Das Regelmaß hingegen beträgt 2 m, um ausreichend Raum zum Überholen zu gewährleisten (FGSV 2010, S. 25). Die Einteilung der Breite der RVA erfolgt demnach in jene unter 1,6 m und mindestens 1,6 m Mindestmaß. Die Fahr-

streifenbreite für den Kfz-Verkehr muss laut Richtlinien mindestens 3 m betragen, wobei 3,25 m bis 3,5 m grundsätzlich empfohlen werden (mindestens 3,25 m mit Linienbusverkehr). In Ausnahmesituationen, zum Beispiel zur Einrichtung eines zusätzlichen Abbiegefahrstreifens, kann dieser auf 2,75 m reduziert werden (FGSV 2006, S. 69). Aufgrund der beengten Platzverhältnisse werden in einigen Fällen keine Fahrstreifen markiert, sodass lediglich eine überbreite Fahrbahn vorhanden ist. Dies wird separat betrachtet, da der Lkw-Fahrende durchaus die gesamte Fahrbahnbreite zum Abbiegen nutzen könnte, obgleich im regulären Verkehr eher zwei Fahrzeuge nebeneinander passen würden. Demnach erfolgt die Einteilung der Fahrstreifenbreiten in unter 3 m, 3 m bis 3,24 m sowie 3,25 m bis 3,5 m und ab 4,75 m (überbreite Fahrbahn).

In den Richtlinien wird angegeben, dass mehrstreifiges Abbiegen gegenüber parallel geführten ungeschützten Verkehren signaltechnisch gesichert werden soll (FGSV 2010, S. 45). Somit stellt die Anzahl der Fahrstreifen ein weiteres Kriterium dar. Das Vorhandensein eines gesonderten Rechtsabbiegefahrstreifens und die Anzahl derer ergibt sich meist aus den vorliegenden Verkehrsstärken und dem zur Verfügung stehenden Platz. Hier wäre die Verkehrsstärke des geradeaus fahrenden Radverkehrs sowie die Abbiegeverkehrsstärke inklusive des Schwerverkehrsanteils relevant. Im Rahmen der Dissertation liegt jedoch ein kleines Kollektiv von 18 KPA vor, an denen Verkehrsstärken vorhanden sind. Inwiefern die Verkehrsstärke somit Einfluss auf das Unfallgeschehen nimmt, kann im Rahmen der Dissertation nicht untersucht werden. Auch mit größeren Datensätzen ist keine Abhängigkeit von Unfallhäufigkeit und Verkehrsstärke (Abbieger und Radverkehr) vorhanden, Richter et al. (2014a) in Regressionsanalysen ermittelten (vgl. Anlage 15, Anlage 16).

> *„Es ergeben sich nach der Durchführung einer Regressionsanalyse keine kausalen Zusammenhänge zur Abhängigkeit der Verkehrsstärken und der Unfallhäufigkeit. […] Die Entstehung eines Unfalls ist vielmehr von verschiedenen Merkmalen und nicht allein von der Verkehrsstärke abhängig, weshalb ein KPA mit hohen Verkehrsstärken nicht zwangsläufig hohe Unfallzahlen mit sich führen muss.“ (Richter et al. 2014a, S. 48)*

Sie nutzten hierfür nur die KPA mit Unfällen und nicht jene ohne Unfallbelastung, weshalb Aussagen bezüglich des linearen Zusammenhangs von Unfällen und der Verkehrsstärke nicht möglich sind. Hierfür müssten Vergleichsdaten von KPA ohne Unfälle vorhanden sein, die jedoch weder im Rahmen der vorangegangenen Projekte, noch in der vorliegenden Arbeit erhoben wurden. Kolrep-Rometsch et al. (2013, S. 119) geben an, dass mit zunehmender Kfz- und Radverkehrsstärke die Anzahl der Unfälle steigt, wobei es sich lediglich um eine mittlere Korrelation handelt.

Für 18 von 27 KPA mit mindestens drei Unfällen liegen Verkehrsstärken vor. Diese haben unterschiedliche Zähljahre und reichen vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2012. Innerhalb des langen Zeitraumes ist ein Anstieg der Verkehrsstärken wahrscheinlich (vgl. Kapitel 2.2.2). Des Weiteren liegen Zähldaten vermehrt an eher größeren KP vor. Ein weiteres Problem für Verkehrsstärkeanalysen ist die Definition von Bereichen. Die Einteilung in Klassen, wie sie in einigen Richtlinien zu finden sind, beispielsweise nach Art der Straße, scheint aufgrund der wenigen Daten je Klasse nicht zielführend zu sein. Eine Einteilung in Verkehrsstärkeklassen auf Basis der vorhandenen Daten ist machbar, jedoch wird dann ein

homogenes Bild mit wenig Aussagekraft erwartet. Aus diesen Gründen erfolgt ein direkter Vergleich zwischen den Verkehrsstärken der Rechtsabbieger allgemein, der rechtsabbiegenden Lkw und des geradeaus fahrenden Radverkehrs.

Weitere Merkmale sind durch die Lkw-spezifische Bau- und Fahrverhaltensweisen gegeben. Durch unterschiedliche Achsabstände haben Lkw andere Schleppkurvenverläufe. Davon sind die Fahrstreifenbreite, der Richtungsänderungswinkel (RÄW) und die Breite der KP-Ausfahrt abhängig. Allgemein sollen KP möglichst im rechten Winkel angelegt werden, um zu kleine und zu große Abbiegeradien zu vermeiden (u.a. FGSV 2006; Kolrep-Rometsch et al. 2013). Hierbei wird eine Differenz von zehn Grad toleriert. Für die Analysen werden die Richtungsänderungswinkel in Grad gemessen und anschließend in Gon umgerechnet. Damit ergeben sich die folgenden Einteilungen: Richtungsänderungswinkel von 90 Gon bis 109,9 Gon (81 Grad bis 99 Grad) ergeben einen „normalen“ (rechtwinkligen) Abbiegeradius (mit Toleranz). Große Richtungsänderungswinkel, und somit kleine Abbiegeradien, sind jene ab 110 Gon (entspricht ca. 100 Grad). Schlussendlich sind kleine Richtungsänderungswinkel mit weniger als 90 Gon (entspricht ca. 80 Grad) (tendenziell große Abbiegeradien) versehen.

Je kleiner die nutzbare Fahrbahnbreite der KP-Ausfahrt (in die rechts abgebogen wird), desto größere Anpassungen der Lkw-Fahrenden sind hinsichtlich des Schleppkurvenverlaufes nötig (Schäfer 2017). Im Rahmen der Dissertation werden Einteilungen in Fahrbahnbreiten unter 6 m (weniger als zwei Fahrstreifen) und 6 m bis unter 9 m (weniger als drei Fahrstreifen) vorgenommen.

Auch ist die indirekte Sicht durch die Spiegel von besonderer Wichtigkeit. Während des gesamten Abbiegevorganges kommt es zu unterschiedlichen Sichtverhältnissen in den verschiedenen Spiegeln. Dabei sind unter anderem die Eigenschaften „Abstand der Radverkehrsanlage zum Fahrbahnrand im Vorfeld des KP“ und „Abstand zwischen Radverkehrs- und Fußverkehrsfurt“ von entscheidender Bedeutung. Letztere hat dabei verschiedene Merkmalsausprägungen. So gibt es beispielsweise Knotenpunkte, an denen zwar eine Radverkehrs- aber keine Fußverkehrsfurt vorhanden ist. Dies ist zumeist an KP ohne LSA vorzufinden. Des Weiteren kann die Radverkehrsfurt direkt an jene der zu Fuß Gehenden angrenzen und einen Abstand von 0 m aufweisen. In den Richtlinien gibt es zu diesem Abstand keine Vorgaben. Die Richtlinien geben lediglich bei einer Absetzung der Fußverkehrsfurt vom Fahrbahnrand von mehr als 5 m an, dass die Vorfahrt der zu Fuß Gehenden nicht mehr eindeutig für den Kraftfahrzeugführenden erkennbar ist und diese zusätzlich verdeutlicht werden muss (FGSV 2010, S. 38 f.). Wird von diesen 5 m eine Regelbreite der Radverkehrsanlage von 2 m abgezogen[23], ergibt sich als Grenzwert dann jener mit bis zu 3 m. Es können aber auch Abstände der Furten von über 3 m vorhanden sein. Hierbei wird auf die in den Richtlinien angegebene Länge von Fahrzeugen von 6 m zurückgegriffen (FGSV 2015b, S. 22). Dieser Abstand ermöglicht, dass sich Pkw (und Lieferwagen) zwischen der Radverkehrs- und Fußverkehrsfurt aufstellen können. Somit ergeben sich die Grenzwerte 0 m, 0,5 m bis 3 m, 3,1 m bis 6 m und größer als 6 m.

Der Abstand der Radverkehrsanlage zum Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes ist für die Sicht auf sich annähernde Radfahrende essenziell. Dies hängt jedoch von

[23] Da die Radverkehrsfurt zumeist zwischen dem Fahrbahnrand und der Fußverkehrsfurt verläuft, erfolgt ein Abzug um diesen Wert von den 5 m.

zahlreichen Faktoren ab, weshalb eine metrische Einteilung in seitliche Abstände nicht sinnvoll erscheint. So ist beispielsweise die Sicht nach bereits erfolgtem Einlenken des Fahrzeugs von hoher Bedeutung. Dies wiederum wird zusätzlich durch viele andere Faktoren – wie den Richtungsänderungswinkel und die Breite der KP-Ausfahrt – beeinflusst. Eine Angabe in Maßen ist nicht möglich. Deshalb werden diese Analysen einzeln für jeden KPA inklusive der jeweiligen Sichtfelder durchgeführt (vgl. Kapitel 5).

Die Heranführung des Radverkehrs in das Sichtfeld des Kfz-Verkehrs an Knotenpunkten ist in den Richtlinien nicht genau vorgeschrieben (vgl. Kapitel 2.3.2.4). Werden die vorhandenen Maße vereint und auf alle Arten von KP (nicht nur an vorfahrtgeregelten) projiziert, ergibt sich eine Heranführung auf 0,5 m an den Fahrbahnrand von mindestens 10 m vor dem Knotenpunkt. Eine weitere Angabe in den Richtlinien ist bei der Auflösung von Radwegen zu finden, bei der eine geschützte Heranführung von 10 m bis 20 m stattfinden soll. Somit würden sich für die vorliegende Arbeit drei Grenzwerte ableiten lassen. Die Heranführung des Radweges an den Fahrbahnrand ist kleiner als 10 m, zwischen 10 m und 20 m oder größer als 20 m – sofern eine Heranführung stattfindet. So gibt es auch die Möglichkeit, dass keine Heranführung vorzufinden ist, da die Radverkehrsanlage entweder kontinuierlich neben dem Fahrbahnrand (Furtabsetzung ≤ 0,5 m) oder geradlinig im Seitenraum mit einer Furtabsetzung > 0,5 m verläuft.

Diese neu zu erhebenden Daten lassen sich mit den zugehörigen Grenzwerten wie folgt zusammenfassen:

- Breite der Radverkehrsanlage
  - ≤ 1,6 m und > 1,6 m
- Breite des Kfz-Fahrstreifens
  - < 3 m, 3,0 m bis 3,24 m, 3,25 m bis 3,5 m und ≥ 4,75 m
- Anzahl der Fahrstreifen zum Rechtsabbiegen
  - ein oder mehrere Fahrstreifen zum Rechtsabbiegen
- Verkehrsstärke
- Richtungsänderungswinkel
  - kleine Radien: 110 Gon bis 120 Gon, normale Radien: 90 Gon bis 109 Gon, große Radien: 89 Gon bis 65 Gon
- Breite der KP-Ausfahrt
  - weniger als zwei Fahrstreifen: < 6 m, weniger als drei Fahrstreifen: < 9 m
- Abstand zwischen Radverkehrs- und Fußverkehrsfurt
  - 0 m, 0,1 m bis 3 m, 3,1 m bis 6 m und > 6 m
- Abstand der Radverkehrsanlage zum Fahrbahnrand im Vorfeld des KP
  - Sichtfelder separat für jeden KPA
- Heranführung des Radweges an den Fahrbahnrand
  - keine Heranführung: Furtabsetzung ≤ 0,5 m oder > 0,5 m;
  - mit Heranführung: Heranführung < 10 m, 10 m bis 20 m und > 20 m

3.3 Auswertung der Unfalldaten

Eine klassische Unfallanalyse erfolgt zunächst makroskopisch und nachfolgend mikroskopisch. Die Angabe von Unfallkennzahlen (makroskopische Betrachtung), wie die Unfalldichte oder -kostendichte, wurde im Projekt von Richter et al. (2014a) nur für alle Städte zusammen durchgeführt. Auf die Betrachtung der einzelnen Städte wurde aus diversen Gründen verzichtet. Einerseits erscheint dies nicht zielführend, da bei der Auswahl der KP vor allem jene mit schweren Unfallfolgen oder mehreren Unfällen je KPA einbezogen wurden und andererseits nur KPA mit Unfällen betrachtet wurden. Für konkrete Aussagen fehlt die Anzahl des Gesamtvorkommens aller Knotenpunkte – auch KP ohne Unfälle – in Berlin. Letzteres kann aus forschungsökonomischen Gründen nicht ermittelt werden und liegt aus denselben Gründen der Stadt nicht vor. Zudem konnten bei Richter et al. (2014a) keine Auffälligkeiten bezüglich der allgemeinen Unfallkennzahlen identifiziert werden. Da diese nicht sinnvoll und ökonomisch nacherhebbar sind, wird auch im Rahmen der Dissertation darauf verzichtet.

Eine klassische mikroskopische Unfallanalyse erfolgt zunächst auf Basis von ermittelten Unfallhäufungsstellen in ein- bzw. drei-Jahreskarten. Darin abgebildet werden in ein-Jahreskarten alle Unfälle, bei denen sich besonders gleiche Unfalltypen innerhalb eines Jahres herauskristallisieren sollen (FGSV 2012b, S. 11). Im Hinblick auf die zur Verfügung gestellten Daten mit Bezug zum seltenen Unfallereignis des abbiegenden Lkw ist eine Darstellung in ein-Jahreskarten nicht zielführend. In drei-Jahreskarten werden die Unfälle mit Personenschaden aller Unfalltypen dargestellt. Da im Rahmen des Themas jedoch der Unfalltyp 2 (Abbiegeunfall) bereits festgelegt ist, ist die Analyse dahingehend hinfällig. Somit können keine klassischen Unfallhäufungsstellen identifiziert werden, die sich aus den jeweiligen ein- bzw. drei-Jahreskarten ablesen lassen. Die Erstellung der zugehörigen Unfalllisten ist ebenfalls hierfür ungeeignet. Das seltene Ereignis des Unfallkollektivs rechtsabbiegender Lkw und geradeaus fahrender Radverkehr lassen dies nicht (bzw. nur bedingt) zu.

In den Richtlinien werden Unfälle als statistisch seltene und zufällige Ereignisse angegeben, welche durch viele verschiedene Parameter bestimmt sind (FGSV 2012b, S. 13). Deshalb wird im Rahmen der Dissertation der Ansatz verwendet, bei KPA mit „Unfallhäufungen“ Unterschiede herauszufiltern. So kann nicht mehr zwangsweise von einem zufälligen Ereignis ausgegangen werden, sondern gestalterische Defizite können durchaus zum Unfall geführt haben. Demnach können die Aussagen in den ausgewerteten Merkmalen nicht auf das Gesamtnetz Berlin bezogen werden. Des Weiteren sind statistische Tests nur bedingt durchführbar. Hierfür wären Vergleichsknotenpunkte ohne Unfälle nötig.

Die Auswertung der Unfalldaten erfolgt nach den zuvor ermittelten Parametern (Merkmalen) und den Grenzwerten (Merkmalsausprägungen). Hierbei werden zunächst mesoskopische Analysen des gesamten Unfallkollektivs angesetzt. Anschließend folgt ein Vergleich der Merkmalsausprägungen von grundlegenden gestalterischen Eigenschaften zwischen den KPA mit ein bis zwei Unfällen und jenen ab drei Unfällen. Abschließend werden die unfallauffälligen Knotenpunkte detailliert betrachtet, um weitere potentielle unfallbegünstigende Parameter herauszufinden. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Vorgehensweisen der Unfallanalyse mit den benötigten Datengrundlagen beschrieben.

3.3.1 Datengrundlage mesoskopische Unfallanalyse

Einige Merkmale wurden bei Richter et al. (2014a) weder in der makroskopischen noch in der mikroskopischen Unfallanalyse analysiert. Somit erfolgt übergeordnet im Rahmen der Dissertation zu Beginn eine mesoskopische Betrachtung der ausgewählten Unfälle hinsichtlich den Unfallursachen inklusive der Beteiligungsarten sowie den persönlichen (Alter und Geschlecht) und äußeren (zeitliche und örtliche Verteilung) Einflüssen, wie es Bachmann (2006) vorschlägt. In die mesoskopische Analyse gehen die 368 Unfälle an 256 KPA ein, die in Kapitel 3.1.2 beschrieben wurden. Dies begründet sich dadurch, dass im Rahmen der mesoskopischen Unfallanalyse Unfallursachen und somit Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmenden analysiert werden. Ein Fehlverhalten seitens der Radfahrenden stellt die falsche Flächennutzung – also das Fahren in entgegengesetzter Richtung – dar. Aus diesem Grund werden in der mesoskopischen Analyse alle Unfälle betrachtet, im weiteren Verlauf werden dann jene mit in entgegengesetzter Richtung fahrenden Radverkehr entfernt, da diese nicht die typische tote-Winkel-Konfliktsituation darstellen. Einen Überblick, welche Daten grundlegend hierfür benötigt werden, gibt Tabelle 6.

Tabelle 6: benötigte Datengrundlagen für die mesoskopische Unfallanalyse

benötigte Daten aus Datengrundlage Unfalldaten	benötigte Daten aus Datengrundlage Infrastrukturmerkmale
- Grundauswahl der Unfalldaten: 368 Unfälle an 256 KPA (vgl. Kapitel 3.1.2)	- keine

3.3.2 Datengrundlage detaillierte Unfallanalyse

Anschließend erfolgt eine detaillierte Analyse. Zunächst werden die KPA mit Unfällen in folgender Weise aufgeteilt: KPA mit ein bis zwei Unfällen und KPA mit mindestens drei Unfällen. Anschließend wird ein Vergleich aller in Richter et al. (2014a) ausgewerteten Infrastrukturmerkmale durchgeführt. Zu den auswertbaren Infrastrukturmerkmalen zählen:

- Angaben zur RVA im KP-Bereich
  - Abstand der Haltlinien von Kfz- und Radverkehr
  - Furtabsetzung
  - Furtgestaltung
- Angaben zur Signalisierung
  - Signalgebernutzung des Radverkehrs
  - Zeitvorsprung in Sekunden
  - Blockschaltung mit Fußverkehr vorhanden
  - warnendes Gelbblinklicht vorhanden
- örtliche Besonderheiten
  - Sichtbehinderung (subjektiv erfasst).

Zusätzlich wurden im Forschungsprojekt von Richter et al. (2014a) einige Infrastrukturmerkmale erhoben (vgl. Kapitel 3.2.1), aber nicht ausgewertet. Dies betrifft:

- die zulässige Höchstgeschwindigkeit,
- die Angabe der Ausbildung des Fahrstreifens sowie

- die Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand im Vorfeld des KP

nach den in Kapitel 3.2.2 genannten Kriterien. Für diese Kriterien erfolgt ebenfalls die Auswertung nach den Unfallbereichen „alle Unfälle“, „ein bis zwei Unfälle“ und „mindestens drei Unfälle“, die im Rahmen der Dissertation hergeleitet wurden. Die benötigten Datengrundlagen sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: benötigte Datengrundlagen für die detaillierte Unfallanalyse

benötigte Daten aus Datengrundlage Unfalldaten	benötigte Daten aus Datengrundlage Infrastrukturmerkmale
- Grundauswahl der Unfalldaten: 353 Unfälle an 242 KPA (ohne falsche Richtung) (vgl. Kapitel 3.1.2) - Filterung der Unfalldaten: KPA mit ein bis zwei sowie mindestens drei Unfällen (vgl. Kapitel 3.1.3)	- erhobene und ausgewertete Infrastrukturmerkmale von Richter et al. (2014) (vgl. Kapitel 3.2.1) - Auswertung zusätzlicher Infrastrukturmerkmale (in Richter et al. (2014) nur erhoben) (vgl. Kapitel 3.2.1)

3.3.3 Datengrundlage knotenpunktfeine Analyse

Einige Daten wurden bei den ersten Erhebungen aller 242 KPA im Forschungsprojekt von Richter et al. (2014a) nicht aufgenommen und konnten aufgrund der nicht vorhandenen Datenverfügbarkeit und des Umfangs im Rahmen der Dissertation auch nicht für alle 242 unfallbelasteten KPA nachgeholt werden. Für die knotenpunktfeine Analyse der 27 KPA mit mindestens drei Unfällen werden die in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Kriterien nacherhoben und ausgewertet. Diese Merkmale sind damit lediglich untereinander in der KP-feinen Analyse vergleichbar. Ein Vergleich mit KPA ohne Unfälle ist auch hier aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht durchführbar. Allgemeine Aussagen zu sicheren oder gefährlichen Gestaltungen können dadurch nicht ausgegeben werden, sind aber auch nicht Ziel der Arbeit. Die benötigten Datengrundlagen für die knotenpunktfeine Analyse fasst Tabelle 8 zusammen.

Tabelle 8: benötigte Datengrundlagen für die knotenpunktfeine Unfallanalyse

benötigte Daten aus Datengrundlage Unfalldaten	benötigte Daten aus Datengrundlage Infrastrukturmerkmale
- Filterung der Unfalldaten: KPA mit mindestens drei Unfällen (vgl. Kapitel 3.1.3)	- Erhebung und Auswertung neuer Infrastrukturmerkmale inkl. der Grenzwertbildung (vgl. Kapitel 3.2.2)

Im Rahmen der Arbeit wird nur auf die objektive Sicherheit eingegangen. Dies wird zudem nur anhand von Unfallanalysen durchgeführt, da eine Verhaltensbeobachtung aufgrund der seltenen Situation von zeitgleich aufeinandertreffenden Lkw und Radfahrenden nur schwer möglich ist. Dies zeigt bereits die Forschungsarbeit von Richter et al. (2014a), bei der diese Situation mittels Fahrversuchen simuliert hervorgerufen wurde. Ein Zustandekommen des zeitgleichen Aufeinandertreffens war jedoch nur in weniger als der Hälfte der durchgeführten Fälle gegeben, obwohl diese Situation im Simulator programmiert wurde.

3.4 Rahmenbedingungen zur Ermittlung der Sichtfelder

Inwiefern die eingeschränkte Sicht auf die Radverkehrsanlage aufgrund von lokalen Sichthindernissen Einfluss auf potentielle Konflikte hat, wurde bisher nur subjektiv angegeben. Deshalb wird im Rahmen der Arbeit eine Sichtanalyse durchgeführt. Gerade Lkw-Fahrende sind auf ihre indirekte Sicht durch die Spiegel angewiesen. Zusätzliche (infrastrukturelle) Sichteinschränkungen oder eine Schrägstellung des vorderen Fahrzeugteils (bei Fahrstreifenwechsel vor dem Abbiegen oder Halt im Knotenpunktinnenraum) können zu einer eingeschränkten Sicht auf die Radverkehrsanlage führen. Ziel ist, mit detaillierten Sichtanalysen der 27 KPA, die mindestens drei Unfälle aufweisen, festzustellen, ob die Sichtbehinderungen einen so starken Einfluss haben, dass sie unfallbegünstigend gewirkt haben können. Für diese Sichtanalysen werden vorerst Fahrtzustände ermittelt, die dann analysiert werden. Anschließend erfolgt die Erläuterung des Vorgehens der Sichtanalysen.

3.4.1 Ermittlung von Fahrtzuständen

Für die Abbildung der Sichtverhältnisse werden zunächst mögliche Positionen des Fahrzeugs ermittelt, für die die Sicht dargestellt werden soll. Kolrep-Rometsch et al. (2013) und Niewöhner und Berg (2004) wendeten bereits die Fahrtzustände der freien Durchfahrt und des Haltens an (vgl. Kapitel 2.5.1). Die Sicht ändert sich dabei jedoch nur, wenn das Fahrzeug eingelenkt wird. So ergeben sich für die Sicht der Lkw-Fahrenden zwei Fahrtzustände, die nachgebildet werden. Zum einen die Heranfahrt an den KP im geraden Zustand, sodass die Spiegel die jeweilige Radverkehrsanlage zeigen sollten. Zum anderen wird ein eingelenkter Zustand abgebildet, bei dem das Fahrerhaus bereits in einem Winkel steht, der Auflieger jedoch noch gerade ist. Hierbei könnte die Sicht in den Spiegeln auf den Fahrzeugauflieger, aber nicht auf die Radverkehrsanlage gegeben sein. Dies bildet einerseits die langsame Kurvenfahrt in engen Stadtbereichen und andererseits den Zustand ab, wenn der Lkw-Fahrende sich zum Abbiegen vorbereitet, jedoch noch den bevorrechtigten zu Fuß Gehenden und Radfahrenden (die sich aufgestellt haben) Vorfahrt gewährt. Zudem ist es auch ein Ausschnitt aus einer stetigen Kurvenfahrt – sozusagen ein „Standbild“. Diese beiden Fahrtzustände werden mit der Position des herannahenden Radverkehrs kombiniert. Dies begründet sich vor allem darin, dass Maßnahmen zu dem sich von hinten nähernden Radverkehr nur wenige bekannt sind.

Für den ersten Fahrtzustand (Heranführung an den KP) sind für die Sicht auf die vorhandene Radverkehrsanlage der seitliche Abstand zum Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes und mögliche weitere stationäre Sichtbehinderungen relevant. Zusätzlich ist die Länge der Heranführung des Radverkehrs eine wichtige Rahmenbedingung. Für den zweiten Fahrtzustand (Kurvenfahrt) sind die Schleppkurve und der Verlauf des Abbiegens interessant. Vor allem sind die Breite der KP-Ausfahrt und der Richtungsänderungswinkel von Bedeutung. Zusätzlich hat der seitliche Abstand zum Fahrbahnrand am KP einen Einfluss auf die Sicht der Radfahrenden.

3.4.2 Basisdaten für die Sichtanalysen

Je nach Fahrzeuggewicht und -aufbau ergeben sich verschiedene Sichtvorschriften, die in Kapitel 2.4 dargestellt sind. Aufgrund der Vielzahl von verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der Fahrzeuge ist es nicht zielführend, die Sichtanalysen für alle Fahrzeugvarianten durchzuführen. Da mit zunehmendem Fahrzeuggewicht oftmals schwerwiegendere Unfallfolgen entstehen, wird im Rahmen der Dissertation ein Sattelschlepper (vgl. Anlage 4) mit 16,5 m Länge und allen vorgeschriebenen Spiegeln (Außen-, Weitwinkel-, Nahbereichs- und Anfahrspiegel) verwendet. Fahrzeuge über 7,5 t weisen den klassischen Aufbau eines Lkw auf und haben die höchste Anzahl gesetzlich vorgeschriebener Spiegel (vgl. Abbildung 13). Zusätzlich gestaltet es sich einfacher, Sichtbereiche zu entfernen, falls diese aufgrund des Fahrzeugaufbaus nicht vorgeschrieben sind (z.B. Nahbereichs- und Anfahrspiegel bei Fahrzeugen unter 7,5 t). Demnach werden die Sichtanalysen anhand eines beispielhaften Sattelschleppers (Fahrerhaus mit Auflieger) dargestellt. Diese Auswahl kann zusätzlich darin bestärkt werden, da Cornelius und Todts (2016) den größtmöglichen toten Winkel bei typischen Langstrecken Lkw (beispielsweise Sattelschlepper mit Auflieger) angeben. Zwar ist der Bereich des toten Winkels noch abhängig vom Fahrzeugmodell, insgesamt sind solche Lkw aber durchweg mit dem höchsten Bereich des toten Winkels ausgestattet (gegenüber anderen N3-Nutzfahrzeugen sowie Baustellenfahrzeuge).

Da es bei der konkreten Sicht eines Lkw-Fahrenden viele verschiedene Bedingungen gibt (z.B. Größe des Fahrzeugs, Sitzposition) wird keine praktische, sondern eine theoretische Analyse der Sichtfelder in Zeichenprogrammen durchgeführt. Straßenentwurfsprogramme können zwar im Gegensatz zu Zeichenprogrammen genau die Schleppkurve und den Fahrverlauf aufzeigen; die Sicht aus den Spiegeln bleibt jedoch identisch. Für die ersten Analysen reicht somit ein Bild der Spiegelsicht bei ungefährem Fahrtzustand, weshalb hierfür das Zeichenprogramm CorelDRAW verwendet wird. Es werden hierfür Lageplandaten inklusive aller infrastrukturellen Gegebenheiten verwendet. Demnach erfolgt die Sichtanalyse zweidimensional mit Sicht von oben. Dabei wird auf die Situation vor Ort eingegangen, sodass mögliche seitliche Abstände wegen des ruhenden Verkehrs sowie lokale Sichtbehinderungen mitberücksichtigt werden. Die Einlenkung des vorderen Fahrzeugteils, an dem die Spiegel befestigt sind, erfolgt dann nicht nach berechneter Schleppkurve, sondern nach ungefährer Fahrlinie. Die Abweichungen, die daraus entstehen, werden als minimal betrachtet, da hier eine grobe Analyse der potentiell eingeschränkten Sicht ermittelt werden soll.

4 Unfallgeschehen rechtsabbiegender Lkw und geradeaus fahrender Radverkehr

Die amtliche Unfallstatistik enthält jene Unfälle, die polizeilich gemeldet werden. Beim Kraftfahrzeugverkehr wird vergleichsweise von einer relativ hohen Anzahl (ca. 50 %) an gemeldeten Unfällen ausgegangen (Hautzinger et al. 1993). Im Radverkehr hingegen werden viele Unfälle nicht polizeilich gemeldet. Speziell bei Alleinunfällen gehen Forschende von einer sehr hohen Anzahl nicht gemeldeter Unfälle aus. Die sogenannte Dunkelziffer oder das Underreporting wird durch (Below 2016, S. 20 f.) mit bis zu 98 % ermittelt. Diese hohe Zahl gilt vor allem bei Alleinunfällen von Radfahrenden (Below 2016, S. 72). Auch Alrutz et al. Alrutz et al. (1997, S. 131) gehen von einer hohen Dunkelziffer von bis zu 90 % im Radverkehr aus. Dies kann eine Verschiebung des tatsächlichen Unfallgeschehens zur Folge haben. Vor allem könnten die Unfälle mit Sachschäden und leichtverletzten Personen deutlich höher sein. Hinsichtlich der Unfallkonstellation mit Güterfahrzeugen und Radfahrenden werden keine speziellen Angaben gemacht. Hier kann aber aufgrund der höheren Verletzungsschwere (aufgrund des größeren Fahrzeuggewichtes) von einem deutlich geringeren Underreporting ausgegangen werden.

4.1 Besonderheiten und Problematiken des Unfallkollektivs

Unfälle mit rechtsabbiegendem Schwerverkehr und ungeschützten Verkehrsteilnehmenden stellen sich als besonders kritisch heraus. Dies ist zum einen durch die verdeckte Sicht aufgrund des Fahrzeugaufbaus und zum anderen durch die Größe und das Gewicht des Fahrzeugs zu begründen. Während Kraftfahrzeugführende noch den Schulterblick ausüben können und damit ihr Sichtfeld vergrößern, ist dies Güterkraftfahrzeugen nicht möglich – ein toter Winkel kann entstehen. Laut einer Studie der BASt sind ca. 63 % der Abbiegeunfälle mit Güterfahrzeugen und Radverkehr auf die Problematik des toten Winkels zurückzuführen (Schreck und Pöppel-Decker 2014, S. 240).[24] Werden nur die getöteten Personen betrachtet fällt auf, dass sogar 88 % der tote-Winkel-Problematik zugeordnet werden können (ebenda). Einerseits unterscheiden sich die Fahrlinien des Schwerverkehrs wegen der Schleppkurve deutlich von denen des Personenkraftwagens. Ein Ausscheren nach links könnte als Folge die falsche Einschätzung der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden nach sich ziehen (Niewöhner und Berg 2004, S. 35). Andererseits ist durch das hohe Gewicht des Fahrzeugs bei einem Zusammenstoß mit schweren Unfallfolgen zu rechnen, vor allem, wenn Personen vom Fahrzeug überrollt werden. Unfälle mit abbiegenden Güterkraftfahrzeugen und Radfahrenden stellen zwar vergleichsweise eher seltene Ereignisse dar, gehen aber häufig mit schweren Unfallfolgen aus. So sind lediglich ca. 10 % der Abbiegeunfälle mit Lkw-Beteiligung, jedoch 80 % von ihnen mit schwerer oder tödlicher Unfallfolge (Richter et al. 2014a, S. 35).

[24] Dies stellt jedoch auf Grundlage der Datenverfügbarkeit und der möglichen Überrepräsentation einzelner Bundesländer den maximalen Wert dar (Schreck und Pöppel-Decker 2014, S. 241).

Bezogen auf den Anteil von Unfällen mit Güterfahrzeugen mit mehr als 12 t geben Glaeser et al. (2006, S. 102) an, dass ca. 29 % der Unfälle innerorts Abbiegeunfälle sind. Etwa 11 % der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden weisen tödliche Unfallfolgen auf (Glaeser et al. 2006, S. 105). Das Rechtsabbiegen zählt wegen der Vielzahl an zeitgleich zu erledigenden Aufgaben zu einer der stressigsten Situationen für den Lkw-Fahrzeugführenden (BG Verkehr 2016, S. 39 f.). Zusätzlich werden die Unfälle in den Medien stärker verbreitet, als andere Unfallkonstellationen. Dadurch entsteht ein zum Teil erheblicher Repräsentationsverlust des Unternehmens. Hinzu kommt, dass auch die Fahrzeugführenden oftmals stark unter den Folgen schwerer Unfälle leiden, was zu einer erheblichen Ausfallrate des Fahrzeugführenden führt und mitunter einen wirtschaftlichen Schaden des Unternehmens verursacht (BG Verkehr 2016, S. 9).

Eine einheitliche Studie über die Anzahl und Schwere der bundesweiten Unfälle im Zusammenhang mit dem Gewicht des Schwerverkehrs existiert nicht. Aus einzelnen Forschungsarbeiten können jedoch einige Informationen zusammengetragen werden. Ein Exkurs der Betrachtung bundesweiter Daten bei Richter et al. (2014a, S. 37) gibt hinsichtlich des zulässigen Gesamtgewichtes der Güterkraftfahrzeuge an, dass 70 % der Unfälle von den eher leichten Fahrzeugen unter 7,5 t verursacht und nur 20 % eindeutig den schweren Lkw über 7,5 t zugeordnet werden.[25] Auch Schreck und Pöppel-Decker (2014, S. 241) geben einen ähnlichen Anteil von 62 % bei Beteiligung von Fahrzeugen unter 7,5 t an. Besonders die erhebliche Zunahme (nahezu das Doppelte) von Neuzulassungen der Fahrzeuggruppe Nutzfahrzeuge bis 3,5 t seit 1992 führt zu einem Anstieg der Unfallzahlen. Dies ergibt sich durch die Änderung der EU Richtlinie 70/156/EWG und 96/53/EG, welche die Geschwindigkeitsbegrenzung für Fahrzeuge mit 2,8 t zulässigem Gesamtgewicht auf Fahrzeuge bis 3,5 t zulässigem Gewicht anhob (Verband der Automobilindustrie e.V. 2012, S. 11). Mit 42 % stellen Kleintransporter von Handwerksbetrieben den größten Sektor Unfallverursachender dar (Verband der Automobilindustrie e.V. 2018, S. 33). Bei solchen Unfällen sind zu Fuß Gehende und Radfahrende mit etwa 30 % als zweithäufigster Unfallgegner beteiligt (Verband der Automobilindustrie e.V. 2018, S. 22). Hierbei stellen sich mit 29 % die Unfälle beim Abbiegen als häufigste heraus (Verband der Automobilindustrie e.V. 2012, S. 31).

Auch Richter et al. (2014a) versuchten auf Basis der verfügbaren Daten die Unfallschwere nach Fahrzeugart zu bestimmen. Zwar geben die dort genutzten Unfalldaten keine Gewichtsklassen der einzelnen Fahrzeuge her, es können aber Tendenzen bezüglich der Art des Fahrzeugs und des zugehörigen Gewichtes gegeben werden. Mit steigender Unfallschwere sinkt der Anteil der Fahrzeugart Lieferwagen und Lkw ohne Anhänger, die im Vergleich als eher leichte Güterfahrzeuge angesehen werden können. Der prozentuale Anteil der Lkw mit Anhänger und Sattelschlepper (vergleichsweise eher höheres Fahrzeuggewicht) hingegen steigt (Richter et al. 2014a). Während bei den Unfällen mit Leichtverletzten und Sachschaden ca. 83 % der Unfälle mit kleinen bzw. eher leichteren Lkw zu verzeichnen sind, sind bei Unfällen mit getöteten und schwerverletzten Personen nur etwas mehr als die Hälfte den vermutlich leichteren Lkw zuzuordnen (vgl. Abbildung 22). Somit kann bestätigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit, schwerste Verletzungen zu erleiden, mit zunehmenden Lkw-

[25] Die restlichen 10 % weisen ein unbekanntes Gewicht auf.

Gewicht und -Größe steigt. Ob dies wie in anderen Forschungen vermutet an den Überrollungen liegt, kann aus den Daten nicht ermittelt werden, ist aber anzunehmen.

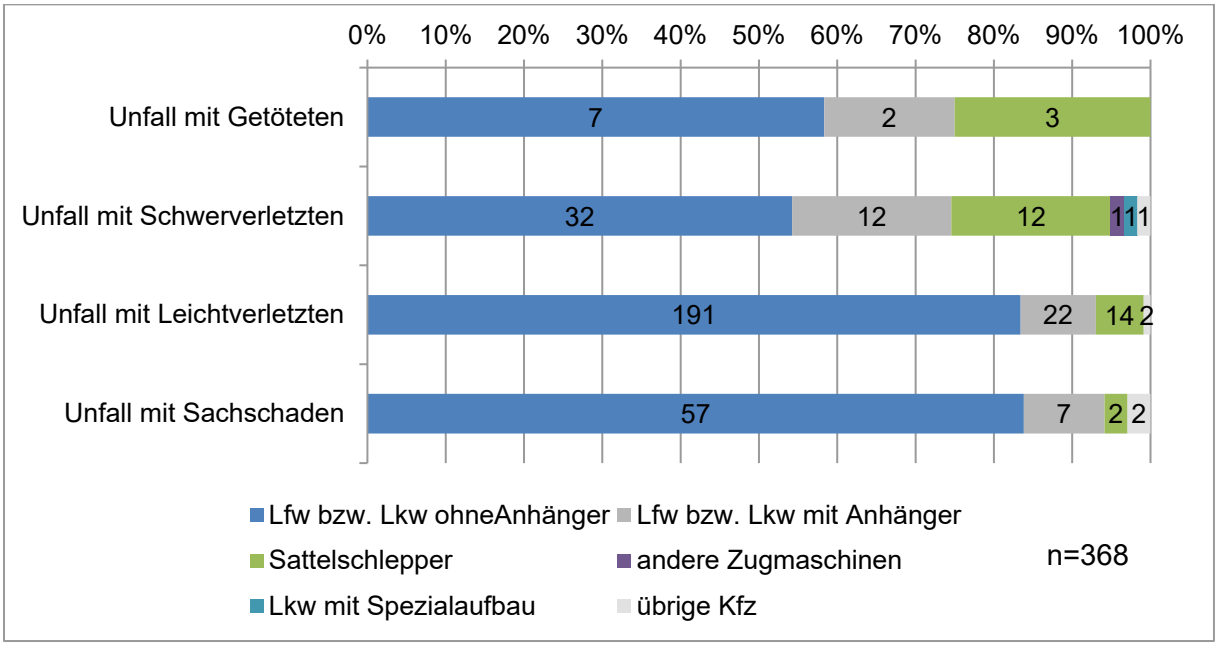


Abbildung 22: Unfallschwere nach unfallbeteiligtem Lkw-Fahrzeugtyp (2006 bis 2010)

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Richter et al. (2014a)

Tabelle 9 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Anzahl der unfallbeteiligten Lkw nach Gewicht. Dabei wird angenommen, dass die Lieferwagen (Lfw) bzw. Lkw ohne Anhänger eher leichte Fahrzeuge darstellen. Die Fahrzeugtypen Lfw bzw. Lkw mit Anhänger und Sattelschlepper werden zusammengefasst und sind eher den schweren Fahrzeugtypen zuzuordnen. In die Kategorie ‚sonstige Lkw' fallen die Fahrzeugarten andere Zugmaschinen, Lkw mit Spezialaufbau und übrige Kfz, die insgesamt einen sehr geringen Anteil an den Unfällen ausmachen. In welche Kategorie die von einigen Autoren mit einem Anteil an Unfällen von bis zu 50 % genannten Fahrzeuge der Baubranche gehören, lässt sich hier nicht ermitteln.

Tabelle 9: Anzahl der leichten und schweren Lkw am Unfallgeschehen

	leichte Lkw	schwere Lkw	sonstige Lkw	Unfälle gesamt
Unfall mit Sachschaden	57	9	2	68
Unfall mit Leichtverletzten	191	22	16	229
Unfall mit Schwerverletzten	32	24	3	59
Unfall mit Getöteten	7	5	0	12
Summe Anzahl Unfälle	287	74	7	368
prozentualer Anteil	78 %	20 %	2 %	100 %

Quelle: eigene Darstellung mit Zahlen aus Richter et al. (2014a)

4.2 Einordnung des Unfallgeschehens in das Gesamtunfallgeschehen in Berlin

In Berlin ereigneten sich von 2006 bis 2010 knapp 34.000 Rad- und Fußverkehrsunfälle mit Personenschäden und machen damit insgesamt 48 % aller Berliner Unfälle mit Personenschaden aus (Schreiber 2013, S. 4). Unfälle zwischen Kfz und Radfahrenden sind mit 56 % die häufigste und Unfälle zwischen Kfz und zu Fuß Gehenden mit 28 % die zweithäufigste Unfallkonstellation (Schreiber 2013, S. 4 f.). Unfälle zwischen Radfahrenden und zu Fuß Gehenden oder sogenannte Alleinunfälle machen nur einen sehr geringen Anteil der Unfälle aus. Diese werden hingegen meist nicht polizeilich gemeldet und haben einen hohen Dunkelzifferanteil.

Ungefähr 50 % der Unfälle bei Beteiligung mit Radfahrenden sind Abbiegeunfälle (ADFC Berlin e.V. o.J.c). Dabei sind etwa zwei Drittel der Unfälle auf Rechtsabbiegeunfälle und das restliche Drittel auf Linksabbiegeunfälle zurückzuführen. Letztere haben zwar eine durchschnittlich höhere Unfallschwere, was den höheren Geschwindigkeiten beim Linksabbiegen geschuldet ist (Schreiber et al. 2013, S. 8), diese werden aber durch den vermehrten Einsatz getrennter Phasen in der Signalisierung unterbunden.

Richter et al. (2014a) geben an, dass etwa jeder zehnte Abbiegeunfall mit Lkw-Beteiligung ist. Auch wenn auf das Gesamtunfallgeschehen gesehen eher wenig Unfälle zwischen abbiegenden Schwerverkehr und geradeaus fahrendem Radverkehr geschehen, enden diese zu 80 % mit Personenschaden (Richter et al. 2014a, S. 32). Abbildung 23 fasst die Entwicklung zusammen und verdeutlicht die Dringlichkeit, Gründe und Maßnahmenvorschläge zur Vermeidung von Rechtsabbiegeunfällen zu generieren.

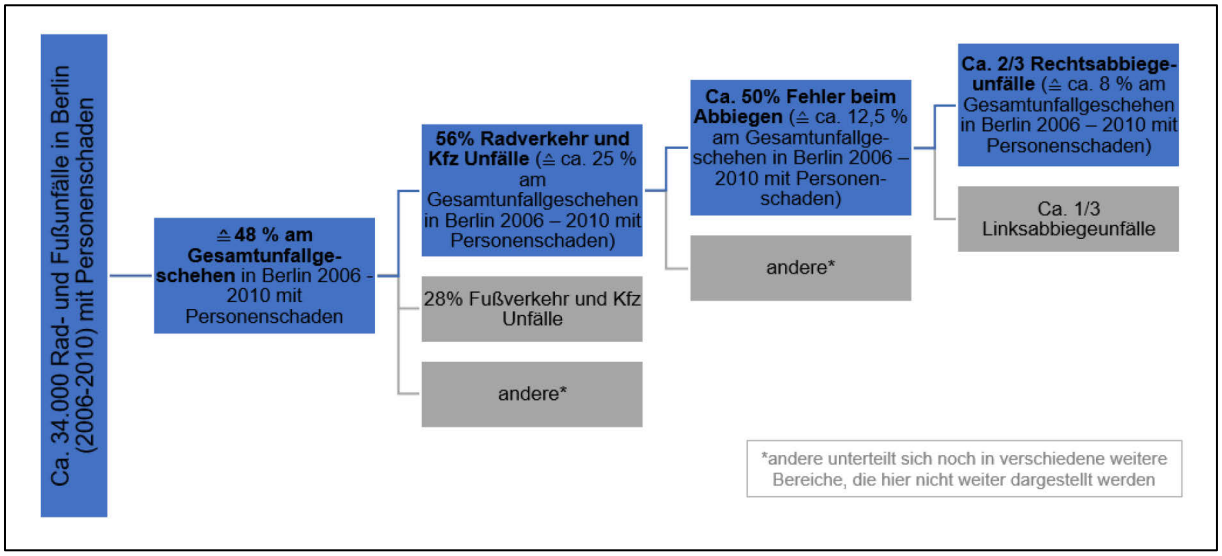


Abbildung 23: Einordnung Rechtsabbiegeunfälle mit Kfz und Radfahrenden in das Unfallgeschehen in Berlin (2006 bis 2010) bei Unfällen mit Personenschaden

Quelle: eigene Darstellung mit Zahlen nach ADFC Berlin e.V. (o.J.c); Schreiber (2013); Schreiber et al. (2013)

4.3 Überblick der Unfälle in Berlin 2006 bis 2017

Die Anzahl der in Berlin getöteten Radfahrenden liegt im Mittelwert über die Jahre 2006 bis 2017 betrachtet bei 11,25. In den letzten Jahren ist die Anzahl relativ konstant bei ca. neun bis zehn Radfahrenden pro Jahr – mit Ausnahme des Jahres 2016, in dem 17 Radfahrende ums Leben gekommen sind (ADFC Berlin e.V. o.J.b). Der prozentuale Anteil der Radfahrenden, die durch rechtsabbiegende Lkw getötet wurden, liegt dabei zwischen 17 % im Jahr 2008 und 50 % im Jahr 2010. Einen zusammenfassenden Überblick gibt Tabelle 10.

Tabelle 10: jährliche Anzahl getöteter Radfahrender in Berlin

Jahr	Anzahl polizeilich gemeldeter RV Unfälle	Anzahl getöteter Radfahrende	Anzahl getöteter Radfahrende durch rechtsabbiegenden Lkw	prozentualer Anteil der getöteten Radfahrenden durch Lkw
2006	6.504	10	2	20 %
2007	6.894	14	3	21 %
2008	7.672	12	2	17 %
2009	7.056	11	2	18 %
2010	6.182	6	3	50 %
2011	7.376	11	keine Angaben	-
2012	7.342	15	keine Angaben	-
2013	6.952	9	3	33 %
2014	7.699	10	2	20 %
2015	7.724	10	2	20 %
2016	7.495	17	6	35 %
2017	7.069	10	4	40 %
Mittelwert	7.164	11,25	2,9	27,4 %

Quelle: Der Polizeipräsident in Berlin (o.J.); ADFC Berlin e.V. (o.J.b)

Für die weiteren Analysen gehen die in Richter et al. (2014a) ausgewählten Daten (vgl. Kapitel 3.1.2) von 2006 bis 2010 mit ein. Für die 368 Unfälle liegen tabellarisch detaillierte Informationen vor, welche im Folgenden die Datenbasis bilden.

4.4 Mesoskopische Unfallanalyse der Unfälle in Berlin 2006 bis 2010

Eine umfangreiche makroskopische und mikroskopische Unfallanalyse dieser Daten wurde in Richter et al. (2014a) durchgeführt. Für den Übergang der beiden Analysen schlägt Bachmann (2006) vor, eine mesoskopische Analyse durchzuführen, welche unter anderem die Unfallursachen, die zeitliche und örtliche Verteilung der Unfälle sowie Angaben zu den Unfallbeteiligten (Alter und Geschlecht) beinhaltet (vgl. Kapitel 3.3.1).

4.4.1 Zeitliche und örtliche Betrachtung der Unfälle

In die Untersuchung fließen 368 Unfälle an 256 KPA mit ein (vgl. Kapitel 3.1.2). In den Jahren 2006 bis 2010 lassen sich erhebliche Schwankungen feststellen. Im Jahr 2008 wird mit 100 Unfällen der Höhepunkt erreicht, das Doppelte im Gegensatz zum Jahr 2006. Die Jahre 2007, 2009 und 2010 verteilen sich mit 82, 72 und 64 Unfällen in dem Bereich dazwischen. Eine Tendenz lässt sich hieraus nicht ableiten. Möglicherweise hat das Wetter einen erheblichen Einfluss. Das ist jedoch aus den Daten nicht ermittelbar.

Anhand des Monats der Unfälle lässt sich feststellen, dass etwa die Hälfte aller Unfälle in den Fahrradmonaten von April bis September stattfinden. Werden die Monate März und Oktober noch mit einbezogen, sind es sogar zwei Drittel. Ca. einem Viertel aller Unfälle sind keine Monate zugeordnet. Auf die Wintermonate entfallen somit nur ca. 8 % der Unfälle, was sich mit anderen Analysen deckt (u.a. Kolrep-Rometsch et al. 2013).

Knapp drei Viertel aller Unfälle sind innerhalb der Woche von Montag bis Freitag zugeordnet. Dies liegt vermutlich an dem geringen Lkw-Verkehr an Wochenenden. Insgesamt können fast 70 % der Unfälle den Zeiten von 6 Uhr bis 18 Uhr zugeordnet werden. Nur ein sehr geringer Teil von 7 % ist den abendlichen bzw. nächtlichen Zeiten von 18 Uhr bis 6 Uhr morgens zuzuordnen. Knapp einem Viertel der Unfälle kann wegen der fehlenden Angaben keine Zeit zugeordnet werden. Wie in der Literatur bereits ermittelt scheint auch hier, dass bei der Unfallkonstellation die Dunkelheit keine große Rolle spielt. In den Zeiten von 6 Uhr bis 10 Uhr (89 Unfälle = 24 %), 10 Uhr bis 14 Uhr (84 Unfälle = 23 %) und 14 Uhr bis 18 Uhr (82 Unfälle = 22 %) sind die Anzahl der Unfälle etwa gleichverteilt. Dies könnte auf die jeweiligen Verkehrsstärken im Tagesgang zurückgeführt werden. Während der Radverkehr zu morgendlichen und nachmittäglichen Stunden größere Verkehrsstärken hat, ist bei den Lkw-Fahrenden aufgrund der Anlieferung die Mittagszeit eine der Spitzenzeiten (vgl. Kapitel 2.2.2).

Die örtliche Verteilung der Unfälle ist in Abbildung 24 dargestellt. Darin ist eine leichte Konzentration auf den innerstädtischen Bereich zu erkennen. Hinsichtlich der Bezirke fällt auf, dass sich 18 % der Unfälle in den Bezirken innerhalb des S-Bahn-Ringes (Innenstadtbereich) ereignen. 52 % der Unfälle ereignen sich in Mischbezirken, die noch einen Anteil ihres Bezirks innerhalb des S-Bahn-Ringes haben, aber auch einen Teil in Randlage aufweisen. Davon sind je etwa die Hälfte im Innenstadtbereich und die Hälfte außerhalb zu verzeichnen. Etwa 30 % der Unfälle ereignen sich in Randbezirken. Insgesamt liegen somit 44% der Unfälle (und 42% der KP mit Unfällen) in dem Innenstadtbereich und 56% der Unfälle (58% der KP mit Unfällen) außerhalb (vgl. Anlage 18). Der Innenstadtbereich hat jedoch mit 88 qkm einen Anteil von etwa 10 % der Gesamtfläche von Berlin (ca. 892 qkm) (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz o.J.). Auf knapp 10 % der Fläche Berlins ereignen sich somit 44% der Unfälle. Inwiefern dies jedoch auch mit der möglicherweise höheren Anzahl an KP innerhalb des S-Bahn-Rings oder der höheren Verkehrsbelastung zusammenhängt, kann nicht ermittelt werden. Die meisten Unfälle geschehen in den Ortsteilen Prenzlauer Berg (n = 39 U) und Friedrichshain (n = 37 U), in denen auch ein hoher Radverkehrsanteil herrscht (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2013). Gefolgt werden diese von den Ortsteilen Kreuzberg (n = 28 U) und Reinickendorf (n = 29 U) (vgl. Anlage 19).

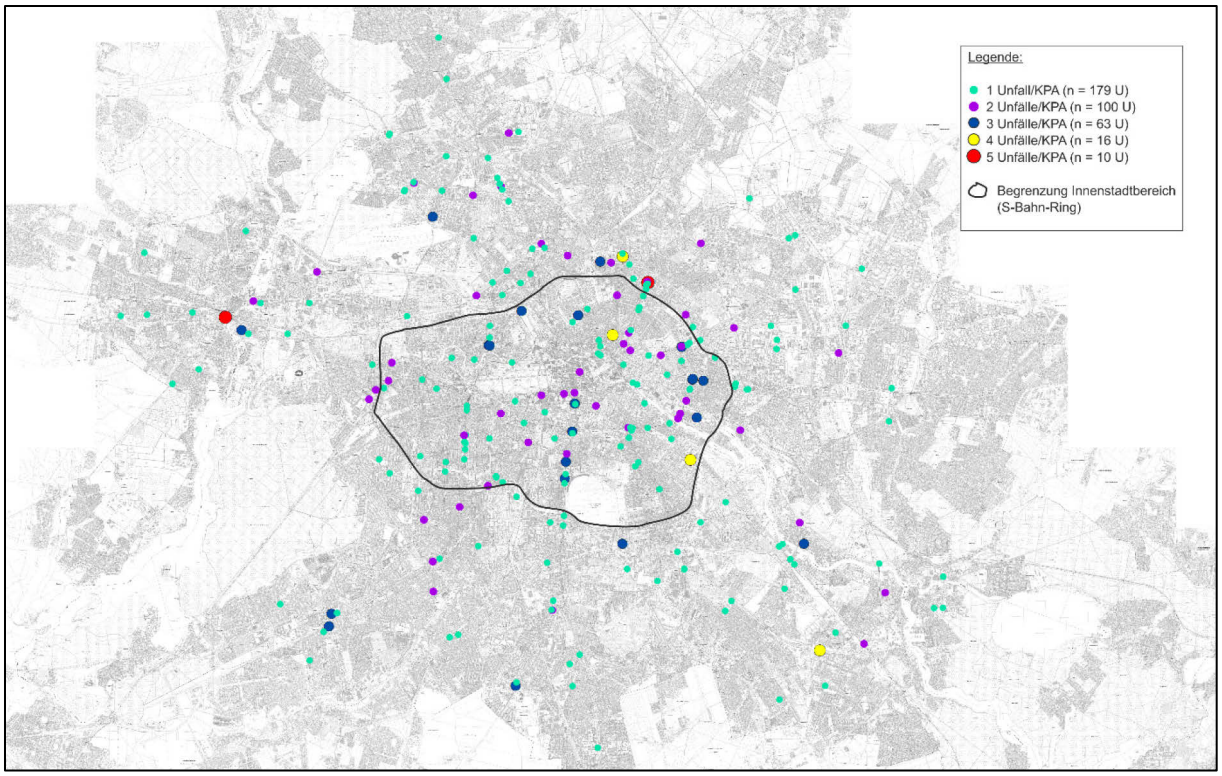


Abbildung 24: Verteilung der 368 Unfälle rechtabbiegender-Lkw und Radverkehr an 256 Knotenpunkten in Berlin

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Geoportal Berlin / Karte von Berlin 1:5000 K5 SW-Ausgabe (2018)

Deutlich zu erkennen ist in Abbildung 24, dass die Unfälle an vielen einzelnen KPA auftreten. Dabei wurden diese bei Richter et al. (2014a) bereits halbiert (vgl. Kapitel 3.1.2) und ausschließlich Einzelunfälle (KPA mit nur einem Unfall) entfernt. Die ganzheitliche Darstellung der örtlichen Verteilung aller Unfälle mit rechtsabbiegenden Lkw und geradeausfahrendem Radverkehr in fünf Jahren müsste demnach deutlich mehr unfallbelastete Einzelknotenpunkte.

In Berlin wird eine auf den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) basierende Grundlage der Straßenkategorien verwendet, jedoch müssen einige Anpassungen vorgenommen werden (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2017). Dabei erfolgt die feingliedrige Unterteilung der Hauptverkehrsstraßen (HVS) in Verbindungsfunktionsstufen (vgl. Anlage 17) nach dem Stadtentwicklungsplan Verkehr von Berlin (StEP). Für die ersten Analysen wird die Unterteilung in Hauptverkehrsstraßen (StEP I bis IV) und sonstige Straßen vorgenommen. 95 % der Unfälle (93 % der KPA) entstehen beim Abbiegevorgang von Hauptverkehrsstraßen und lediglich 5 % der Unfälle (7 % der KPA) vom Nebenstraßennetz ausgehend. Wenn Unfälle vom Nebenstraßennetz aus auftreten, so ereignet sich nur ein Unfall je KPA (vgl. Anlage 20). Alle KPA mit zwei oder mehr Unfällen liegen auf dem Hauptverkehrsstraßennetz. Wobei die Hauptbelastung des Lkw-Verkehrs sich eher auf diesem befindet (vgl. Anlage 21). An 52 % der KPA (55 % der Unfälle) biegt der Lkw Fahrende von einer HVS in eine HVS ab und an 41 % der KPA (40 % der Unfälle) biegt der Lkw-Fahrende von einer HVS ins Nebenstraßennetz ab. Demnach sind vor allem an HVS Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr zu verzeichnen. Anzumerken ist weiterhin, dass von den 154 Unfällen beim

Abbiegen in das Nebenstraßennetz ca. 30 % an Grundstückszufahrten (auch Parkplatzzufahrten) geschehen, wovon fast 60 % der Unfälle (n = 91) an KPA mit Sichtbehinderung stattfanden. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass etwa 95 % aller Unfälle auf Hauptverkehrsstraßen entstehen, welches Anlage 22 grafisch darstellt.

4.4.2 Alter und Geschlecht der beteiligten Personen

Aus diverser Literatur (vgl. Kapitel 2.5.4) ist bekannt, dass ältere Personen zwar nicht häufiger in Unfälle verwickelt sind, aber bei einem Unfall schwerere Verletzungen davontragen können. Häufiger verunfallen eher junge Radfahrende zwischen 15 und 34 Jahren. Geschlechterbezogen geben vor allem hinsichtlich der Fahrleistung einige Autoren keine Auffälligkeiten an. Andererseits wird bei Unfällen mit rechtsabbiegenden Lkw von einigen Autoren angegeben, dass häufiger radfahrende Frauen in Unfälle verwickelt seien. Diese Merkmale sollen anhand der vorliegenden Daten geprüft werden.

4.4.2.1 Alter und Geschlecht Lkw-Fahrender

Das mittlere Alter der Lkw-Fahrenden beträgt 41,5 Jahre (n = 260). In der Datenbank sind bei 108 Unfällen keine Altersangaben hinterlegt. Von den 108 Lkw-Fahrenden unbekannten Alters ist bei 31 Unfällen ein unerlaubtes Entfernen vom Unfallort (Flucht) festgehalten. Werden nur die Unfälle mit getöteten Radfahrenden betrachtet, ist das durchschnittliche Alter der Lkw-Fahrenden etwas höher und liegt bei 43,6 Jahren, wovon bei zwei Unfällen kein Alter bekannt ist. Auffälligkeiten lassen sich daraus nicht ableiten.

Das Geschlecht der Lkw-Fahrenden ist bei 105 Unfällen unbekannt. Elf Lkw-Fahrerinnen und 252 männliche Lkw-Fahrer sind in Unfälle verwickelt. Bei den Unfällen mit ausschließlich getöteten Radfahrenden hingegen sind zehn Unfälle mit männlichen Lkw-Fahrern und bei zwei Unfällen ist das Geschlecht unbekannt. Allgemein gibt es in den Unfalldaten hinsichtlich der personellen Merkmale der Lkw-Fahrenden keine Auffälligkeiten.

4.4.2.2 Alter und Geschlecht Radfahrender

Das Alter der Radfahrenden hat einen Einfluss auf das Unfallgeschehen. Während der Mittelwert des Alters aller Unfälle (n = 368) bei den Radfahrenden bei ca. 40 Jahren liegt, ist das mittlere Alter der getöteten Personen (n = 12) durchschnittlich 51 Jahre. Demnach könnte auch hier die Theorie von Below (2016) bestätigt werden, dass ältere Personen nicht unbedingt häufiger in einen Unfall geraten, wenn sie aber in einen verwickelt werden, gehen diese eher tödlich aus. Dies begründet sich vor allem in ihrer höheren Vulnerabilität. Da bei Unfällen zwischen Güterkraftfahrzeugen und Radfahrenden aufgrund des Kräfteungleichgewichtes und der häufigen Verletzungen von einem vergleichsweise geringen Underreporting ausgegangen wird, bestätigen sich die Angaben von Below (2016) zusätzlich.

Interessant ist weiterhin die Betrachtung des Geschlechtes der Radfahrenden. Bezogen auf alle 368 Unfälle ist bei 89 Unfällen das Geschlecht unbekannt. Die restlichen Unfälle verteilen sich auf 162 mit Radfahrerbeteiligung und 117 mit Radfahrerinnenbeteiligung. Ähnliche Verteilungen stellen Kolrep-Rometsch et al. (2013) fest, die jedoch bezogen auf die jährliche Fahrleistung keine Auffälligkeiten angeben. Werden jedoch nur die zwölf getöteten Personen betrachtet, ergibt sich ein unverhältnismäßiges Ergebnis.

Demnach sind neun von zwölf getöteten Personen weiblich und eine Person männlich. Bei zwei Getöteten ist das Geschlecht in den Unfalldaten nicht hinterlegt. Der Anteil von Frauen unter den getöteten Radfahrenden entspricht einem von 75 %. Zwar wird von einigen Autoren angegeben, dass Frauen bei Unfällen mit abbiegenden Lkw häufiger verunfallen, ein solch hoher Wert ist aber bisher nicht in Erscheinung getreten. Experten vermuteten bereits die annähernd gleichen Geschwindigkeiten von abbiegenden Lkw und Radfahrerinnen. Sowohl Alrutz et al. (2015b) als auch Pohle (2015) und Below (2016) geben in ihren Analysen nur Unterschiede nach Alter und Fahrradtyp an, Differenzierungen nach dem Geschlecht erfolgen nicht. Sidor (2014) stellt hingegen einen Unterschied auf freier Strecke von ca. 2 km/h fest. Männliche Radfahrer mit einem Alltagsrad fahren hier durchschnittlich 21,5 km/h während weibliche Radfahrerinnen mit gleichem Fahrradtyp 19,3 km/h fahren. Hayo (2015) gibt jedoch eine durchschnittliche Abbiegegeschwindigkeit Lkw-Fahrender von 11 km/h bis 15 km/h an, was diese These widerlegt. Ob die Annäherungsgeschwindigkeit gleich ist, kann jedoch weder anhand der vorhandenen Daten noch durch die Literaturangaben festgestellt werden. Ein weiterer Grund könnte die Nutzung von Radwegen bei Nichtbenutzungspflicht sein. Ob weibliche Radfahrende häufiger den Radweg als die Fahrbahn nutzen kann bislang nur vermutet werden. Die Literatur (u.a. Richter et al. 2018b) gibt keine Unterschiede der Radwegnutzung (mit und ohne Benutzungspflicht) zwischen den Geschlechtern an, weshalb diese These weder bestätigt noch widerlegt werden kann. Ein weiteres Problem könnte auch die Körpergröße darstellen. In Kapitel 2.4.2.1, Abbildung 14, ist der Bereich dargestellt, der rechts neben dem Fahrzeug nicht einsehbar ist. Dieser ist von den Parametern

- Sitzposition und Größe des Fahrenden,
- Fahrzeugaufbau inklusive Tiefe der Fensterscheiben sowie
- Körpergröße der Radfahrenden

abhängig. Ausgehend davon, dass Frauen eine kleinere Körpergröße haben, könnten sie sich häufiger im Sichtschatten des Lkw befinden.[26]

4.4.3 Unfallursachen

Da die Unfälle aufgrund des Unfallkollektives bereits auf solche mit Beteiligung von Lkw-Fahrenden und Radfahrenden und dem Unfalltyp Abbiegeunfall reduziert wurden, können nur noch bestimmte Unfallursachen auftreten. Aus den Unfalldaten kristallisieren sich neun Ursachen heraus, wobei einige lediglich den abbiegenden Schwerfahrzeugen oder den Radfahrenden und einige beiden Verkehrsteilnehmenden zugeordnet werden können. Eine Übersicht gibt Tabelle 11. Die Anzahl unterscheidet sich zu der Anzahl der Unfälle, da einem Unfall durchaus mehrere Unfallursachen zugeordnet werden können. Somit ergeben sich bei 368 Unfällen insgesamt 404 Unfallursachen.

[26] Laut Statistischem Bundesamt haben Frauen über alle Erwachsenenalter durchschnittlich eine Körpergröße von 1,65 m und Männer von 1,78 m (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2013a, 2013b).

Tabelle 11: Unfallursachen der 368 Unfälle in Berlin (2006 bis 2010)

Unfallursache	Erklärung Unfallursachen	Zuordnung	Anzahl
1	Alkohol (und andere berauschende Mittel)	beide	1
10	falsche FB /verbotsw. Benutzung Straßenteile	RV	27
13	nicht angepasste Geschwindigkeit	beide	1
14	Abstand (Auffahrer/seitlich)	Lkw	4
26	Fahrstreifenwechsel	Lkw	1
31	Nichtbeachtung Verkehrsregelung (LSA/VP)	beide	5
35	fehlerhaftes Abbiegen	Lkw	358
37	Einfahren in Fließverkehr	RV	3
46	Beleuchtungsvorschrift missachtet	RV	1
49	Andere Fehler beim Fahrzeugführer	beide	3
Summe Unfallursachen			**404**

Quelle: Unfallursachen-Katalog nach Polizei Berlin

Tabelle 11 zeigt eindeutig, dass das fehlerhafte Abbiegen die häufigste Unfallursache ist und andere Ursachen nur einen sehr geringen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben. Aus den Unfallursachen und der Zuordnung zu den beteiligten Personen lässt sich ableiten, wer der alleinige Unfallverursacher und wer der Hauptunfallverursacher eines Unfalls ist. Wird lediglich einem der beiden Verkehrsteilnehmenden (beteiligte Person 1) eine (oder mehrere) Unfallursache(n) zugeordnet, so ist dieser der alleinige Unfallverursacher. Wird der zweiten beteiligten Person ebenfalls eine (oder mehrere) Unfallursache(n) zugeordnet, so ist die erstgenannte die hauptunfallverursachende Person – nicht die alleinige unfallverursachende Person. Als Unfallverursacher (Bt 1) wird bei 358 Unfällen der Lkw-Fahrende (97 %) angegeben und bei lediglich 10 Unfällen (3 %) der Radfahrende. Bei 333 Unfällen (93 %) wird der Lkw-Fahrende als alleiniger Unfallverursacher und in 25 Fällen (7 %) als Hauptverursacher gewertet. Bei den 25 Fällen des hauptunfallverursachenden Lkw begehen Radfahrende in 21 Fällen (84 %) den Fehler, falsche Fahrbahnteile zu nutzen. Diese Einstufung obliegt dem Polizisten bei der Unfallaufnahme vor Ort.[27] Einen Überblick gibt Abbildung 25. Radfahrende sind bei sieben von zehn Unfällen die alleinigen Unfallverursacher (70 %), wovon diese bei vier Unfällen (57 %) das Rotlicht der LSA missachteten und bei drei Unfällen die falsche Fahrbahn nutzten. Bei den weiteren drei Unfällen wird auch dem Lkw-Fahrenden eine Ursache (fehlerhaftes Abbiegen) zugeordnet.

[27] Bei einem Unfall bspw. war der Radfahrende alkoholisiert, hat den Radweg in falscher Richtung befahren und zudem die Beleuchtungsvorschriften missachtet. Dennoch wurde dieser Unfall dem Lkw-Fahrenden als Hauptunfallverursacher zugesprochen.

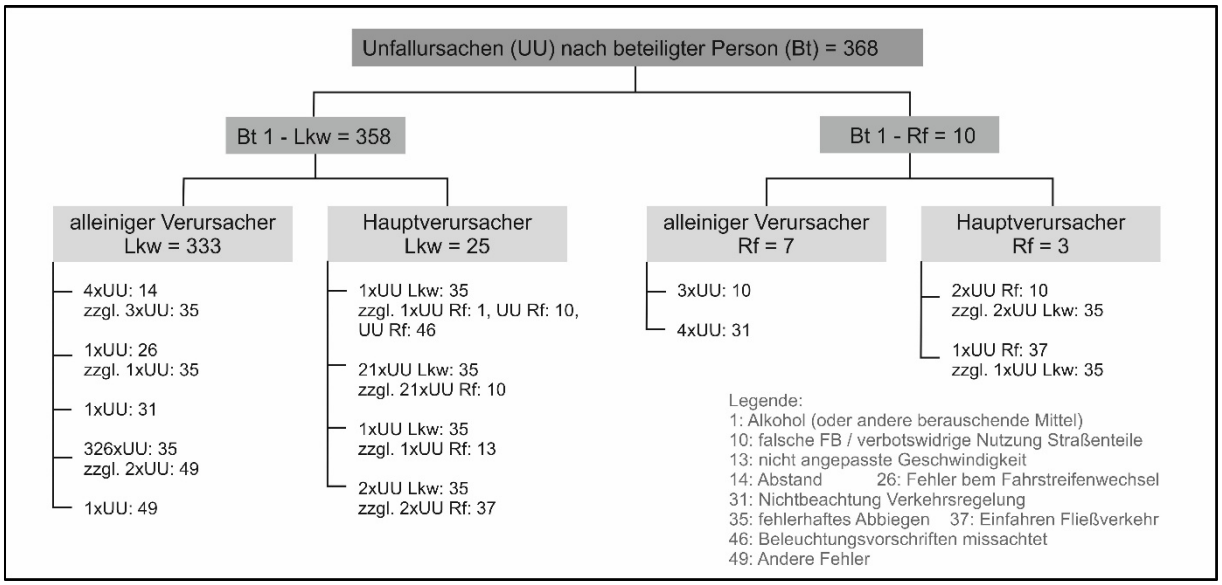


Abbildung 25: Unfallursachen nach beteiligter Person[28]

Unfallursachen stellen einen Regelverstoß von einem oder beiden Verkehrsteilnehmenden dar. Diese Regelverstöße werden nachfolgend detailliert betrachtet, wobei sie nach denen des Lkw- und Radfahrenden getrennt erfolgt.

4.4.3.1 Regelverstöße der Lkw-Fahrenden

Das fehlerhafte Abbiegen ist mit 358 Ursachen bei Unfällen deutlich am häufigsten vertreten. Andere Fehler wie das Einhalten des seitlichen Abstandes (vier Unfälle), der fehlerhafte Fahrstreifenwechsel (ein Unfall), das missachten der LSA (ein Unfall) sowie andere Fehler (drei Unfälle) machen nur einen verschwindend geringen Teil aus. Positiv zu bewerten ist, dass das Fahren unter Alkoholeinfluss oder anderen berauschenden Mitteln bei den Lkw-Fahrenden in diesem Unfallkollektiv keine Rolle spielt. Vielmehr scheint der Fahrzeugaufbau einen erheblichen Einfluss zu haben, weshalb es so häufig zur Unfallursache fehlerhaftes Abbiegen kommt. Andere Regelverstöße, als jene die als Unfallursachen vermerkt sind, lassen sich auf Basis der Daten nicht ermitteln. Genaue Angaben zum Fahrzeugzustand und zur -technik sind in den Unfalldaten nicht enthalten. Es kann somit nicht ermittelt werden, ob die jeweiligen Spiegel richtig eingestellt waren, ob Assistenzsysteme vorhanden und im Einsatz waren oder ob es zu anderweitigen Sichtverdeckungen (z.B. in der Fahrerkabine) kam.

In 16 % der Unfälle hat sich der Lkw-Fahrende unerlaubt vom Unfallort entfernt. Nicht enthalten ist, ob der Fahrzeugführende keinen Unfall bemerkt hat, oder ob dies absichtlich stattfand. Einige Autoren geben an, dass gerade mit schweren Lkw Unfälle oftmals unbemerkt bleiben, sogar wenn Überrollungen stattfinden. Erst durch Augenzeugen werden die Fahrzeugführenden mitunter darauf aufmerksam gemacht und kommen teilweise sehr viel später zum Stehen. Bei knapp 30 der 60 Unfälle mit Unfallflucht (von insgesamt 368) ist das Alter des Fahrzeugführenden bekannt, was darauf hindeutet, dass diese im Nachhinein aufgeklärt werden konnten.

[28] Definition der Unfallursachen siehe Tabelle 11.

4.4.3.2 Regelverstöße der Radfahrenden

Fehlverhalten der Radfahrenden können in diversen Bereichen liegen. Einige davon werden in den Unfalldaten als Ursachen angegeben, andere nicht. Die Polizei Berlin gibt hinsichtlich der Hauptunfallursachen bei Radfahrenden beispielsweise folgende Regelwidrigkeiten an (Der Polizeipräsident in Berlin 2016):

- falsches Verhalten gegenüber Fußgängern (entfällt aufgrund der Betrachtung anderer Unfallkonstellationen)
- Alkoholeinfluss
- nicht angepasste Geschwindigkeit
- Fehler beim Einfahren in den Fließverkehr
- Benutzung der falschen Fahrbahn.

Bei Unfällen dieses Unfallkollektivs scheinen weiterhin Fehlverhalten wie

- das Missachten einer rotlichtzeigenden LSA oder
- das Fahren in entgegengesetzter Richtung

denkbar. Die Fehlverhalten Alkoholeinfluss (ein Unfall), nicht angepasste Geschwindigkeit (ein Unfall) und Fehler beim Einfahren in den Fließverkehr (drei Unfälle) haben einen so geringen Anteil, dass sie nicht weiter betrachtet werden. Somit lassen sich die drei Fehlverhalten Benutzung der falschen Fahrbahn, Fahren in entgegengesetzter Richtung und Missachten der LSA als bedeutend herauskristallisieren. Wobei das Missachten der rotlichtzeigenden LSA keine Auffälligkeiten aufzuweisen scheint. Aus den Unfalldaten lassen sich lediglich vier der 368 Unfälle ermitteln, in denen der Radfahrende das Rotlicht missachtet hat. Die Unfallfolgen sind bei allen vier Unfällen der Kategorie 3 – Unfall mit Leichtverletzten – zuzuordnen. Deutlich häufiger kommt das Fehlverhalten der Benutzung von falschen Straßenteilen vor (27 Unfälle; vgl. Tabelle 11), welches sich in die Benutzung der falschen Fahrbahn (18 Unfälle) und das Fahren in entgegengesetzter Richtung (14 Unfälle) unterteilen lässt, wobei auch beide Fehlverhalten zusammen auftreten können (fünf Unfälle). Dabei war einem Radfahrer jedoch das Fahren in entgegengesetzter Richtung theoretisch erlaubt, da er sich auf einem Zweirichtungsradweg befunden hat. Anhand der Unfallskizzen und der Verortung können in den Daten weitere Fehlverhalten seitens der Radfahrenden festgestellt werden.[29] Sie wurden seitens der Polizei jedoch nicht als Fehlverhalten eingestuft. Bei zwei der 21 Unfälle liegt aufgrund des Alters des Radfahrenden (Kinder unter zehn Jahren) kein Fehlverhalten (Fahren auf dem Gehweg und in entgegengesetzter Richtung erlaubt) zugrunde, dies stimmt mit den tabellarischen Unfalldaten überein. Bei den restlichen 19 Unfällen wird ein Fehlverhalten anhand der Unfallskizze vermutet (regelwidriges Befahren der Fußgängerfurt). Werden diese 19 Fehlverhalten hinzugefügt, der eine Unfall auf dem Zwei-Richtungs-Radweg und die beiden Unfälle mit den Kindern entfernt, sind insgesamt 45 Unfälle mit Fehlverhalten der Radfahrenden hinsichtlich der Flächennutzung zu verzeichnen. Dies macht einen Anteil am Gesamtunfallgeschehen von 12 % aus. Den 45 Unfällen werden insgesamt 50 Fehlverhalten

[29] Hierbei kann es aber durchaus zu Ungenauigkeiten in der Verortung kommen.

zugewiesen, da fünf Unfällen zwei Regelverstöße zugeordnet werden (fahren in entgegengesetzter Richtung über die Fußverkehrsfurt).

Die Ergebnisse aus der Literatur, dass die Anzahl der in entgegengesetzter Richtung fahrenden Radfahrer steigt, wenn diesem keine eigene Radverkehrsanlage zur Verfügung steht (Führung im Mischverkehr), kann hier nur bedingt bestätigt werden, was aber durchaus an dem sehr kleinen Unfallkollektiv liegen kann. Kolrep-Rometsch et al. (2013) ermittelten beispielsweise einen prozentualen Anteil von bis zu 44 % der regelwidrigen Gehwegnutzung bei Führungen ohne Radverkehrsanlage (Mischverkehr). Hier sind es lediglich 18 % bei regelwidriger Gehwegnutzung im Mischverkehr (vier Unfälle). Eine Möglichkeit könnte – entgegen der Aussagen von Alrutz et al. (2009) – sein, dass sich Radfahrende bei der falschen Flächennutzung keiner Regelwidrigkeit bewusst sind oder zumindest nicht um die erhöhte Unfallgefahr wissen. Dies würde den vergleichsweise hohen Anteil schwerer Unfälle erklären (bis zu einem Drittel der Unfälle sind mit Getöteten oder Schwerverletzten; vgl. Abbildung 26). Bei anderen regelwidrigen Verhalten der Radfahrenden, wie das Fahren in falscher Richtung oder das Missachten der rotlichtzeigenden LSA, sind verhältnismäßig geringe Unfallfolgen zu verzeichnen. Dies liegt vermutlich an dem vorsichtigeren Verhalten seitens der Radfahrenden, die sich der Missachtung der Regeln bewusst sind und ggf. an der besseren Sicht für Lkw-Fahrende, wenn der Radfahrende in entgegengesetzter Richtung fährt.

Hinsichtlich der Fahrtrichtung lässt sich feststellen, dass 3,4 % der verunfallten Radfahrenden die Furt regelwidrig in entgegengesetzter Richtung (13 von 368 Unfällen) befuhren. Dies ist im Vergleich zu bisherigen Forschungen eher gering. Schnüll et al. (1992) beispielsweise ermittelten einen Linksfahreranteil von 10 % bis 20 % an Hauptverkehrsstraßen und bei Kolrep-Rometsch et al. (2013) werden sogar bis zu 29 % (an KP ohne Radverkehrsanlage – im Mischverkehr) an KP mit Unfällen festgestellt. Der starke Unterschied zwischen Kfz und Lkw kann unter anderem daran liegen, dass Lkw-Fahrende generell eher vorsichtig abbiegen und auch aufgrund der Größe, des Fahrzeugschwerpunktes sowie der vergleichsweise großen Schleppkurve mit geringeren Geschwindigkeiten abbiegen, als Pkw-Fahrende. Des Weiteren rechnen sie in Städten mit von vorne kommenden Fußgängern, weshalb die in entgegengesetzter Richtung fahrenden Radfahrer besser wahrgenommen werden könnten. Diese befinden sich zusätzlich im direkten Sichtfeld des Lkw-Fahrenden und suchen möglicherweise mehr den Blickkontakt zu den Fahrzeugführenden, da sie sich der höheren Gefahr bewusst sind.

Im weiteren Verlauf der Arbeit reduziert sich die Anzahl der betrachteten Unfälle (353) an KPA (242) weiter, da Unfälle, bei denen die Radfahrenden regelwidrig (oder auch aufgrund des Alters regelkonform) in falscher Richtung fuhren, entfernt werden (vgl. Kapitel 3.1.2). Dies begründet sich damit, dass im Rahmen der vorliegenden Dissertation die typische Situation des toten Winkels (Radfahrende fahren in gleicher Richtung wie sich annähernde, rechtsabbiegende Lkws) betrachtet wird, was beim Fahren in entgegengesetzter Richtung nicht der Fall ist. Dies deckt sich mit den Angaben aus der Literatur. Hayo (2015, S. 39) kommt zu der Erkenntnis, dass 91 % der Unfälle an KP stattfinden. Hierbei ist mit 85 % am häufigsten der Konflikt vertreten, in dem beide Beteiligten in der Annäherung in selber Fahrtrichtung fuhren. Offenbar werden die in falscher Richtung

fahrenden Personen vom Lkw gut gesehen, da hier eine direkte Sichtbeziehung besteht (ebenda).

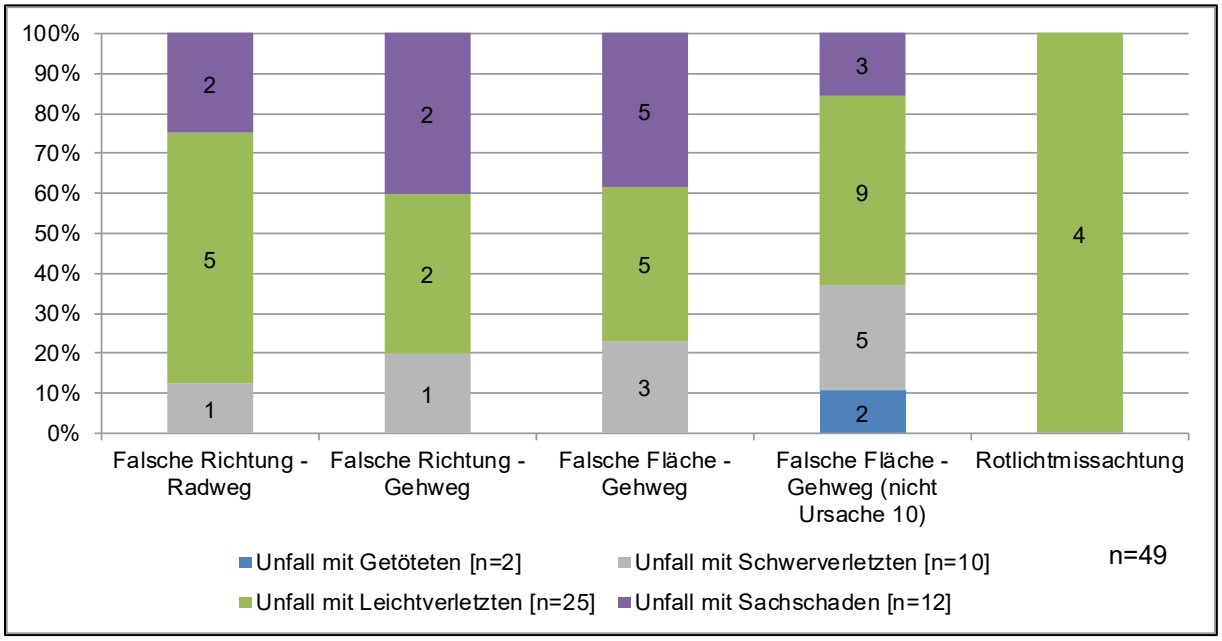


Abbildung 26: Fehlverhalten der Radfahrenden nach Unfallschwere

Weitere Fehlverhalten der Radfahrenden wie das Nutzen von mobilen Endgeräten, Musik hören unter anderem sind in den Daten nicht enthalten. Zusammenfassend sind prozentual im Gegensatz zu anderen Angaben aus der Literatur geringe Regelverstöße seitens der Radfahrenden festzustellen.

4.5 Detaillierte Unfallanalyse in Berlin 2006 bis 2010

Die detaillierte Unfallanalyse beinhaltet einen Vergleich zwischen allen ausgewählten Unfällen und jenen mit ein bis zwei sowie mindestens drei Unfällen je KPA. Um einen Vergleich zwischen den KPA mit allen Unfällen, jenen mit ein bis zwei Unfällen und KPA mit mindestens drei Unfällen herzustellen zu können, wird mit prozentualen Anteilen gearbeitet. Signifikanztests sind hierfür nicht möglich, weil grundlegend zu einem Merkmal nur eine Ausprägung vorliegt. So existiert nur die Anzahl der Unfälle und nicht die Anzahl der „Nicht-Unfälle“. Eine Gesamtanzahl an KPA (signalisiert und unsignalisiert) liegt der Stadt Berlin nicht vor, weshalb es zu dem Merkmal „KPA“ keine zwei Ausprägungen (mit und ohne Unfall) gibt.

Im Rahmen der detaillierten Analyse können aber die beiden Merkmalsausprägungen „mindestens drei Unfälle“ und „KPA mit ein oder zwei Unfällen“ herangezogen und mit jenen Werten aller unfallbelasteter KPA verglichen werden. Dabei können nur Merkmals-ausprägungen analysiert werden, die für alle 242 unfallbelasteten KPA vorliegen. Hierzu zählen alle von Richter et al. (2014a) ausgewerteten Merkmalsausprägungen der 242 KPA, die für die nachfolgenden Analysen herangezogen werden:

- Furtausführung (ohne Furt, mit Furt: strichmarkiert, rot eingefärbt, Aufpflasterung)
- Furtabsetzung (Fahrbahnführung, Furtabsetzung: 0 m bis 2 m, 2 m bis 4 m und > 4 m)

- Sichtbehinderung (ohne Sichtbehinderung, mit Sichtbehinderung)
- Vorhandensein von LSA (ohne LSA, mit LSA)
    - Gelbblinklicht (ohne Gelbblinklicht, mit Gelbblinklicht)
    - Haltlinienabstand zwischen Kfz und Rad (ohne Haltlinie (HL) bzw. hinter Kfz HL, mit Haltlinie – Abstand: 0 m bis 2,9 m, 3 m bis 4,9 m, ≥ 5 m)
    - Signalgebernutzung für den Radverkehr (Kfz-Signal, Rad-Signal)
        - Blockschaltung Rad- und Fußsignal (ohne Blockschaltung, mit Blockschaltung)
        - Zeitvorsprung RV gegenüber Kfz (ohne Zeitvorsprung, Zeitvorsprung mind. 1 s).

Weiterhin werden die von Richter et al. (2014a) zwar erhobenen, aber nicht kategorisierten und nicht ausgewerteten Merkmalsausprägungen mit in die Betrachtung einbezogen. Eine nachträgliche Auswertung bei allen KPA mit Unfällen, KPA mit mindestens ein bis zwei Unfällen und KPA mit mindestens drei Unfällen erfolgt wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben für folgende Kriterien:

- zulässige Höchstgeschwindigkeit (≤ 30 km/h und 50 km/h),
- Kfz-Fahrstreifen (Mischfahrstreifen, separater Rechtsabbiegefahrstreifen) und
- Heranführung der RVA an den KP (keine Heranführung: Fahrbahnführung, Furtabsetzung ≤ 0,5 m oder > 0,5 m; mit Heranführung: Heranführung < 10 m, 10 m bis 20 m oder > 20 m).

Da die beiden genannten Merkmale zulässige Höchstgeschwindigkeit und Kfz-Fahrstreifen nur zwei Merkmalsausprägungen annehmen können, sind diese zusammenfassend in Tabelle 14 dargestellt. Zudem ist speziell bei der Ausbildung des Kfz-Fahrstreifens eine Abhängigkeit zur Verkehrsstärke wahrscheinlich. Kausalzusammenhänge können jedoch entweder aufgrund fehlender Daten oder wegen der sehr geringen Anzahl an zu erwartenden KP je Kategorie nicht sinnvoll gebildet werden. Für die Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand erfolgt zunächst eine detailliertere Auswertung.

4.5.1 Auswertung der Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand

Anhand der Daten [30] ergibt sich, dass 165 KPA mit 234 Unfällen keine Verschwenkung[31], 70 KPA mit 109 Unfällen eine Verschwenkung nach links zum Fahrbahnrand und sieben KPA mit zehn Unfällen eine Verschwenkung nach rechts (weg vom Fahrbahnrand) aufweisen. Dies ist einerseits begründbar in der Führungsform, da bei Führung auf der Fahrbahn (Mischverkehr – 31 KPA mit 36 Unfällen, Radfahr- und Schutzstreifen – 17 KPA mit 24 Unfällen) keine Heranführung an den Fahrbahnrand stattfinden muss. Gleiches gilt für Radwege, die bereits nur 0,5 m abgesetzt sind (26 KPA mit 37 Unfällen). An KPA hingegen, bei denen die Radverkehrsfurt mehr als 0,5 m abgesetzt ist, sollte der Radverkehr im Vorfeld an den KP in das Sichtfeld herangeführt werden (obwohl die

[30] Wie bereits erwähnt von Richter et al. (2014a) erhoben, aber nicht ausgewertet.

[31] Richter et al. (2014a) nutzten den Begriff Verschwenkung der RVA, welcher gleichzusetzen ist mit Heranführung. Durch den Begriff Verschwenkung konnte jedoch auch ermittelt werden, ob der Radweg nach rechts, also weg vom Fahrbahnrand geleitet wird.

Angaben in den Richtlinien hierzu nicht eindeutig sind). Bei 98 KPA mit 147 Unfällen ist das nicht der Fall (vgl. Tabelle 12). Hier könnten alleine aufgrund der Gegebenheiten (Raum zwischen Fahrbahn und Radverkehrsanlage) potentiell Sichtbehinderungen herrschen, welches unter Umständen unfallbegünstigend wirken könnte.

Tabelle 12: KPA mit Unfällen ohne Heranführung des Radverkehrs

rechts/nicht verschwenkt	Misch-verkehr	Radfahr- u. Schutzstreifen	Radweg bis 0,5 m Absetzung	Radweg über 0,5 m Absetzung	Σ
Anzahl Unfälle	36	24	37	147	244
Anzahl KPA	31	17	26	98	172

Bei den verbliebenen 70 KPA mit 109 Unfällen, bei denen eine Heranführung festzustellen ist, sind vier KPA mit zehn Unfällen mit einer Heranführung von über 20 m ausgestattet, wobei die Furtabsetzung bei allen weniger als 0,5 m beträgt. Weitere 13 KPA mit 25 Unfällen weisen eine Heranführung von 10 m bis 19,99 m auf. Hierbei ist besonders auffällig, dass davon sechs KPA mit neun Unfällen eine Furtabsetzung von maximal 0,5 m und sieben KPA mit 16 Unfällen eine Furtabsetzung mit mehr als 0,5 m aufweisen. Die Mehrzahl der untersuchten KPA hat eine Heranführung bis maximal 10 m: 53 KPA mit 74 Unfällen (vgl. Tabelle 13). Diese verteilen sich etwa zur Hälfte auf jene mit einer Furtabsetzung bis 0,5 m (35 U an 25 KPA) und auf jene mit einer Furtabsetzung ab 0,5 m (39 U an 28 KPA).

Tabelle 13: KPA und Unfälle mit Heranführung des Radverkehrs

links verschwenkt	Heranführung > 20 m	Heranführung 10,0 - 19,9 m	Heranführung 0 - 9,9 m	Σ
Anzahl Unfälle	10	25	74	109
Anzahl KPA	4	13	53	70

4.5.2 Auswertung der Merkmalsausprägungen

Es erfolgt aufbauend die Auswertung der vorhandenen Merkmalsausprägungen. Dabei werden, wie bereits erwähnt, KPA mit Unfällen und jene mit ein bis zwei sowie mindestens drei Unfällen verglichen. Die unterschiedlichen prozentualen Verteilungen sind in Tabelle 14 ersichtlich, wobei die Merkmalsausprägungen zusammengefasst werden, damit statistische Abhängigkeiten mit dem Fisher´s Test geprüft werden können.[32] Bei fehlender Heranführung wird in Absetzungen der RVA bis 0,5 m und ab 0,5 m sowie bei vorhandener Heranführung bis 10 m und ab 10 m Länge der Heranführung unterteilt. Die Furtabsetzung wird in Bereiche bis 0,5 m und ab 0,5 m und die Abstände der Haltlinie in jene unter dem Mindestmaß bis 3 m und ab 3 m zusammengefasst. Die Furtgestaltung lässt sich nicht in sinnvolle Kategorien unterteilen, weshalb hierauf verzichtet wird.

[32] Aufgrund der tendenziell geringen Fallzahlen ist dieser besser geeignet als der Chi-Quadrat-Test.

Tabelle 14: Vergleich der prozentualen Verteilung von Merkmalsausprägungen aller unfallbelasteter KPA

Merkmal	Merkmals-ausprägung	KPA mit Un-fällen (Gesamt)*	KPA mit 1 – 2 Unfällen	KPA mit ≥ 3 Unfällen
Zulässige Höchst-geschwindigkeit	≤ 30 km/h	12/242	12/12 ≙ 100 %	0/12 ≙ 0 %
	50 km/h	230/242	203/230 ≙ 88 %	27/203 ≙ 12 %
Kfz-Fahrstreifen	Mischfahrstreifen	205/242	185/205 ≙ 90 %	20/205 ≙ 10 %
	Rechtsabbiege-fahrstreifen	37/242	30/37 ≙ 81 %	7/37 ≙ 19 %
Heranführung RVA	ohne: ≤ 0,5 m	74/242	71/74 ≙ 96 %	3/74 ≙ 4 %
	ohne: > 0,5 m	98/242	87/98 ≙ 89 %	11/98 ≙ 11 %
	mit: < 10,0 m	53/242	47/53 ≙ 89 %	6/53 ≙ 11 %
	mit: ≥ 10 m	17/242	10/17 ≙ 59 %	7/17 ≙ 41 %
Furtausführung*	ohne	30/242	29/30 ≙ 97 %	1/30 ≙ 3 %
	Strichmarkierung	123/242	108/123 ≙ 88 %	15/123 ≙ 12 %
	rote Einfärbung	50/242	42/50 ≙ 84 %	8/50 ≙ 16 %
	Aufpflasterung	39/242	36/39 ≙ 92 %	3/39 ≙ 8 %
Furtabsetzung*	≤ 0,5 m	111/242	101/111 ≙ 91 %	10/111 ≙ 9 %
	> 0,5 m	131/242	114/131 ≙ 87 %	17/131 ≙ 13 %
Sicht-behinderung*	ohne	142/242	135/142 ≙ 95 %	7/142 ≙ 5 %
	mit	100/242	80/100 ≙ 80 %	20/100 ≙ 20 %
LSA*	ohne	74/242	69/74 ≙ 93 %	5/74 ≙ 7 %
	mit	168/242	146/168 ≙ 87 %	22/168 ≙ 13 %
KP mit LSA Gelbblinklicht*	ohne	155/168	137/155 ≙ 88 %	18/155 ≙ 12 %
	mit	13/168	9/13 ≙ 69 %	4/13 ≙ 31 %
KP mit LSA Halt-linienabstand*	ohne bzw. < 3 m	143/168	125/143 ≙ 87 %	18/143 ≙ 13 %
	≥ 3,0 m	25/168	21/25 ≙ 84 %	4/25 ≙ 16 %
KP mit LSA Signalgeber*	Kfz-Signal	69/167[33]	62/69 ≙ 90 %	7/69 ≙ 10 %
	Rad-Signal	98/167	83/98 ≙ 85 %	15/98 ≙ 15 %
KP mit LSA Blockschaltung*	ohne	83/97	68/83 ≙ 82 %	15/83 ≙ 18 %
	mit	14/97[34]	14/14 ≙ 100 %	0/14 ≙ 0 %
KP mit LSA Zeitvorsprung*	ohne	13/97	11/13 ≙ 85 %	2/13 ≙ 15 %
	mit: ≥ 1 s	84/97	71/84 ≙ 85 %	13/84 ≙ 15 %
Legende Farbgebung:	Abweichung < 5 %	Abweichung 5 - 9,5 %	Abweichung 10 - 14,5 %	Abweichung ≥ 15 %
*** Daten aus (Richter et al. 2014a) für die Spalte „KPA mit Unfällen (Gesamt)“**				

[33] Ohne einen KPA der Signalgeberzuordnung „unklar“.

[34] Ohne einen KPA mit zwei Unfällen „unklar“ und ohne einen KPA mit einem Unfall getrennte Signalisierung.

Die Abweichungen in Tabelle 14 sind im Vergleich zur gegensätzlichen Merkmalsausprägung farblich gekennzeichnet, sodass ermittelt werden kann, ob der Anteil der Merkmalsausprägung bei KPA mit mindestens drei Unfällen höher ist, als bei der vergleichenden Merkmalsausprägung. Inwiefern multikausale Zusammenhänge mehrerer Merkmalsausprägungen bestehen, kann im Rahmen der Dissertation aufgrund der eher geringen Daten nicht ermittelt werden.

Aus der Tabelle 14 ergibt sich, dass die Merkmale „Furtabsetzung“, „Haltlinienabstand“ und „Zeitvorsprung“ keine Unterschiede zwischen den KPA mit ein bis zwei Unfällen und jenen mit mindestens drei Unfällen aufweisen. Somit sind die Anteile an KPA mit mindestens drei Unfällen in den genannten Kategorien unauffällig. Durch prozentual geringe Abweichungen sind in weiteren Bereichen keine Unterschiede feststellbar. Hierzu zählen die Merkmale „Ausbildung des Kfz-Fahrstreifens“, „ohne Heranführung der RVA“, „Vorhandensein von LSA“ sowie „Nutzung der Signalgeber“. Eine etwas höhere Auffälligkeit lässt sich dem Merkmal „zulässige Höchstgeschwindigkeit“ zuordnen. Dieses lässt sich jedoch vor allem durch die Hauptverkehrsstraßen erklären, an denen häufig Tempo 50 zugelassen ist. Die KPA mit mindestens drei Unfällen sind alle an HVS zu verzeichnen, während einige wenige an KPA mit einem Unfall auch an sonstigen Straßen festzustellen sind (vgl. Kapitel 4.4.1).

Im Rahmen der auffälligen Merkmale, die einen prozentualen Unterschied ab 15 % ausmachen, werden Signifikanztests mittels Fisher´s exaktem Test durchgeführt (Langsrud 2019). Bei diesem statistischen Test wird die Unabhängigkeit zweier Merkmale aus einer Stichprobe geprüft (ebenda). Hierbei werden Hypothesen mit einer Wahrscheinlichkeit p über eine Stichprobe bestätigt oder widerlegt (Walser 2011, S. 208). Dies betrifft die Merkmale „mit Heranführung der RVA“, „Sichtbehinderung“, „Gelbblinklicht“ sowie „Blockschaltung“. Die Merkmalsausprägung „mit Heranführung der RVA“ weist eine hohe Abweichung auf. Bei dem zweiseitigen Fisher´s Test sind Signifikanzen hinsichtlich der Heranführung mit einem Signifikanzniveau von 5 % festzustellen (vgl. Anlage 23). Dieses lässt sich jedoch nicht unbedingt auf die Heranführung an sich zurückführen. Hierfür müsste noch der seitliche Abstand mit einbezogen werden (kleiner oder größer 0,5 m), damit die Aussagen belastbar wären. Multivariable Zusammenhänge sind jedoch aufgrund des geringen Datensatzes nicht sinnvoll.[35]

Ebenfalls größere Abweichungen sind bei dem Merkmal des „Gelbblinklichtes“ festzustellen. Dennoch sind trotz der prozentualen Auffälligkeiten keine Aussagen ableitbar (nicht signifikant, vgl. Anlage 24). Tendenziell werden Gelbblinklichter an „gefährlichen“ Kreuzungen implementiert. Das Vorhandensein mehrere Unfälle an diesen Knotenpunkt-armen kann zur Installation des Gelbblinklichtes geführt haben. Zudem ist hier ein Einfluss der Verkehrsstärke nicht auszuschließen, auch wenn dies im Rahmen der Arbeit nicht nachgewiesen werden kann. Bei der „Blockschaltung“ sind generell wenige KPA mit einer solchen zeitgleichen Freigabe des Fuß- und Radverkehrs ausgestattet. Diese verteilen sich zwar alle auf KPA mit ein bis zwei Unfällen, jedoch ist im Allgemeinen die Anzahl hier sehr

[35] Bei den statistischen Tests kommen tendenziell wenig belastbare Aussagen heraus. Mit einer größeren Stichprobe und der Einbeziehung von KPA ohne Unfälle wären die Aussagen möglicherweise belastbarer, sind aber im Rahmen der Dissertation nicht durchführbar.

gering. Dennoch könnte dies auf die von Stolz (2015) ermittelte höhere Konfliktrate bei nicht vorhandener Blockschaltung hinweisen. Die hier vorliegenden Daten sind jedoch nicht signifikant (vgl. Anlage 25).

Ein weiterer sehr deutlicher Unterschied ist bei dem Merkmal „Sichtbehinderung“ festzustellen, welcher auch als einziger hochsignifikant (mit einem Signifikanzniveau von 1 %) ist (vgl. Anlage 26). Die Hypothese, dass die Sichtbehinderungen häufiger an KPA mit mindestens drei Unfällen vorkommen, als an KPA mit ein bis zwei Unfällen, kann – unter der Annahme, dass die Hypothese korrekt ist – bestätigt werden.

Werden Vergleiche zwischen der Anzahl der KPA mit mindestens drei Unfällen, die mit Sichtbehinderungen ausgestattet sind, zu jenen KPA mit ein bis zwei Unfällen mit Sichtbehinderung dargestellt, ergibt sich ein Anstieg der KPA mit Sichtbehinderungen von 41 % auf 74 %. Tabelle 15 zeigt dabei, dass dies vor allem durch die starken Sichtbehinderungen des Grades 2 begründet ist. Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke und der Sichtbehinderung wird nicht erwartet, da in den Richtlinien keine Angaben vorzufinden sind. Aus anderen Forschungen sind vielmehr Zusammenhänge mit der Absetzung der Furt vorhanden, nicht jedoch mit der Verkehrsstärke. Laut Kolrep-Rometsch et al. (2013) steigt der Anteil unfallbelasteter KPA mit steigender Furtabsetzung. Dies kann anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. Der Bezug zum Merkmal Furtabsetzung lässt keinen Unterschied feststellen.

Tabelle 15: prozentualer Vergleich nach Grad der Sichtbehinderung

Grad der Sichtbehinderung	Anzahl der KPA mit Unfällen	Anzahl der KPA mit 1 – 2 Unfällen	Anzahl der KPA mit ≥ 3 Unfällen
keine	142/242 ≙ 59 %	135/215 ≙ 63 %	7/27 ≙ 26 %
Grad 1 (leicht)	58/242 ≙ 24 %	51/215 ≙ 24 %	7/27 ≙ 26 %
Grad 2 (schwer)	42/242 ≙ 17 %	29/215 ≙ 13 %	13/27 ≙ 48 %
Grad 1 und 2	100/242 ≙ 41 %	80/215 ≙ 37 %	20/27 ≙ 74 %
Legende Farbgebung:		Abweichung < 5 %	Abweichung ≥ 15 %

Im Vergleich der Merkmale lässt sich feststellen, dass viele untersuchte Eigenschaften sehr ähnliche Ergebnisse aufweisen. Jedoch kommen an KPA mit mindestens drei Unfällen Sichtbehinderungen als einziges Merkmal signifikant häufiger vor, als bei allen unfallbelasteten KPA.[36] Dreiviertel der KPA mit mindestens drei Unfällen weisen demnach Sichtbehinderungen auf, wohingegen nur an etwas mehr als einem Drittel der KPA mit ein bis zwei Unfällen Sichtbehinderungen vorliegen. Demnach scheinen Sichtbehinderungen einen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle zu haben. Diese KPA mit mindestens drei Unfällen (und häufigen Sichtbehinderungen) werden im Verlauf der vorliegenden Arbeit detaillierter betrachtet.

[36] Obgleich ein Signifikanztest nur auf Basis von den Merkmalen ein bis zwei und mindestens drei Unfällen durchgeführt werden kann, zeigt dieser deutlich, dass eine Abhängigkeit der Merkmalsausprägung „Sichthindernis vorhanden“ besteht (vgl. Anlage 26).

4.6 Knotenpunktfeine Unfallanalyse an Knotenpunktarme mit mindestens drei Unfällen in Berlin 2006 bis 2010

Wie bereits erwähnt werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit neue Merkmalsausprägungen ermittelt, erhoben und ausgewertet. Dies erfolgt für die 27 KPA, die mindestens drei Unfälle aufweisen. Zunächst erfolgt eine kurze Beschreibung und anschließen die Auswertung der Merkmalsausprägungen der 27 KPA (vgl. Kapitel 3.2.2).

4.6.1 Beschreibung der Knotenpunkte mit mindestens drei Unfällen

Von den 27 KPA mit mindestens drei Unfällen weisen die Mehrheit (21 KPA) exakt drei Unfälle in fünf Jahren auf. Vier KPA weisen vier Unfälle auf und an zwei KPA ereigneten sich fünf Unfälle in fünf Jahren. Somit ergeben sich 89 Unfälle an 27 KPA (3,3 U/KPA$_{\geq 3U}$). Diese verteilen sich auf ganz Berlin mit einer leichten Konzentration auf die Innenstadt. So sind etwa 56 % der KPA mit mindestens drei Unfällen (n = 15) im Innenstadtbereich zu finden, währenddessen bei allen betrachteten Unfällen nur etwa 44 % der Unfälle im Innenstadtbereich zu verzeichnen sind (vgl. Kapitel 4.4.1). Eine Konzentration auf ausgewählte Bezirke ist nicht erkennbar. Zur besseren Übersicht sind in Abbildung 27 jene KPA mit mindestens drei Unfällen auf der Karte von Berlin abgebildet.[37] Zusätzlich sind in Anlage 71 bis Anlage 97 Steckbriefe der einzelnen KP enthalten, worin alle Infrastrukturmerkmale aufgelistet sind, sowie Bilder und Unfalldiagramme (Legende vgl. Anlage 70) einen guten Überblick über den jeweiligen KP geben.

Bezogen auf die Straßenkategorie kann angemerkt werden, dass alle Unfälle an den 27 KPA auf Strecken geschahen, die dem Hauptverkehrsstraßennetz zugeordnet werden können. Drei KPA haben die Verbindungsfunktionsstufe StEP I – großräumige Straßenverbindung. Die Mehrzahl der KPA (16) weist die Stufe StEP II – übergeordnete Straßenverbindung – auf. Sieben KPA können der Stufe StEP III – örtliche Straßenverbindung – und ein KPA der StEP IV – Ergänzungsstraße – zugeordnet werden. Anzumerken ist weiterhin, dass zehn KPA einer Bundesstraße zugeordnet werden können und weitere sechs Straßen, in die abgebogen wird, eine Bundesstraße oder Bundesautobahn sind. Dies könnte in Verbindung mit den Angaben aus der Literatur stehen. Aufgrund der Fahrzeuggröße und der Art der Fahrzeugnutzung fahren Lkw-Fahrende primär auf dem Hauptverkehrsstraßennetz. Ob dies jedoch tatsächlich so ist, kann nicht nachgewiesen werden. Aber die Unfälle an KPA mit mindestens drei Unfällen geschehen alle an HVS.

Insgesamt ist lediglich ein KPA nach den Vorgaben der Richtlinien ausgestattet. Bei allen anderen ist mindestens ein Parameter unter der Mindestangabe seitens der Richtlinie. Die untersuchten KPA können hierbei mehrere Unterschreitungen der Mindestvorgaben aufweisen. So ist an 15 KPA die Mindestbreite der RVA von 1,6 m unterschritten. An 18 KPA ist der Haltlinienabstand unter 3 m und an zwei KPA ist kein Zeitvorsprung vorhanden. An einem KPA sind zwei Fahrstreifen zum Rechtsabbiegen ohne gesicherte Phase vorhanden und an zwei KPA ist die Fahrstreifenbreite der Kfz von 3 m unterschritten. Des Weiteren erfolgt bei 15 KPA keine Heranführung der Radverkehrsanlage, obwohl die Absetzung der

[37] Hinweis: Die Karte mit der Darstellung aller KPA mit Unfällen ist der Abbildung 24 zu entnehmen.

RVA bedeutend höher als 0,5 m ist. Die Radfahrenden können sich somit nicht im Sichtfeld des Kraftfahrzeugs befinden.

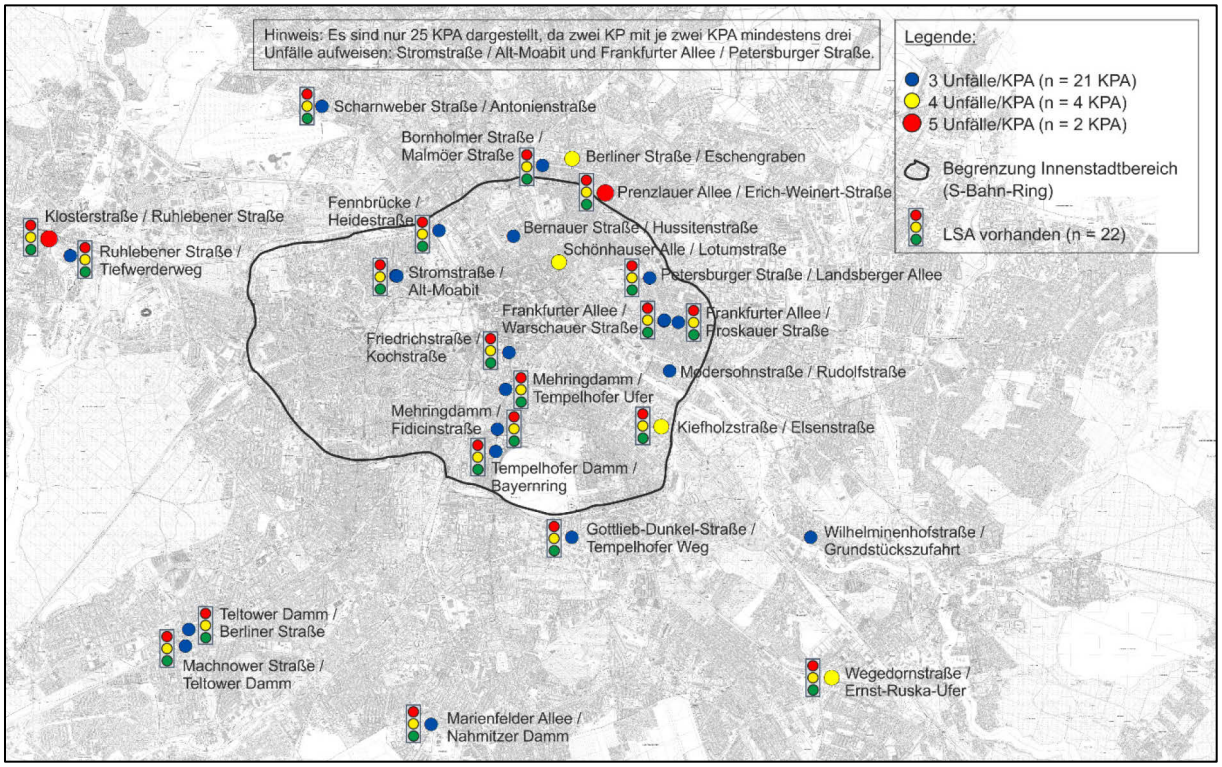


Abbildung 27: ortsspezifische Darstellung der KPA mit mindestens drei Unfällen in Berlin (2006 bis 2010)

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Geoportal Berlin / Karte von Berlin 1:5000 K5 SW-Ausgabe (2018)

4.6.2 Unfallauswertung zusätzlicher Merkmalsausprägungen

Für die Auswertung der Daten liegt kein Vergleichskollektiv vor, weshalb die Angabe von prozentualen Häufigkeitsverteilungen je Merkmalsausprägung nicht sinnvoll ist. Um eine Tendenz bezüglich auffälliger Merkmale zu erhalten, wird hier das Verhältnis aus Anzahl der Unfälle und Anzahl der KPA mit mindestens drei Unfällen ($KPA_{\geq 3U}$) abgebildet. Da bezüglich der Auswertung keine Rückschlüsse auf allgemeine Defizite gezogen werden sollen, sondern die Herleitung auffälliger Merkmale bezogen auf unfallauffällige KPA mit mindestens drei Unfällen im Vordergrund steht, wird diese Angabe als Grundlage verwendet. Die Resultate der Auswertungen sind in Tabelle 16 zusammenfassend dargestellt. Die Bildung der Grenzwerte der Merkmalsausprägungen fand in Kapitel 3.2.2 statt.

Andere oder zusätzliche statistische Tests sind wenig sinnvoll, da hier eine Betrachtung von eher kleinen Datensätzen erfolgt. Werden dann zusätzlich Kombinationen von Merkmalsausprägungen untersucht (multivariable Zusammenhänge), werden die Zahlen und damit die Aussagekraft sehr gering. Auch Signifikanztests sind im Rahmen der Dissertation nicht zielführend, da entweder der Bezug zur Grundgesamtheit oder die Merkmalsausprägung „Nicht-Unfälle“ fehlt. Beides steht nicht zur Verfügung und kann aus Gründen der Nichtbekanntheit nicht nachträglich erhoben werden.

Die Ermittlung der Anzahl der Fahrstreifen bestätigt die Forderungen der Richtlinien, an mehr als einem Abbiegefahrstreifen eine gesicherte Führung einzuführen, da der Quotient mit 5,0 U/KPA$_{\geq 3U}$ hier sehr hoch ist – auch wenn die Anzahl mit einem KPA sehr gering ist. Dennoch unterstreicht dies die Dringlichkeit, mehrstreifiges Abbiegen mit einer separaten Phase zu sichern,[38] auch wenn die Anzahl und Ausbildung der Fahrstreifen vermutlich mit der Verkehrsstärke zusammenhängt.

Tabelle 16: Analyse von neuen Merkmalsausprägungen der knotenpunktfeinen Analyse (27 KPA)

Merkmal	Merkmalsausprägung	Anzahl Unfälle [-]	Anzahl KPA mit ≥ 3 U (KPA$_{\geq 3U}$) [-]	Quotient [U/KPA$_{\geq 3U}$]
Ausprägung des Fahrstreifens	**MFS**	66	20	3,30
	ein RA-FS	18	6	3,00
	zwei RA-FS	5	1	5,00
Breite des Fahrstreifens	**< 3,00 m**	6	2	3,00
	3,00 m - 3,24 m	39	12	3,25
	3,25 m - 3,50 m	24	7	3,43
	≥ 4,75 m	20	6	3,33
Richtungs-änderungs-winkel	**≥ 110 Gon**	17	5	3,40
	90 Gon - 109 Gon	53	16	3,31
	< 90 Gon	19	6	3,17
Breite der KP-Ausfahrt	**< 6,0 m**	29	8	3,63
	6,0 m - 8,9 m	28	9	3,11
	≥ 9,0 m	32	10	3,20
Breite der RVA*	**< 1,6 m**	48	15	3,20
	≥ 1,6 m	38	11	3,45
Abstand RV- und FV-Furt	**angrenzend: 0,0 m**	12	4	3,00
	0,1 m - 3,0 m	22	7	3,14
	3,1 m - 6,0 m	23	6	3,83
	> 6,0 m	6	2	3,00
	keine FV-Furt	26	8	3,25

* ein KPA ohne RVA vorhanden (Mischverkehr)

Bei der Breite der Fahrstreifen lässt sich erkennen, dass mit zunehmender Breite das Verhältnis aus Unfällen pro KPA$_{\geq 3U}$ steigt. Vermutlich hängt diese Eigenschaft eher mit anderen Faktoren wie beispielsweise dem Richtungsänderungswinkel zusammen. Hierbei kann nicht ausgeschlossen werden, dass Lkw-Fahrende bei schmalen Fahrstreifen zusätzlich den Nebenfahrstreifen nutzen, um die Schleppkurve anzupassen. Dies wäre jedoch nur mit Beobachtungen herauszufinden. So hat Schäfer (2017) festgestellt, dass unabhängig von der Fahrstreifenbreite (auch bei Fahrstreifenbreiten mit Regelmaß) je nach Richtungsänderungswinkel und Breite der KP-Ausfahrt der Fahrstreifen künstlich seitens der Lkw-Fahrenden verbreitert wird. Aufgrund der sehr geringen Daten ist es im Rahmen der

[38] An diesem KP (Klosterstraße / Brunsbütteler Damm – Ruhlebener Str.) ist eine Vier-Phasen-Schaltung mit gesicherten Linksabbiegern vorhanden. Warum hier keine Sicherung der Rechtsabbieger erfolgt, ist unklar. Gesonderte Rechtsabbiegefahrstreifen sind vorhanden.

Dissertation hingegen nicht sinnvoll, multivariable Vergleiche durchzuführen. Diese wären nicht aussagekräftig.

Je größer der Richtungsänderungswinkel wird, desto mehr Unfälle geschehen pro KPA mit mindestens drei Unfällen (vgl. Tabelle 16). Dies lässt sich auf die Schleppkurve des rechtsabbiegenden Lkw beziehen, die bei kleinen Abbiegeradien (großen Richtungsänderungswinkeln) oft nach links ausholen müssen. Kleine Richtungsänderungswinkel sind für Lkw-Fahrende leichter zu befahren. Diese Ergebnisse sind gegenläufig zu jenen mit abbiegenden Pkw, bei denen höhere Unfallquoten bei großen Abbiegeradien (kleinen Richtungsänderungswinkeln) zu verzeichnen sind, da ihre Abbiegegeschwindigkeit steigt (Kolrep-Rometsch et al. 2013).

Die Breite der KP-Ausfahrt scheint bei den KPA mit mindestens drei Unfällen einen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle am KPA zu haben. Werden Breiten unter 6 m festgestellt, ergibt sich die mit Abstand höchste Unfallquote von 3,63 U/KPA$_{\geq 3U}$. Die Anpassung der Fahrlinien und die Aufmerksamkeit auf das gesamte Fahrzeug (Manövrieren um die Kurve) können mehr im Fokus des Fahrzeugführenden liegen, als auf sich nähernde oder aufgestellte Radfahrende zu achten. Dies stellt auch Icke (2006) fest: Beim Abbiegen nutzten die Lkw-Fahrenden hauptsächlich den Weitwinkelspiegel, um ihr Fahrzeug während des Abbiegens zu beobachten. Durch das mögliche Ausholen nach links ist eine Fehleinschätzung der Radfahrenden zusätzlich möglich, was das Problem verschärft. So stellt Schäfer (2017, S. 62) für rechtsabbiegende Lkw eine minimale Breite der KP-Ausfahrt von 9 m fest. Mit diesem Wert wird das Ausholen nach links und die Mitbenutzung des anliegenden Fahrstreifens verhindert.

Bei der Breite der vorhandenen RVA kann festgestellt werden, dass nicht eingehaltene Mindestmaße von unter 1,6 m mit 3,2 Unfällen pro KPA mit mindestens drei Unfällen weniger auffällig sind, als Radwege oder Radfahrstreifen mit mindestens 1,6 m (3,45 U/KPA$_{\geq 3U}$; vgl. Tabelle 16). Inwiefern dies jedoch eher von der Radverkehrsstärke oder anderen Faktoren abhängt, kann nicht gesagt werden. Die Verkehrsstärke der Rechtsabbiegenden hat hierbei keinen Einfluss, da die durchschnittlichen Werte sehr ähnlich sind (1850 RA-Kfz/12h bei Radwegen unter 1,6 m und 1715 RA-Kfz/12h bei Radwegen mit mindestens 1,6 m). Auch die Benutzungspflicht hat scheinbar darauf keinen Einfluss. So liegt bei Radwegen unter 1,6 m ein geringer Quotient bei Nichtbenutzungspflicht von 3,0 U/KPA$_{\geq 3U}$ vor und bei Benutzungspflicht der RVA von 3,43 U/KPA$_{\geq 3U}$. Werden die Radwege mit mindestens 1,6 m betrachtet, kehrt sich dieses Ereignis um. Nichtbenutzungspflichtige Radwege haben mit 3,60 U/KPA$_{\geq 3U}$ einen höheren Quotienten als benutzungspflichtige Radverkehrsanlagen (3,33 U/KPA$_{\geq 3U}$). Der Vollständigkeit halber sei hier angemerkt, dass an einem KPA mit drei Unfällen keine Radverkehrsanlage vorliegt, weshalb dieser bei der Breite der RVA nicht mitbetrachtet wird.

Beim Abstand der Radverkehrs- und Fußverkehrsfurt sind besonders zwei Merkmalsausprägungen relevant. Zum einen scheinen KPA, bei denen keine Fußverkehrsfurt aber eine Radverkehrsfurt vorhanden ist, an KPA mit mindestens drei Unfällen zu steigenden Unfallzahlen zu führen (vgl. Tabelle 16). Dies könnte aufgrund dessen sein, dass abbiegende Fahrzeuge nicht mit Radfahrenden rechnen, wenn keine erkennbare Fußverkehrsquerung vorhanden ist. Zum anderen sind mit einem hohen Quotienten von 3,83

$U/KPA_{\geq 3U}$ Abstände zwischen 3 m und 6 m besonders auffällig. Möglicherweise geht genau in diesem Abstand der Fokus von den Radfahrenden zu den zu Fuß Gehenden über, sodass hier eine geringere Aufmerksamkeit auf sich nähernde Radfahrende bestehen könnte. Bei einem größeren Abstand als 6 m sind keine Auffälligkeiten festzustellen, was unter anderem darin begründet sein könnte, dass sich Lkw-Fahrende zwischen der Fuß- und Radverkehrsfurt aufstellen und sich nähernde Radfahrende dann eher links hinten am Lkw vorbeifahren. Ebenfalls nicht auffällig sind jene KPA, wo keine Abstände vorhanden sind. Hier scheint der Aufmerksamkeitsfokus auf den Radfahrenden und zu Fuß Gehenden gleichermaßen zu liegen. Möglicherweise sind zudem die Sichtbeziehungen besser, als wenn der Lkw-Fahrende bereits das Fahrzeug eingelenkt hat, um den Abbiegevorgang einzuleiten. Bei einem Abstand bis 3 m scheint dies aus denselben Gründen unauffällig zu sein. Hierfür ist eine Analyse der Sichtfelder während des Abbiegevorgangs nötig, welches im nachfolgenden Kapitel 5 erfolgt.

Einige der ermittelten Faktoren sind mitunter abhängig von der Verkehrsstärke. Werden die Verkehrsstärken der abbiegenden Fahrzeuge allgemein, die des abbiegenden Lkw-Verkehrs und die des geradeaus fahrenden Radverkehrs betrachtet, ergeben sich keine Auffälligkeiten (vgl. Anlage 27). Weder kann gesagt werden, dass KP mit hohen oder niedrigen Abbiegeverkehrsstärken oder mit hohen oder niedrigen Radverkehrsstärken auffällig sind. Diese Daten sind aufgrund der Verfügbarkeiten nicht mit anderen KP vergleichbar. Bei Bildung diverser Klassen auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten ergibt sich nichts sinnvoll Ableitbares (vgl. Anlage 28 und Anlage 29). Auf Basis der Verkehrsstärke abbiegender Fahrzeuge (Fz) entfallen deutlich mehr KPA in den Bereichen bei 1000 bis 1999 Kfz/12h mit 500 bis 999 Rf/12h. Ob dieses eine kritische Kombination darstellt kann jedoch auf Basis der Daten nicht gesagt werden. Zwar ist auch beim Vergleich der Radverkehrsstärke und der abbiegenden Lkw-Verkehrsstärke der Bereich von 500 bis 999 Rf/12h am häufigsten vertreten (bei 50 bis 99 rechtsabbiegenden Lkw/12h), jedoch ist die Datengrundlage sehr gering und die Bereiche wurden auf Basis der vorhandenen Daten gebildet. Hierfür wären weitere Analysen mit mehr Datenmaterial notwendig. Es fehlt bei der Analyse der Verkehrsstärken ein Vergleichskollektiv von KPA ohne Unfälle. Auf Grundlage der Daten kann nicht bestätigt werden, dass Unfälle hauptsächlich an Strecken mit hohen Abbiegeverkehrsstärken geschehen.

Bezogen auf die örtliche Verteilung kann ebenfalls nicht gesagt werden, dass die KPA mit hohen Rechtsabbiegeverkehrsstärken nur im Innenstadt oder nur im Außenbereich liegen. Dies verteilt sich gleichmäßig auf KPA im Innenstadtbereich, im Übergangsbereich sowie am Stadtrand. Gleiches gilt für sehr geringe Rechtsabbiegeverkehrsstärken. Auch hohen Radverkehrsstärken von über 1.000 Rf/12h sind örtlich auf Stadtrand-, Übergangs- und Innenstadtbereiche verteilt. Selbiges gilt für sehr gering Radverkehrsstärken von unter 500 Rf/12h. Demnach kann nicht gesagt werden, dass KPA mit mindestens drei Unfällen verkehrsstärkebezogen örtliche Gemeinsamkeiten aufweisen (vgl. Anlage 30).

4.7 Zusammenfassung der Unfallauswertungen und kritische Betrachtung der Ergebnisse

Für die reine Analyse von verschiedenen Rahmenbedingungen besteht die Problematik der unbekannten Grundgesamtheit der einzelnen Merkmalsausprägungen. Gerade in Großstädten wie Berlin kommt hinzu, das exakte Zeiträume von Baubeginn bis Bauende nicht in einer Datenbank aufgenommen werden, weshalb konkrete Vorher-Nachher-Analysen nicht durchführbar sind. Seit 2011 werden Unfälle mit schwerverletzten oder getöteten Personen bereits direkt nach Eintreffen der Unfallmeldung gründlich auf Einzelheiten untersucht. Dies scheint zwar zielführend zu sein, kann aber aufgrund des Aufwandes kaum für alle Unfälle durchgeführt werden. Es bleibt weiterhin die Problematik, dass Unfälle dieser Art selten vorkommen sowie oftmals eher unter dem Zusammenspiel ungünstiger Umstände entstehen. Fehlverhalten einzelner Personen begünstigen die Unfallgefahr, sind aber tendenziell selten. Wobei einige Informationen in den Unfalldaten nicht mit aufgenommen werden. Dies betrifft unter anderem Angaben zum Fahrzeugzustand, zur Einstellung der Spiegel inklusive vorhandener Sichtverdeckungen im Innenraum und zu Assistenzsystemen. In Zukunft sollten diese unbedingt mit in den polizeilichen Daten erfasst werden, um zusätzliche Unfallursachen zu untersuchen.

Das überdurchschnittlich hohe Alter bei getöteten Radfahrenden lässt sich wie in der Literatur angegeben mit der höheren Vulnerabilität älterer Personen begründen. Zusätzliche oder andere Hinweise konnten im Rahmen der Arbeit nicht ermittelt werden. Das überdurchschnittlich häufige Vorkommen von weiblichen Radfahrerinnen bei getöteten Personen könnte auf die geringere Körpergröße zurückzuführen sein. Im Kapitel 2.4 wurde bestätigt, dass das Sichtfeld unter anderem von der Größe des Radfahrenden abhängt. Eine Bestätigung kann anhand der Unfalldaten nicht vorgenommen werden. Dieser Ansatz sollte aber in zusätzlichen Forschungen unbedingt weiter verfolgt werden.

Der positive oder negative Einfluss bestimmter Infrastrukturmerkmale ist auf Basis aller Unfalldaten kaum aussagekräftig (Richter et al. 2014a). Die hohe Anzahl an Einzelunfällen an verschiedenen KPA begründet sich demnach eher aus dem ungünstigen Zusammenspiel mehrerer Faktoren, die zufallsbedingt auftreten. Besonders bedeutend bei dem Unfallkollektiv ist, dass Unfälle zu 95 % von Hauptverkehrsstraßen ausgehend geschehen. Werden nur die KPA mit mindestens drei Unfällen zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeaus fahrendem Radverkehr betrachtet, ist eine Konzentration der Unfälle auf Hauptverkehrsstraßen (und vor allem Bundesstraßen) ersichtlich. Die Eingrenzung der Unfallzahlen auf mindestens drei Unfälle an einem KPA ist demnach von hoher Bedeutung, um Aussagen bezüglich des Einflusses von Infrastrukturmerkmalen auf das Unfallgeschehen zu erhalten.

Vergleichende Analysen (Vergleich der KPA mit allen Unfällen, mit ein bis zwei sowie mit mindestens drei Unfällen) zeigen, dass die Anzahl der Unfälle und das Vorhandensein von lokalen Sichtbehinderungen am KPA hochsignifikant sind. Während bei allen untersuchten KPA in 41 % der Fälle Sichthindernisse vorzufinden sind, ist bei den KPA mit mindestens drei Unfällen in 75 % der Fälle die Sicht durch lokale Gegenstände verdeckt. Ob Sichtbehinderungen allgemein einen Einfluss auf die Unfallgefahr haben, ist nicht belegbar.

Hierfür fehlt die Angabe, wie viele KPA in Berlin mit Sichtbehinderungen aber ohne Unfallzahlen vorhanden sind. Dennoch ist es, auf Basis der Erkenntnis, umso dringlicher, dass hierfür klare Angaben in den Richtlinien geschaffen werden. Bislang ist dort lediglich verankert, dass die Sicht zwischen abbiegenden Fahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmenden gewährt sein soll. Wie weit im Vorfeld und unter welchen Rahmenbedingungen dies gilt, ist jedoch unklar. Die Heranführung des Radweges an den Fahrbahnrand ist dabei unumgänglich. So zeigt sich, dass 40 % der Radwege nicht an den Fahrbahnrand herangeführt werden. 31 % benötigen keine Heranführung, da sie bereits kontinuierlich am Fahrbahnrand verlaufen und 29 % weisen eine Heranführung auf. Von denen sind jedoch 22 % geringer als 10 m.

Hinsichtlich der Unfallanalyse lässt sich jedoch auch feststellen, dass im Rahmen der gewählten Methodik nicht alle Parameter sinnvoll auswertbar sind. Mit einem Vergleichskollektiv von Knotenpunkten ohne Unfälle könnten möglicherweise noch weitere infrastrukturelle, betriebliche und örtliche Auffälligkeiten identifiziert werden, die unfallbegünstigend wirken können.

In der knotenpunktfeinen Analyse der KP mit mindestens drei Unfällen lässt sich feststellen, dass die Merkmalsausprägung „Abstand zwischen der Radverkehrs- und Fußverkehrsfurt bedeutend sein könnten. Dies würde sich mit Beobachtungen bestätigen oder widerlegen lassen, welche in Zukunft durchgeführt werden sollten, um mögliche Infrastrukturparameter für diesen Abstand in den Richtlinien zu verankern. Die Merkmalsausprägungen Richtungsänderungswinkel und Breite der KP-Ausfahrt können ebenfalls einen Einfluss auf das Abbiegemanöver und somit auf die Unfallentstehung haben. Schäfer (2017) stellt dies in ihren Analysen ebenfalls fest und gibt an, dass große Richtungsänderungswinkel sowie geringe Breiten der KP-Ausfahrt die Schleppkurve des Lkw-Fahrenden beeinflussen. Dies lässt sich im Rahmen der Sichtanalysen in der vorliegenden Arbeit intensiver betrachten.

Zusätzlich ist anzumerken, dass lediglich ein KP der untersuchten 27 KPA mit mindestens drei Unfällen nach den Richtlinien aktuell gültiger Regelwerke ausgestattet ist. Dies unterstreicht die Dringlichkeit der Angaben einiger Autoren, die Bestandsknotenpunkte hinreichend auf gültige Planungsrichtlinien zu prüfen. Hierbei fällt vor allem die Unterschreitung der Mindestbreiten von Radverkehrsanlagen, die nur geringfügig vorgezogenen Haltlinien des Radverkehrs sowie die nicht vorhandene oder zu geringe Heranführung der Radverkehrsanlage an den rechten Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes auf. Letzteres weist keine genauen und kontinuierlichen Angaben in den Regelwerken auf und wird im weiteren Verlauf der Arbeit intensiver betrachtet.

5 Analyse der Sichtfelder

Die Sichtanalysen werden für die 27 KPA der knotenpunktfeinen Unfallanalyse durchgeführt[39] – also jene, die mindestens drei Unfälle aufweisen. Für die Analyse der Sichtfelder werden die Signallagepläne und die Sichtfelder der Spiegel nach europäischer Richtlinie zusammengefügt. So kann die Sicht auf die jeweilige am KPA befindliche Radverkehrsanlage zweidimensional nachgestellt werden. In der Anlage 31 bis Anlage 58 sind alle Sichtfelder einzeln für den jeweiligen KPA dargestellt. Dabei wird die Sicht auf die sich von hinten nähernden Radfahrenden bewertet. Aufgrund der verschiedenen Gegebenheiten an den Knotenpunkten wird die Bewertung für jeden einzelnen durchgeführt. Die Auswertung kann hingegen für einige zusammen erfolgen und wird, wie bereits in Kapitel 3.4.1 ermittelt, für verschiedene Fahrtzustände eines beispielhaften Sattelschleppers durchgeführt. Einen Überblick der Randbedingungen für die Fahrtzustände gibt Tabelle 17.

Tabelle 17: Zusammenfassung der Randbedingungen für die Sichtanalysen

erster Fahrtzustand – Heranfahrt	zweiter Fahrtzustand – Kurvenfahrt
- seitlicher Abstand der RVA zum Fahrbahnrand im Vorfeld des KPA	- seitlicher Abstand der RVA zum Fahrbahnrand am KP
- lokale Sichtbehinderungen	- Richtungsänderungswinkel
- Länge der Heranführung an den KPA	- Breite der KP-Ausfahrt

5.1 Erster Fahrtzustand – Heranfahrt an den Knotenpunkt

Durch das Kriterium *seitlicher Abstand der RVA zum Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes* kann der Hauptaußenrückspiegel für die Sicht auf die Radverkehrsanlage nutzlos werden. Dieser soll direkt neben dem Fahrzeug die weite Sicht nach hinten gewährleisten. Je nach Abstand kann sich die Radverkehrsanlage nicht mehr im Sichtfeld des Hauptaußenrückspiegels befinden, da sie für den Spiegel „zu weit“ abgerückt ist. Abhängig von der *Länge der Heranführung an den KPA* ist die Radverkehrsanlage im Weitwinkelspiegel und im Hauptaußenrückspiegel sichtbar. Zusätzlich kann die Sicht durch *lokale Sichtbehinderungen* eingeschränkt sein. Möglicherweise werden weite Teile der Radverkehrsanlage verdeckt, je nach Art der Sichtbehinderung, sodass die Radfahrenden nur im Teilbereich des Weitwinkelspiegels erkennbar sind. Es können auch Kombinationen von allen drei Kriterien möglich sein, die ein noch geringeres Sichtfeld bedeuten würden. Die 28 Sichtanalysen an den 27 KPA werden nachfolgend kategorisiert und einem der drei folgenden Sichtfeldklassen für die Heranfahrt des Lkw zugeordnet:

- Sichtfeld in beiden Spiegeln vorhanden (kurz: in beiden Spiegeln)
- Sichtfeld ausschließlich im Weitwinkelspiegel vorhanden (kurz: nur Weitwinkel)
- Sichtfeld geringfügig im Weitwinkelspiegel vorhanden (kurz: geringfügig Weitwinkel).

[39] Der KPA Klosterstraße / Ruhlebener Straße stellt eine Besonderheit dar und wird doppelt aufgenommen, da aus zwei Fahrstreifen rechts abgebogen werden darf (somit ergeben sich 28 Sichtanalysen an 27 KPA).

5.1.1 Sichtfeld in beiden Spiegeln vorhanden

Als unkritisch gilt der Zustand, in dem die Radverkehrsanlage sowohl im Hauptaußenrück- als auch im Weitwinkelspiegel (kurz: in beiden Spiegeln) erkennbar ist. Herannahende Radfahrende müssten also in den jeweiligen Spiegeln gut sichtbar sein. Das hängt jedoch von den bereits genannten Kriterien *seitlicher Abstand der RVA zum Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes, Vorhandensein lokaler Sichthindernisse und Länge der Heranführung an den KPA* ab. An zwölf KPA ist die Sicht bei der Heranfahrt an den KPA in beiden Spiegeln gegeben, welches in Abbildung 28 beispielhaft dargestellt ist.

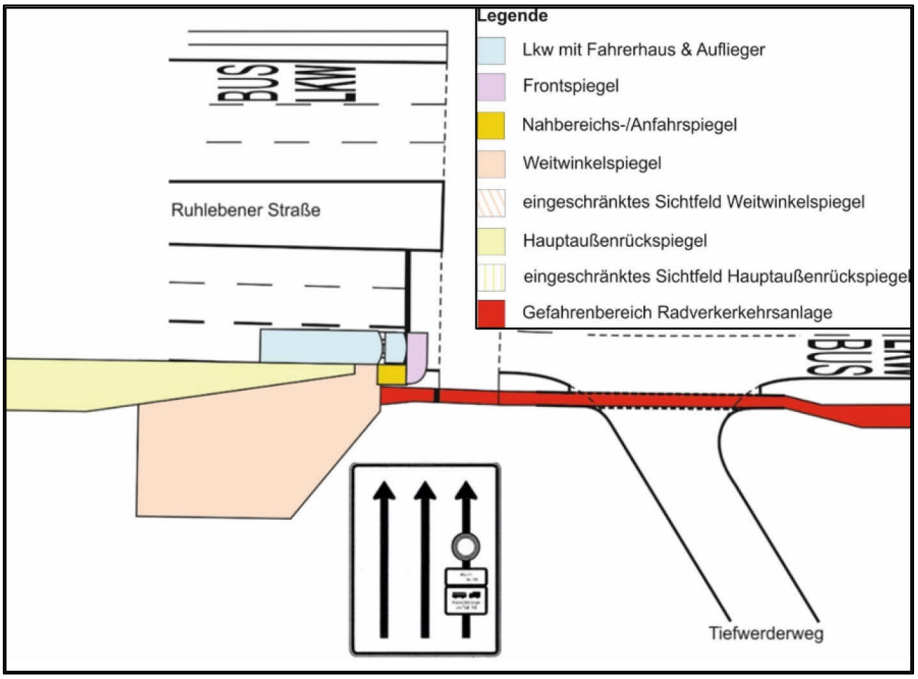


Abbildung 28: Heranfahrt mit Sicht in beiden Spiegeln

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

5.1.2 Sichtfeld nur im Weitwinkelspiegel vorhanden

Als nächste Sichtfeldklasse ist eine eingeschränkte Sicht gegeben. Oftmals wird dies ausgelöst, da entweder im Weitwinkel- oder im Hauptaußenrückspiegel keine Sicht auf die Radverkehrsanlage möglich ist. Dies wird häufig durch die Sichtbehinderung durch den ruhenden Verkehr oder eine späte Heranführung des Radverkehrs sowie eine größere Absetzung der RVA zum Fahrbahnrand hervorgerufen, wobei die Sicht durch den Hauptaußenrückspiegel stark eingeschränkt ist. So hat jener Spiegel keinen Nutzen in Bezug auf die Sicht auf die Radverkehrsanlage bei der Heranfahrt an den KP. Auch durch Begrünung und dadurch entstehende Sichtschatten kann die Sicht durch die Spiegel erheblich eingeschränkt sein. Insgesamt kommt die eingeschränkte Sicht (Verlust der Sicht in einem der beiden Spiegel – meist Hauptaußenrückspiegel) an fünf KPA vor. Wie Abbildung 29 zeigt, muss in diesem Fall der Lkw-Fahrende erkennen, dass die Radverkehrsanlage nicht durch den Hauptaußenrückspiegel, sondern lediglich im Weitwinkelspiegel zu erkennen ist (kurz: nur Weitwinkel). Dabei ist zu beachten, dass dies die maximal mögliche Sicht darstellt. Zusätzliche Sichtverluste aufgrund des Winkels von Augenpunkt des Lkw-Fahrenden und Größe des Radfahrenden (die z.B. durch parkende

Fahrzeuge verdeckt werden) können aufgrund der vielen individuellen Möglichkeiten nicht abgebildet werden.

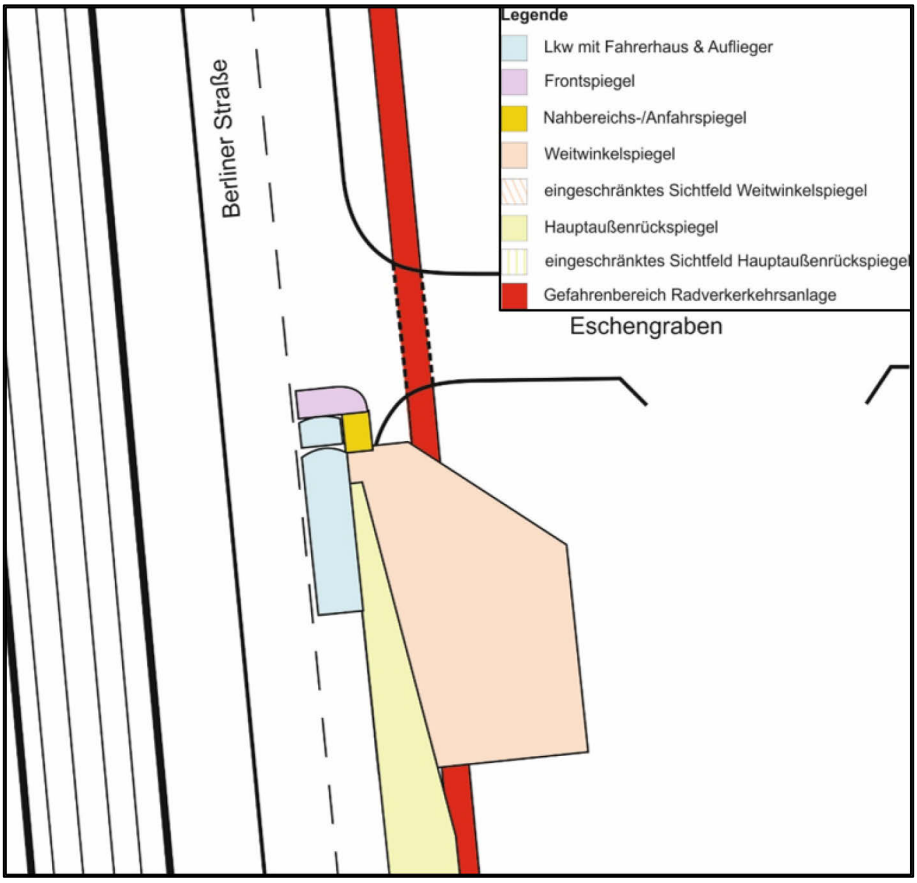


Abbildung 29: Heranfahrt mit Sicht nur über den Weitwinkelspiegel

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

5.1.3 Sichtfeld geringfügig im Weitwinkelspiegel vorhanden

Die letzte Sichtklasseneinteilung für die Heranfahrt ergibt sich aus weiteren ungünstigen Kombinationen, sodass die Sicht auf die Radverkehrsanlage erheblich eingeschränkt ist. Dies ist speziell dann der Fall, wenn nicht nur ein Spiegel, sondern sowohl der Weitwinkel- als auch der Hauptaußenrückspiegel eine erhebliche Sichtverdeckung auf die herannahenden und sich im Nahbereich befindlichen Radfahrenden aufweist. Ausgelöst wird dies oftmals durch viele Merkmalskombinationen. Sichtbehinderung durch ruhenden Verkehr und Begrünung, die eine weitreichende Verdeckung hervorrufen, sowie größere Absetzung der RVA zum Fahrbahnrand und keine oder sehr späte Heranführungen sind oftmals ursächlich hierfür. Es entsteht nicht nur die reine Verdeckung im Spiegel, sondern eine darüber hinaus, da alles dahinter liegende nicht mehr sichtbar ist. Die herannahenden Radfahrenden sind über die Spiegel nur schwer erkennbar. Zusätzlich kann der Weitwinkelspiegel nicht voll genutzt werden, sodass die Radfahrenden erst spät (kurz vor dem theoretischen Zusammenstoß) im Spiegel zu sehen sind (kurz: geringfügig im Weitwinkelspiegel). Kombiniert mit zusätzlichen ungünstigen Parametern wie einer Gefällestrecke (hohe Geschwindigkeiten Radverkehr) oder einer hohen Abbiegeverkehrsstärke kann dies erhebliche Sicherheitsrisiken aufwerfen. Insgesamt ist an elf KPA die Sicht stark in beiden Spiegeln bei der Heranfahrt des Lkw eingeschränkt, welches Abbildung 30 beispielhaft

aufzeigt. Durch die gewölbte Oberfläche des Weitwinkelspiegels ist der Radverkehr zudem sehr klein und nur am äußeren Rand des Spiegels erkennbar.

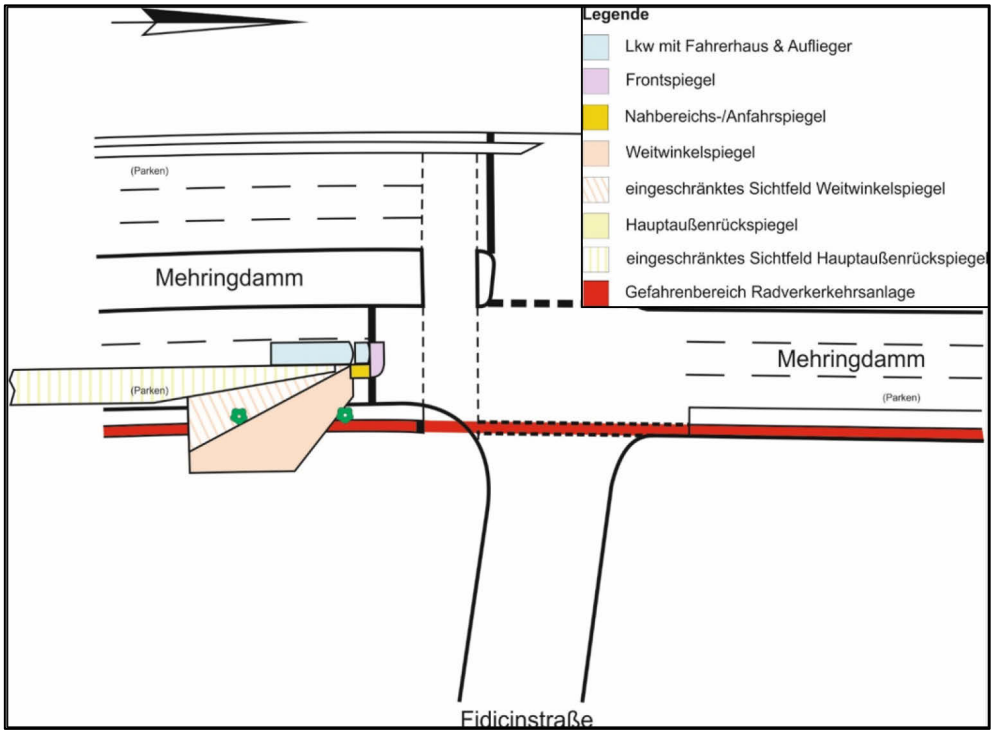


Abbildung 30: Heranfahrt mit geringfügiger Sicht über beide Spiegel

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Als besonders kritisch sind somit KPA einzustufen, bei denen die Radverkehrsanlage im Vorfeld weiter vom Fahrbahnrand abgesetzt wird, eine späte oder keine Heranführung stattfindet und die Sicht verdeckt wird. Herannahende Radfahrende sind mitunter erst sehr spät in einem kleinen Teil des Weitwinkelspiegels erkennbar – nicht zwangsweise der Spiegel, den Lkw-Fahrende für die weitreichende Sichtabdeckung nutzen (dafür ist eher der Hauptaußenrückspiegel vorhanden; vgl. Kapitel 2.4.2.3). Inwiefern der Radverkehr zusätzlich beim Abbiegevorgang nicht oder nur wenig in den Spiegeln zu sehen ist, wird im nachfolgenden Kapitel analysiert. Eine Bewertung je KPA mit den zugehörigen Sichtklasseneinstufungen erfolgt dann abschließend im Kapitel 5.3.

5.2 Zweiter Fahrtzustand – Kurvenfahrt / eingelenkter Zustand

Ähnlich wie im vorherigen Kapitel ist die Kombination von Merkmalsausprägungen rein theoretisch betrachtet auch hier wenig sinnvoll, da nur wenige KP die exakt gleichen Merkmale aufweisen. Viel mehr erscheint es sinnvoll, die Sichtanalysen anhand vorhandener Sichtfelder und nicht gegebener Sichtfelder zu interpretieren und dann auf ähnliche bauliche Merkmale zu schließen. Daraus ergeben sich für die Kurvenfahrt folgende Sichtklassen:

- leichte Sichteinschränkung,
- mittlere Sichteinschränkung,
- starke Sichteinschränkung sowie
- keine Sicht auf die Radverkehrsanlage während des Abbiegevorgangs.

Anzumerken ist, dass es in jeder Kurvenfahrt erhebliche Sichteinschränkungen gibt. **So hat der Hauptaußenrückspiegel während der Kurvenfahrt keine Wirkung mehr für die Sicht auf die Radverkehrsanlage**. Durch die bereits eingelenkte Position zeigt das Spiegelbild lediglich den Auflieger. Gleiches gilt für Teile des Weitwinkelspiegels. Im äußeren Bereich des Weitwinkelspiegels kann jedoch (je nach KP) die Sicht auf die Radverkehrsanlage noch gegeben sein. Hiernach werden die oben genannten Einstufungen durchgeführt.

5.2.1 Leichte Sichteinschränkungen

Durch die eingelenkte Position und die Mindestsichtfeldangaben der EU lassen sich je nach örtlichen Gegebenheiten die Angabe in Metern ausführen. Hierbei ergibt sich in der eingelenkten Position maximal eine Sichtweite von 28 m für die Einstufung der leichten Sichteinschränkung. [40] Dies liegt an acht KPA vor. Abbildung 31 verdeutlicht die Sicht an einem beispielhaften KPA. Die Sicht ist hier fast über die gesamte Diagonale des Weitwinkelspiegels gegeben. Auch hier kann dies nur vorhanden sein, wenn der seitliche Abstand der RVA zum Fahrbahnrand gering ist.

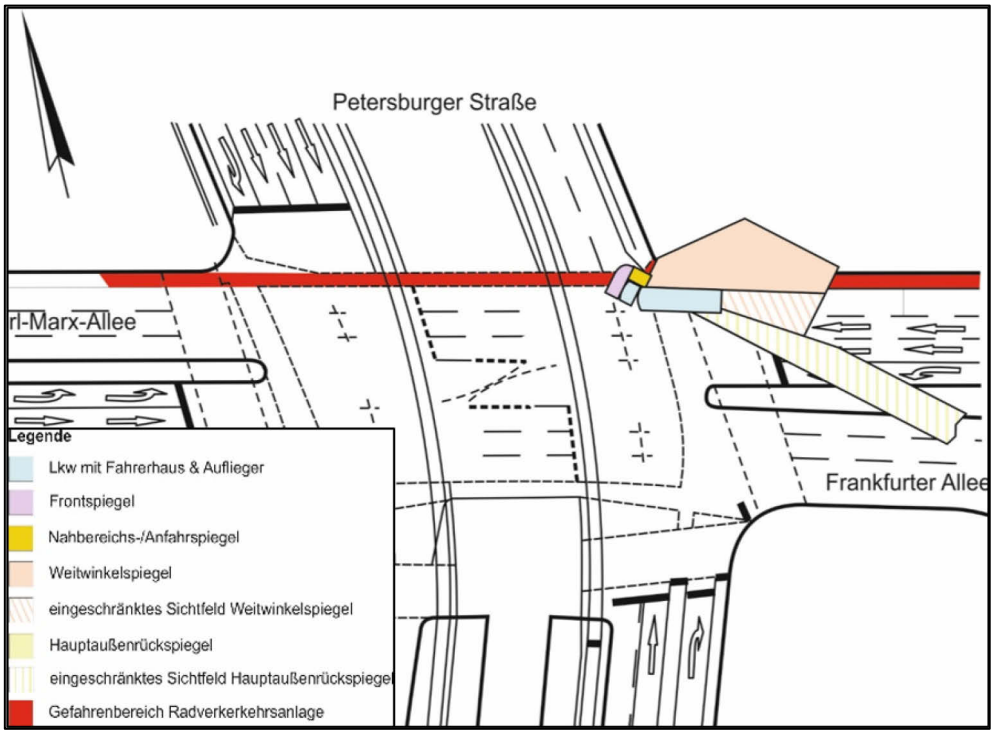


Abbildung 31: leichte Sichteinschränkung bei Kurvenfahrt

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

5.2.2 Mittlere Sichteinschränkungen

Wenn durch vorhandene lokale Sichthindernisse, größere Furtabsetzungen, späte Heranführungen oder ungünstige Richtungsänderungswinkel zusätzliche Einschränkungen vorliegen, die die Sicht auf die rückwärtige Radverkehrsanlage minimieren, liegt eine mittlere Sichteinschränkung vor. Dabei wird durch den ungünstigen Winkel ein weiterer Bereich des Weitwinkelspiegels nicht nutzbar (zumindest für die Sicht auf die Radverkehrsanlage,

[40] Dies entspricht der diagonalen Länge der vorgeschriebenen Sichtweite beim Weitwinkelspiegel.

inwiefern dieser für das Beobachten der Schleppkurve genutzt wird, ist hierfür nicht relevant). Abbildung 32 zeigt beispielhaft eine solche Sichteinschränkung. Die Sichtweite nach hinten reduziert sich auf maximal 17 m, welches bei elf KPA vorliegt. Dies entspricht der kurzen Diagonalen zum rechten Außenrand des Spiegels. Es sei jedoch auch angemerkt, dass durch das verzerrte Bild der gewölbten Oberfläche der Radfahrende sehr klein abgebildet ist und als solcher wahrgenommen werden muss, damit eine entsprechende Reaktion vorgenommen werden kann. Wie beispielhaft in Abbildung 32 ersichtlich, ist die Sicht auf den herannahenden Radverkehr nur im äußeren Rand des Weitwinkelspiegels möglich.

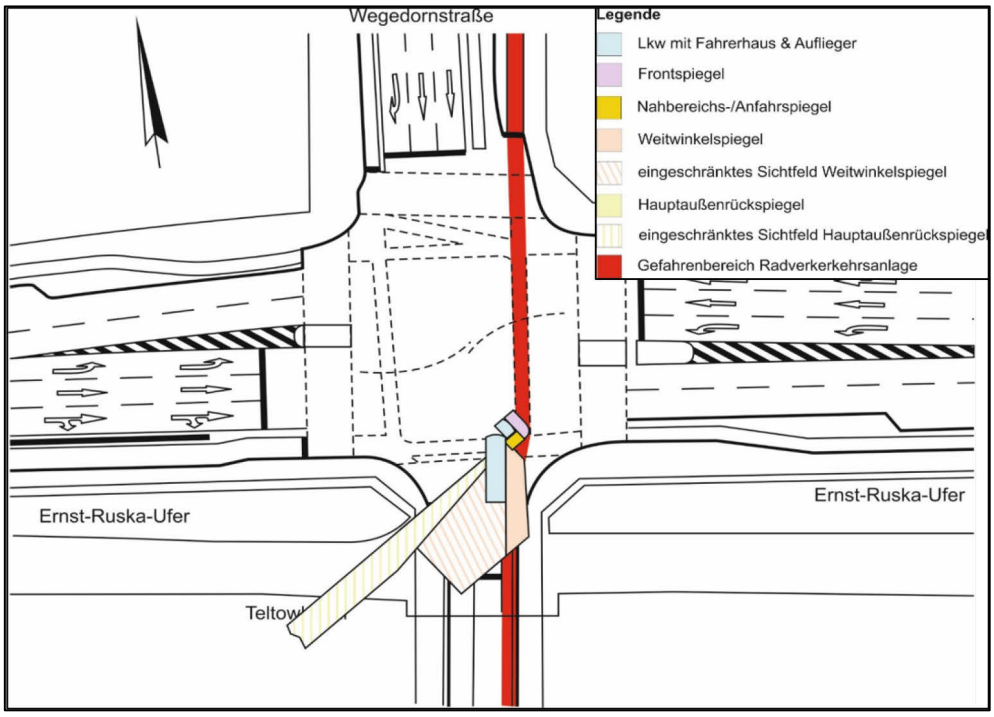


Abbildung 32: mittlere Sichteinschränkung bei Kurvenfahrt

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

5.2.3 Starke Sichteinschränkung vorhanden

Für die Kategorie der starken Sichteinschränkung ist beispielsweise die radfahrende Person nur in einer minimal kleinen Ecke des Weitwinkelspiegels zu sehen oder sogar in einem bestimmten Bereich gar nicht (vgl. Abbildung 33). Das ist an zwei KPA vorzufinden, wobei dies durch Sichteinschränkungen durch abgestellte Fahrzeuge und Begrünung oder durch beengte Platzverhältnisse im KP-Innern hervorgerufen werden kann. Bei Letzterem ist kein Ausholen nach links möglich, sodass durch den starken Lenkradeinschlag der Radfahrstreifen kaum mehr im Weitwinkelspiegel zu erkennen ist. Fahren Radfahrende eher weiter rechts auf der Radverkehrsanlage, womit besonders bei der Nebenherfahrt von großen und schweren Lkw zu rechnen ist, ist die Sicht mitunter gar nicht vorhanden. Bei einer nicht korrekten Einstellung der Spiegel ergeben sich ebenfalls verschobene Sichtfelder, sodass auch eine theoretische Sicht im rechten Bereich des Weitwinkelspiegels nicht mehr gegeben sein kann. Demnach müssen viele optimale Bedingungen folgender Kriterien herrschen, damit der Radverkehr noch erkennbar ist: die korrekte Einstellung der Spiegel, die Wahrnehmung des Radfahrenden am äußersten Rand des Weitwinkelspiegels, der Blick in den Weitwinkelspiegel zum richtigen Zeitpunkt, die Radfahrenden fahren eher links auf der

Radverkehrsanlage sowie kein Vorhandensein von zusätzlichen temporären Sichteinschränkungen.

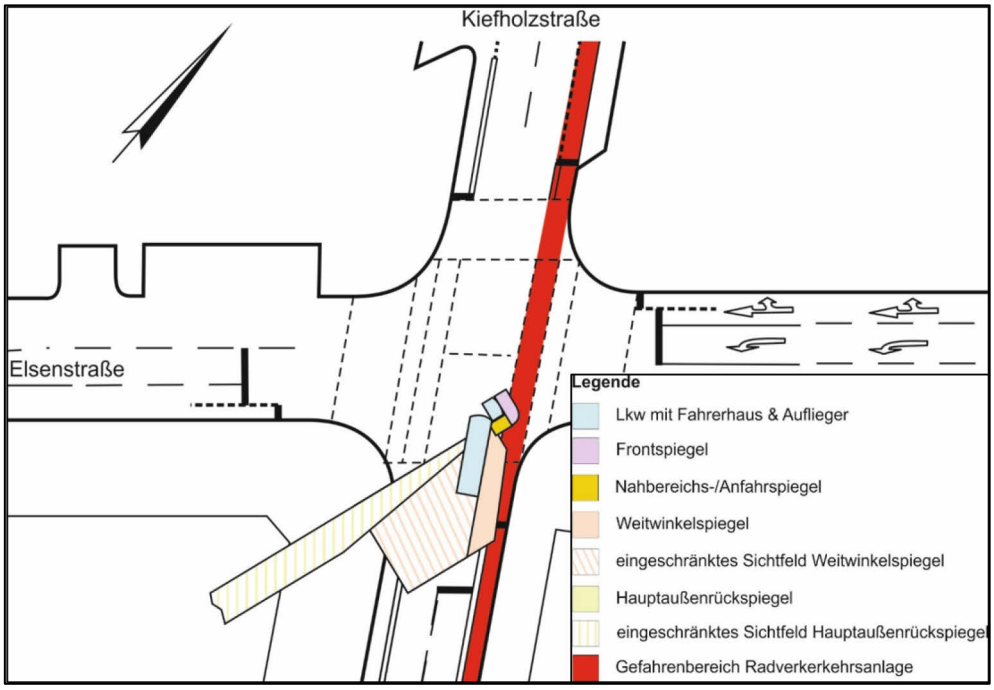


Abbildung 33: starke Sichteinschränkung bei Kurvenfahrt

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

5.2.4 Keine Sicht auf die Radverkehrsanlage möglich

Weiterhin gibt es sieben KPA, bei denen im eingelenkten Zustand keine Sicht auf die RVA vorliegt (vgl. Abbildung 34). Dies entsteht häufig durch die Kombination von Sichtbehinderungen (z.B. Begrünung und ruhender Verkehr) und zusätzlich abgesetzter Radverkehrsanlage, die geradlinig weit abgesetzt ist und nicht herangeführt wird. In allen Fällen wird dies durch einen hohen Richtungsänderungswinkel zusätzlich negativ beeinflusst. Für den heranfahrenden Radverkehr ist dies besonders kritisch, da jener vom Lkw-Fahrenden nicht gesehen werden kann. In einigen Fällen (je nach seitlichem Abstand und diversen Fahrzeug/Fahrer-Eigenschaften) ist die radfahrende Person erst am Ende im direkten Sichtfeld erkennbar – kurz vor dem möglichen Zusammenprall. Mit Reaktions- und Bremszeit ist die Vermeidung eines Zusammenpralls dann eher unwahrscheinlich. Erschwerend kommt die Tatsache hinzu, dass bei solchen Umständen die Radfahrenden die Situation möglicherweise falsch einschätzen oder aufgrund vorhandener Sichthindernisse nicht bemerken, dass der Lkw rechts abbiegt. Als kritisch ist diese Situation ohnehin einzustufen. Sollte jedoch auch die gesamte Heranfahrt mit einer erheblichen Sichteinschränkung an solchen Knotenpunktarmen gegeben sein, sodass der Radverkehr potentiell auch im Vorfeld nicht wahrgenommen werden kann, so ist dies eine stark kritische Infrastrukturgestaltung. Diese Kombination ist an sechs KPA vorhanden, welches im nachfolgenden Kapitel 5.3 zusammenfassend dargestellt wird.

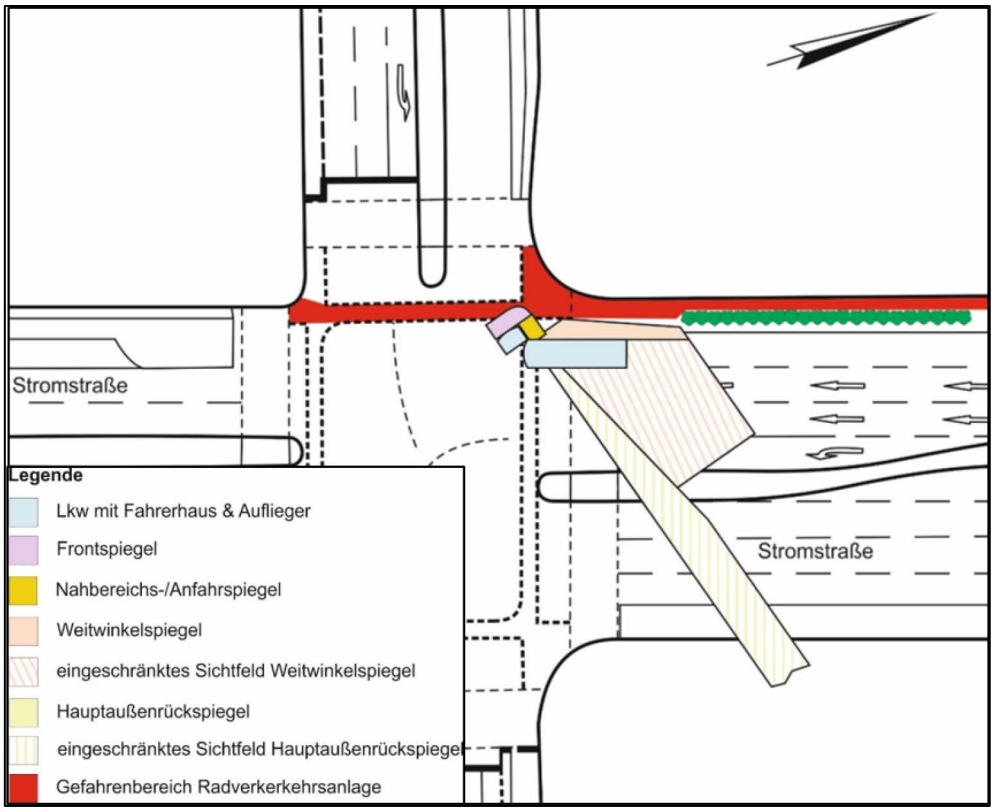


Abbildung 34: keine Sicht bei Kurvenfahrt

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

5.3 Ergebnisse der Sichtanalysen

Abschließend ergeben sich verschiedene Einstufungen der Sichtanalysen durch die Kombination der Sicht bei Heranfahrt und bei Kurvenfahrt für die KPA mit mindestens drei Unfällen. Ist bei der Heranfahrt die Sicht in beiden Spiegeln vorhanden und bei der Kurvenfahrt eine leichte Sichteinschränkung gegeben, so erfolgt die Einstufung *„in Ordnung“* (sechs KPA). Im Gegensatz hierzu gibt es die *Einstufung „stark kritisch“*, wenn bei Heranfahrt die Sicht nur wenig im Weitwinkelspiegel und bei der Kurvenfahrt keine Sicht vorhanden ist oder eine starke Sichteinschränkung vorliegt (sieben KPA). Eine leichte Abstufung zur Bewertung *„kritisch“* erfolgt, wenn Radfahrende bei Heranfahrt wenig im Weitwinkel zu sehen sind und bei eingelenktem Zustand nur eine mittlere Sichteinschränkung vorhanden ist. Alternativ wird diese Einstufung auch vorgenommen, wenn bei der Heranfahrt beide Spiegel die Sicht zeigen, bei Kurvenfahrt jedoch starke Einschränkungen vorhanden sind (sieben KPA). Abschließend werden KPA mit leichten Einschränkungen in beiden Fahrtzuständen als *„ungünstig“* bewertet (acht KPA). Dies kann sowohl die Kombination der leichten Einschränkung bei Kurvenfahrt und Sicht nur im Weitwinkelspiegel bei Heranfahrt oder jene der mittleren Einschränkung bei Kurvenfahrt und Sicht in beiden Spiegeln bei Heranfahrt sein.

Tabelle 18 zeigt die gesamte Bewertung der Sichtanalysen nach der Kategorie der 28 Sichtanalysen an 27 KPA, sowohl bei Heranführung, als auch bei eingelenktem Zustand für den herannahenden Radverkehr. In Anlage 31 bis Anlage 58 befinden sich zu den jeweiligen

KPA für beide Zustände die Bilder zur Veranschaulichung. Hier sei nochmal erwähnt, dass die Sicht nur exemplarisch für einen Sattelschlepper mit Auflieger dargestellt ist.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Sichtanalysen an Knotenpunkten mit mindestens drei Unfällen

Knotenpunkt	Sicht Heranfahrt	Sicht Kurvenfahrt	Einstufung
Marienfelder Allee / Hildburghauser Str.	in beiden Spiegeln	leichte Einschränkung	in Ordnung
Frankfurter Allee / Warschauer Straße			
Ost	in beiden Spiegeln	leichte Einschränkung	in Ordnung
Süd	in beiden Spiegeln	leichte Einschränkung	in Ordnung
Bornholmer Straße / Malmöer Straße	in beiden Spiegeln	leichte Einschränkung	in Ordnung
Friedrichstraße / Kochstraße	in beiden Spiegeln	leichte Einschränkung	in Ordnung
Perleberger Straße / Heidestraße	in beiden Spiegeln	mittlere Einschränkung	ungünstig
Tempelhofer Damm / Bayernring	nur Weitwinkel	leichte Einschränkung	ungünstig
Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer	in beiden Spiegeln	mittlere Einschränkung	ungünstig
Petersburger Straße / Landsberger Allee	nur Weitwinkel	mittlere Einschränkung	ungünstig
Modersohnstraße / Rudolfstraße	in beiden Spiegeln	mittlere Einschränkung	ungünstig
Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg	in beiden Spiegeln	mittlere Einschränkung	ungünstig
Machnower Straße / Teltower Damm	nur Weitwinkel	leichte Einschränkung	ungünstig
Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Str.	nur Weitwinkel	mittlere Einschränkung	ungünstig
Frankfurter Allee / Proskauer Straße	geringfügig Weitwinkel	mittlere Einschränkung	kritisch
Mehringdamm / Tempelhofer Ufer	geringfügig Weitwinkel	mittlere Einschränkung	kritisch
Scharnweber Str. / Antonienstraße	geringfügig Weitwinkel	mittlere Einschränkung	kritisch
Gottlieb-Dunkel-Str. / Tempelhofer Weg	geringfügig Weitwinkel	mittlere Einschränkung	kritisch
Teltower Damm / Berliner Straße	geringfügig Weitwinkel	mittlere Einschränkung	kritisch
Kiefholzstraße / Elsenstraße	in beiden Spiegeln	starke Einschränkung	kritisch

Knotenpunkt	Sicht Heranfahrt	Sicht Kurvenfahrt	Einstufung
Schönhauser Allee / Lottumstraße	geringfügig Weitwinkel	keine Sicht	stark kritisch
Klosterstraße / Ruhlebener Straße			
rechter Fahrstreifen	in beiden Spiegeln	leichte Einschränkung	in Ordnung
linker Fahrstreifen	geringfügig Weitwinkel	keine Sicht	stark kritisch
Mehringdamm / Fidicinstraße	geringfügig Weitwinkel	keine Sicht	stark kritisch
Berliner Straße / Eschengraben	nur Weitwinkel	keine Sicht	stark kritisch
Bernauer Straße / Hussitenstraße	geringfügig Weitwinkel	starke Einschränkung	stark kritisch
Wilhelminenhofstr. / Grundstückszufahrt	geringfügig Weitwinkel	keine Sicht	stark kritisch
Stromstraße / Alt Moabit			
Nord	geringfügig Weitwinkel	keine Sicht	stark kritisch
Ost	in beiden Spiegeln	keine Sicht	kritisch
Legende Farbgebung:	**in Ordnung**	**ungünstig**	**kritisch**	**stark kritisch**

5.4 Zwischenfazit und kritische Betrachtung der Ergebnisse

In den Sichtanalysen sind die maximal theoretischen Sichtfelder enthalten. Diese können durch bestimmte Sichtwinkel auf Basis verschiedener Körpergrößen und Sichtbehinderungshöhen sowie Spiegeleinstellungsfehlern durchaus noch vermindert werden. Wie bereits erwähnt ist diese Darstellung aufgrund der Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten nicht möglich. Zusätzlich wird hier von einer optimalen Stellung des Fahrzeugs im Vorfeld ausgegangen (gerade Heranfahrt). Sollte dies bereits nicht möglich sein, da sich beispielsweise der Fahrstreifen zum Rechtsabbiegen erst kurz vor dem KP zu einem solchen ausbildet und vorher vom ruhenden Verkehr genutzt wird, können sich noch stärkere Sichteinschränkungen ergeben. Zudem ist exemplarisch lediglich ein Lkw-Typ (Sattelschlepper) abgebildet. Durch andere Fahrzeugarten können sich die Sichtfelder unterscheiden.

Bei gerader Fahrzeugstellung sind vor allem jene Knotenpunkte problematisch, die eine weit abgesetzte Radverkehrsanlage ohne Heranführung in Kombination mit Sichthindernissen aufweisen. Durch Sichtbehinderungen kann ein Verlust der Sicht in allen Spiegeln die Folge sein. Durch abgesetzte Radverkehrsanlagen ohne Heranführung (aber ohne Sichtbehinderungen) wäre der Radverkehr nur im Weitwinkelspiegel sichtbar, was speziell für kleinere Lkw bis 7,5 t erhebliche Probleme aufweisen kann. Kleine Lkw sind von

den zusätzlichen Spiegeln ausgenommen, sodass ihre Sicht nur über den Hauptaußenrückspiegel möglich ist (vgl. Kapitel 2.4.2). Im eingelenkten Zustand ist die Sicht auf die Radverkehrsanlage in diesem jedoch nicht mehr möglich, je nach Fahrzeugaufbau ist zusätzlich kein Weitwinkelspiegel vorhanden und aufgrund des verdeckten Fahrzeugaufbaus kein Schulterblick möglich. Zu Fuß Gehende und Radfahrende am KP-Bereich können gegebenenfalls noch über das direkte Sichtfeld (Seitenfenster) gesehen werden, der heranfahrende Radverkehr hingegen nicht. Zusätzlich können dann lokale Sichthindernisse für einen Unfall begünstigend wirken. Wird das auf die eingangs erwähnten häufigeren Unfälle durch leichte Lkw umgelegt und auf die von Kolrep-Rometsch et al. (2013) erhöhten Konfliktrate, wenn sich der Radfahrende von hinten dem Knotenpunkt nähert, bezogen, ergibt sich ein erhebliches (Sicht-)Problem.

Problematisch ist, dass sich nähernde Radfahrende im eingelenkten Zustand grundsätzlich nur im Weitwinkelspiegel erkennbar sind. Je nach Grad des Einlenkens ist dies ca. 28 m vom Konfliktpunkt entfernt. Mit einer Geschwindigkeit des Radverkehrs von 18 km/h benötigen Radfahrende 5,6 s bis dorthin. In dieser Zeit müssen Lkw-Fahrende die Information im Spiegel korrekt wahrnehmen und eine Handlung durchführen. Die Zeit zur visuellen Wahrnehmung der Abfolge aller Spiegel wird je nach Literatur mit 1,2 s bis 2,0 s angegeben. Hinzu kommt die Bremszeit, die abhängig von der Geschwindigkeit ist (vgl. Kapitel 7.1.3). Wenn die Radfahrenden jedoch nur noch in der äußersten Ecke im Spiegel erkennbar sind, entspricht dies einem Weg von etwa 17 m, wofür die Radfahrenden mit 18 km/h ca. 3,4 s benötigen. Auch wenn der Fahrtzustand anhand der Unfalldaten nicht ermittelbar ist und in der Literatur (u.a. Hamacher et al. 2016; Malczyk und Bende 2017; Schreck und Seiniger 2015) einstimmig die meisten Unfälle geschehen, wenn der Lkw-Fahrende nicht anhält, ist die Sicht im eingelenkten Zustand auch bei langsamen Kurvenfahrten problematisch. Weiterhin ist die Sicht durchaus nur in einem sehr kleinen Bereich im Weitwinkelspiegel möglich, demnach muss der Lkw-Fahrende auch zum richtigen Zeitpunkt in den richtigen Spiegel schauen und in der kleinen Ecke den Radfahrenden als solchen erkennen. Und das in einem ausgesprochen kleinen Zeitintervall.

In der mesoskopischen Analyse auffällig ist der mit 75 % hohe Anteil an getöteten Frauen. Während die von Experten aufgestellten Thesen der gleichen Geschwindigkeit von weiblichen Radfahrenden und abbiegenden Lkw-Fahrenden nicht bestätigt werden konnte, bleibt fraglich, ob sich die Annäherungsgeschwindigkeiten beider stark ähneln. In der Annäherung müsste jedoch bei gerader Fahrzeugstellung unabhängig von der Geschwindigkeit und des Geschlechtes jeder Radfahrende in einem der Spiegel zu sehen sein. Oder, wenn die Sicht durch lokale Hindernisse verdeckt wird, ist der nicht einsehbare Bereich ebenfalls unabhängig von Geschlecht und Geschwindigkeit gleich. Demnach scheint die Geschwindigkeit keinen Einfluss zu haben. Möglich ist jedoch, dass Frauen aufgrund ihrer durchschnittlich kleineren Körpergröße (vgl. Kapitel 4.4.2.2) nicht das direkte Sichtfeld des Fahrzeugführenden erreichen und sich somit prozentual häufiger im toten Winkel befinden als männliche Radfahrende. Die Sichtanalysen haben gezeigt, dass speziell im eingelenkten Zustand oder bei weiter abgesetzten Furten das indirekte Sichtfeld sehr klein bis nicht vorhanden sein kann. Radfahrende sind erst spät im direkten Sichtfeld, kurz vor dem Zusammenprall, sichtbar. Da das direkte Sichtfeld von den Parametern des Fahrzeugaufbaus (Tiefe der Seitenscheiben), Position des Lkw-Fahrenden und Körpergröße

des Radfahrenden abhängt, könnte dies eine Begründung für den hohen Anteil getöteter weiblicher Radfahrender liefern. Denn: die direkte Sicht ist dann erst noch weiter abgesetzt vom Lkw (rechts) möglich. So vermuteten einige Autoren, dass sich weibliche Radfahrende, die sich einmal im toten Winkel befanden, nicht mehr aus diesem lösen können. Hierfür wäre die Betrachtung des „nebenherfahrenden“ Radverkehrs sinnvoll. Die Sicht auf den nebenherfahrenden Radverkehr ist aber nur schwer abschätzbar, vor allem, wenn sich dieser im direkten Sichtfeld befinden müsste. Das direkte Sichtfeld wird wie bereits erwähnt aus Gründen der vielen verschiedenen Parameter

- Art der Fahrzeugklasse (z.B. Höhe des Fahrzeugs)
- Hersteller des Nutzfahrzeugs (u.a. Tiefe der Scheiben)
- Sitzposition und Größe des Fahrzeugführenden
- Körpergröße sowie Position des Radfahrenden auf der Radverkehrsanlage
- Absetzung der Radverkehrsanlage
- Vorhandensein von Sichtbehinderungen
- Knotenpunktgeometrie und Abbiegeverhalten des Lkw-Fahrenden

nicht abgebildet. Demnach können im Rahmen der Arbeit keine Erkenntnisse auf den nebenherfahrenden Radverkehr gewonnen werden.

So zeigt sich besonders auf abgesetzten Radverkehrsanlagen ein dringender Handlungsbedarf. Die zusätzlichen Sichtbehinderungen bewirken eine ungünstige Kombination, sodass der Radverkehr zum Teil gar nicht zu sehen ist. Aber auch ungünstige Kombinationen von kleinen, kompakten Knotenpunkten und großen Richtungsänderungswinkeln sowie geringen Breiten der KP-Ausfahrt führen zu einem nicht einsehbaren Bereich – sogar bei Radverkehrsanlagen mit Fahrbahnführungen. Auf alle Kfz bezogen, vor allem auch auf Lieferwagen und Kleintransporter (andere Spiegelvorschriften), ist die nicht vorhandene Sicht – speziell im eingelenkten Zustand – stark kritisch.

6 Ermittlung von Gefahrenpotentialen

Neben den bereits enthaltenen Maßnahmen in den Richtlinien sollen neue generiert werden, die den Konflikt zwischen rechtsabbiegendem Schwer- und geradeaus fahrendem Radverkehr eindämmen. Aus der Literatur und auch durch die Unfallanalyse lassen sich Probleme ermitteln, für die es derzeit keine eindeutigen Angaben in den Richtlinien gibt. Vor der Maßnahmengenerierung im nächsten Kapitel erfolgt hier eine Zusammenfassung der festgestellten Auffälligkeiten mit der Angabe, ob es in den Richtlinien bereits Maßnahmen gibt und inwiefern Probleme vorhanden sind. Maßnahmen, die bereits hinreichend in den Richtlinien enthalten sind, sollen hier nicht aufgeführt werden. Diese tragen einen erheblichen Beitrag zur Sicherheit und Vermeidung des Konfliktes bei. Vielmehr sollten die vorhandenen Knotenpunkte nach den Vorgaben in den Richtlinien ausgestattet werden.

6.1 Ermittlung infrastruktureller Gefahrenpotentiale

Starken Einfluss haben Sichtbehinderungen, was sich vor allem aus den Sichtfeldanalysen aber auch aus der Literatur- und der Unfallanalyse ergibt. Die im Straßenverkehr existierenden Sichtbehinderungen, ob stationär oder temporär, verursachen gegenüber dem Umstand der freien Sicht doppelt so viele Konflikte (Stolz 2015). Zudem steigt die Häufigkeit von Sichtbehinderungen bei KPA mit mindestens einem Unfall von 41 % auf 74 % an KPA mit mindestens drei Unfällen an. Inwiefern generell an KP in Berlin Sichtbehinderungen vorliegen ist nicht bekannt. Diese lokalen Sichthindernisse haben oftmals einen erheblichen Einfluss auf die Sicht bei der Heranfahrt an den KP. Durch die Sichtanalysen konnte festgestellt werden, dass in einigen Fällen keine Sicht auf die Radverkehrsanlage möglich ist. Dies ist häufig der Fall, wenn weiter abgesetzte Furten ohne oder mit sehr kurzer Heranführung des Radweges ausgestattet sind. Der herannahende Radverkehr kann mitunter vom Lkw-Fahrenden nicht oder nur sehr schlecht wahrgenommen werden. Offenbar haben Sichtbehinderungen und weit abgesetzte RVA einen größeren Einfluss auf die Sicherheit, als bisher angenommen. Die Angaben in den Richtlinien konzentrieren sich auf die nicht einheitlichen und nicht detaillierten Bezeichnungen. So soll der Radweg in das Sichtfeld des Kraftfahrzeugverkehrs im Vorfeld des KP herangeführt werden und lokale Sichthindernisse entfernt werden. Längenangaben oder konkrete Beispiele sind nicht vorhanden.

Eine weitere Auffälligkeit ist die zum Teil starke Sichteinschränkung, wenn der Lkw-Fahrende sich bereits in einer Schrägstellung befindet. Durch das Vorbereiten der Kurvenfahrt oder das Gewähren der Vorfahrt von zu Fuß Gehenden entsteht mitunter eine eingelenkte Position, die die Sicht auf die Radverkehrsanlage nicht mehr gewährleistet. Während Pkw-Fahrende dieses Defizit über einen Schulterblick ausgleichen können, haben Lkw-Fahrende diese Option nicht und biegen teilweise „blind“ ab. Dies könnte auch das Problem hervorrufen, dass Frauen, vermutlich aufgrund ihrer geringeren Körpergröße, überdurchschnittlich häufig tödlich verunglücken. Die zu späte oder ausbleibende Wahrnehmung im direkten Sichtfeld des Lkw-Fahrenden wäre die Ursache hierfür, welche aber häufig die einzige Chance seitens der Lkw-Fahrenden ist, die Radfahrenden zu sehen. Ebenfalls Einfluss auf die Kurvenfahrt nimmt der Richtungsänderungswinkel (RÄW). Je

größer dieser ist, desto mehr Unfälle pro KPA sind zu verzeichnen, was sich auf die geringeren Sichtfelder bei eingelenktem Zustand zurückführen lässt. In den Richtlinien werden möglichst rechtwinklige Knotenpunktgestaltungen gefordert, welches sich in einigen Stadtstrukturen nicht immer realisieren lässt. Gleiches gilt für geringe Breiten der KP-Ausfahrt von unter 6 m. Hier müssen Lkw-Fahrende besonders stark einlenken oder sogar nach links ausholen, sodass dann die Sicht auf den herannahenden Radverkehr nahezu unmöglich ist. Um dieses auszugleichen, wäre laut Richtlinien ein Zurücksetzen der Haltlinie des Gegenverkehrs notwendig, was jedoch laut Schäfer (2017) häufig keine Anwendung findet. Der kritische Abstand zwischen der Radverkehrs- und Fußverkehrsfurt von 3 m bis 6 m könnte ebenfalls darauf zurückzuführen sein. Bei geringeren Abständen ist durch den Lenkradeinschlag und die Position noch eine geringfügige Restsicht auf den herannahenden Radverkehr gegeben. Bei größeren Abständen wiederum fahren die Radfahrenden vermutlich eher hinter dem Lkw an diesem vorbei. Angaben in den Richtlinien gibt es hierzu keine.

Führungsformen (wie z.B. planfreie Knotenpunkte), die den Konflikt gänzlich vermeiden, wären die sicherste Variante. Dies lässt sich jedoch im Stadtverkehr kaum umsetzen, da aufgrund der vielen Quell- und Zielbereiche immer Situationen entstehen, an denen die beiden Verkehrsteilnehmenden aufeinandertreffen. Eine Variante, die in Berlin vermehrt eingesetzt wird, ist die Lage des Radfahrstreifens in Mittellage. Hier wird dieser zwischen dem Rechtsabbiege- und Geradeausfahrstreifen für Kraftfahrzeuge (RIM) geführt. Ob sich dieser Konflikt jedoch nur verlagert, da sich die Wege nicht mehr im KP, sondern im Vorfeld kreuzen, und welche infrastrukturellen Gegebenheiten Zwangsbedingungen darstellen, ist in den Richtlinien nicht definiert. Zudem kann es speziell für den Schwerverkehr eine ungünstige Variante darstellen, da nun nicht nur die Seite rechts neben dem Fahrzeug, sondern zusätzlich die links beobachtet werden muss, welche beim Abbiegen jedoch noch deutlich schwieriger einzusehen ist. Dies wurde von einigen Berufskraftfahrern auf einer Veranstaltung der BG-Verkehr zum Thema Abbiegen genannt. Tabelle 19 gibt einen Überblick der infrastrukturellen Gefahrenpotentiale.

Tabelle 19: infrastrukturelle Gefahrenpotentiale

Merkmal	auf Basis von	Maßnahmen in Richtlinien	Defizit
lokale Sichthindernisse	Literatur- / Unfall- / Sichtanalyse	Entfernung von Sichthindernissen	keine konkrete Angaben
Heranführung des Radweges	Unfall- / Sichtanalyse	Radverkehr vor dem KP ins Sichtfeld	keine konkrete Längenangaben
Absetzung der RVA	Literatur- / Unfall- / Sichtanalyse	möglichst fahrbahnnah	keine konkrete Angaben
Breite der KP-Ausfahrt	Unfall- / Sichtanalyse	keine Angaben vorhanden	kleiner als 6 m kritisch
Abstand RV- und FV-Furt	Unfallanalyse	keine Angaben vorhanden	zwischen 3 m und 6 m kritisch
Radfahrstreifen in Mittellage	Literatur	Prinzipskizze	keine konkreten Ausführungsangaben

6.2 Ermittlung betrieblicher Gefahrenpotentiale

Der in den Richtlinien vorgegebene Zeitvorsprung der Radfahrenden steht im Widerspruch mit der Anbringung eigener Radverkehrssignalgeber, was im Kapitel 2.6 detailliert erläutert wurde. Auch wenn aus der Unfallanalyse keine Auffälligkeiten diesbezüglich ermittelt werden konnten, so sollte die Maßnahme weiterhin umgesetzt werden. Unfälle und Konflikte müssten zusammenhängend mit dem Fahrtzustand analysiert werden, um hierfür neue Erkenntnisse zu erhalten. Es wird davon ausgegangen, dass diese Maßnahme ihren Zweck erfüllt. Die Sicht auf sich bereits aufgestellte Radfahrende, die mit Grünbeginn anfahren, kann dadurch erheblich verbessert werden. Klare Angaben fehlen in diesem Zusammenhang hingegen zu der Umsetzung des eigenen Signalgebers für den Radverkehr.

Stolz (2015) stellt fest, dass besonders die Situation konfliktbehaftet ist, wenn der Fußsignalgeber bereits Rot zeigt, der der Radfahrenden jedoch noch freigegeben ist. Die Blockschaltung kann somit zur Sicherheit beitragen, aber auch aufgrund der Akzeptanz vermehrt Rotlichtverstöße hervorrufen, da gegebenenfalls ein früheres Freigabeende nötig ist. Anhand der Unfalldaten können keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Bei Mitnutzung des Kfz-Signalgebers ist dies zudem nicht möglich. Angaben in den Richtlinien sind hierzu keine vorhanden. Zwar wurde erst im Jahr 2017 die StVO dahingehend geändert, dass Radfahrende nun den Kfz- Signalgeber anstatt des Fußsignalgebers[41] nutzen müssen (wenn sie keinen eigenen haben), ob dies seitdem aber vermehrt zu Unfällen führt, kann nicht gesagt werden.

Auch die getrennte Signalisierung der beiden konfliktbehafteten Ströme weist sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Bei einer getrennten Freigabe der beiden Ströme ist der Konflikt an KPA mit LSA ausgeschlossen. Durch die Einführung einer neuen Phase sind jedoch auch geringere Freigabezeiten und dadurch mitunter höhere Wartezeiten zu erwarten. Die theoretische volle Sicherheit kann also durch geringe Akzeptanz und Zunahme von Rotlichtverstößen abgemindert werden. Die Literatur gibt einige Zwangspunkte der getrennten Signalisierung an, worunter auch jener des mehrstreifigen Abbiegens fällt. Der stark erhöhte Quotient in der Unfallanalyse und die nicht vorhandene Sicht im Vorfeld und bei Kurvenfahrt auf dem zweiten Fahrstreifen in der Sichtanalyse unterstreicht die Dringlichkeit dessen. Weitere konkrete Angaben zur Umsetzung gibt es keine in den Richtlinien. Definitionen von Grenzwerten sind auch in anderen Forschungsarbeiten nicht zu finden. Einige Autoren geben grundsätzliche Situationen an, bei denen die getrennte Signalisierung eingeführt werden sollte. Hierzu zählt beispielsweise eine hohe Verkehrsstärke oder eine starke Längsneigung. Definitionen von „hoch“ und „stark“ sind keine vorhanden. Tabelle 20 fasst die betrieblichen Gefahrenpotentiale zusammen.

[41] *„An Lichtzeichenanlagen mit Radverkehrsführungen ohne besondere Lichtzeichen für Rad Fahrende müssen Rad Fahrende bis zum 31. Dezember 2016 weiterhin die Lichtzeichen für zu Fuß Gehende beachten, soweit eine Radfahrerfurt an eine Fußgängerfurt grenzt.“ (Bundesministerium des Innern 2013, § 37 (2) 6.)*

Tabelle 20: betriebliche Gefahrenpotentiale

Auffälligkeiten	auf Basis von	Maßnahmen in Richtlinien	Defizit
Blockschaltung	Literatur	keine Angaben vorhanden	falsche Einschätzung der Kfz-Fahrenden
getrennte Signalisierung	Literatur / Unfallanalyse	bei mehrstreifigem Abbiegen	keine weiteren Angaben
Signalgeber RV	Literatur	detailliert vorhanden	widersprüchliche Angaben

6.3 Fahrverhalten und Konflikte

Aus der Literatur ergeben sich einige kritische Punkte, die im Rahmen der Dissertation untersucht werden sollen. Hierzu zählt die erhöhte Gefahr des Konfliktes bei Abbiege-kolonnen, wie sowohl Kolrep-Rometsch et al. (2013) als auch Stolz (2015) herausfanden. Die erhöhte Aufmerksamkeit auf das vorfahrende Fahrzeug und der fehlende Schulterblick vor dem Abbiegen sind dabei die grundlegenden Probleme. Als weitere sehr kritische Situation wird die der höheren Radgeschwindigkeiten herausgestellt (Below 2016; Stolz 2015). Hierbei ist an Knotenpunkten mit leichtem Gefälle mit einer höheren Geschwindigkeit der Radfahrenden zu rechnen, welches eine fünffache Konfliktwahrscheinlichkeit zur Folge hat. Alle diese kritischen Punkte ergeben sich aus dem ebenfalls sehr konfliktbehafteten Fall, bei der sich die Radfahrenden aus freier Fahrt nähern. So lassen sich alle Defizite auf die Konfliktsituation zurückführen, bei der die Radfahrenden aus freier Fahrt kommen, was grundsätzlich von Kolrep-Rometsch et al. (2013) als Fall mit den häufigsten Konflikten ermittelt wird. Konkrete Maßnahmen in den Richtlinien zielen nicht auf diese Situation ab, sind aber den infrastrukturellen Gefahrenpotentialen zuzuordnen.

6.4 Ermittlung fahrzeugseitiger Einflüsse

Die direkte Sicht aus dem Fahrzeug ist abhängig von vielen Faktoren – vor allem von dem Fahrzeugaufbau inklusive der Sitzhöhe, der Tiefe der Seitenscheiben und der Größe der ungeschützten Person. So scheinen auf Grundlage der Unfallanalyse besonders Frauen durch ihre geringere Körpergröße später ins direkte Sichtfeld zu rücken und übermäßig häufig in Unfälle mit tödlichem Ausgang verwickelt zu sein. Kinder hingegen sind in den Unfalldaten nur wenige enthalten, haben aber ebenfalls eine kleinere Körpergröße. Oftmals werden diese jedoch als andere Verkehrsteilnehmerart von der Polizei aufgenommen, weshalb sie in den Daten unterrepräsentiert sein könnten. In den Richtlinien sind keine Maßangaben zu direkten Sichtfeldern, sondern lediglich welche zu indirekten Sichtfeldern vorhanden. Da in anderen Forschungen ein toter Winkel ermittelt wurde, welcher genau den kritischen Bereich zwischen indirekter und direkter Sicht abbildet, sollte hier unbedingt ein Ansatz gefunden werden. Zudem ist die direkte Sicht deutlich besser als die indirekte Sicht, da keine Verkleinerung der Objekte stattfindet. Weiterhin sind die Angaben aus vorherigen Forschungen und den Richtlinien bei indirekter Sicht immer unter optimalen Einstellungen der Spiegel gegeben. Der Bereich des toten Winkels kann sich durchaus noch erhöhen,

wenn diese nicht korrekt eingestellt sind. Spiegel-Einstell-Planen sollen hierbei Abhilfe schaffen. Davon abgesehen ist unter richtiger Einstellung der Spiegel, optimaler direkter Sichtbeziehung und ohne infrastrukturelle Defizite ein weiterer Punkt von hoher Bedeutung: der richtige Blick zum richtigen Zeitpunkt in den jeweiligen Spiegel. Und das in einer sehr kurzen zur Verfügung stehenden Zeit. Jedoch muss auch erwähnt werden, dass abbiegende Lkw nicht nur auf die ungeschützten Verkehrsteilnehmenden achten, sondern auch ihre gesamte Schleppkurve im Blick haben müssen. Hier könnte die Reihenfolge der Spiegelblicke ein bedeutender Ansatz sein.

Auch Spiegel-Ersatz-Systeme wie Kamera-Monitor-Systeme gewinnen immer mehr an Bedeutung und Beliebtheit. Teilweise sind diese durch ihre bessere Abbildung der Gegebenheiten bereits in den europäischen Richtlinien als Ersatz-System erlaubt. Aber auch als zusätzliche Unterstützung können diese ihren Beitrag zur Sicherheit liefern. Gleiches gilt für Fahrerassistenzsysteme. Speziell dem Abbiegeassistenten wird in den vergangenen Jahren hohe Bedeutung zugesprochen. Die verpflichtende Einführung wird in den kommenden Jahren vorangetrieben werden, bis dahin gibt es in keiner Richtlinie Zwangspunkte hierfür. Assistenzsysteme können somit einen Beitrag zur Sicherheit liefern, scheinen aber alleine nicht alle Unfälle verhindern zu können. Speziell dann, wenn die Radverkehrsanlagen weiter abgesetzt sind und zusätzlich Sichtbehinderungen durch parkende Fahrzeuge vorhanden sind, kommen diese an ihre Grenzen. In Tabelle 21 sind die fahrzeugseitigen Gefahrenpotentiale dargestellt.

Tabelle 21: fahrzeugseitige Gefahrenpotentiale

Auffälligkeiten	auf Basis von	Maßnahmen in Richtlinien	Defizit
direkte Sicht	Literatur- / Unfallanalyse	keine Angaben vorhanden	abhängig von vielen Faktoren sehr unterschiedlich
indirekte Sicht	Literatur- / Sichtanalyse	viele Vorgaben vorhanden	fahrzeugklassenabhängig, Sichteinschränkung möglich
Assistenz-systeme	Literatur-analyse	mitunter neue Angaben vorhanden	keine Verpflichtung; kann keinen kompletten Schutz gewähren

6.5 Zusammenfassung der Gefahrenpotentiale

Die aufgeführten Gefahrenpotentiale unterteilen sich in jene des Radverkehrs im Nahbereich und des heranfahrenden Radverkehrs. Das in den ERA vorgeschlagene Maßnahmenrepertoire zielt jedoch meist auf die Situation ab, wenn der Radfahrende bei Rot anhält und anschließend die Fahrt fortsetzt (Nahbereich). Nachfolgend sollen demnach die Defizite aufgeführt werden, die durch den herannahenden Radverkehr entstehen, wofür es in den Richtlinien keine, oder nur sehr ungenaue, Angaben gibt. Hierfür müssen zweifelsohne Maßnahmen entwickelt werden. Da dies gerade in Bezug auf die Aufhebung der Benutzungspflicht von RVA und die damit verbundene Mitbenutzung der Kfz-Signalgeber sowie der Planung von Grünen Wellen[42] für den Radverkehr immer mehr an Bedeutung

[42] In Berlin ist derzeit eine Teststrecke implementiert. Siehe hierzu auch Richter et al. (2014b).

gewinnt (und dadurch der Radverkehr häufiger aus freier Fahrt kommt), wird dies im Rahmen der Dissertation genauer untersucht. Eine Zusammenfassung gibt Tabelle 22.

Tabelle 22: Zusammenfassung der Gefahrenpotentiale

infrastrukturelle Parameter	betriebliche Parameter	fahrzeugseitige Parameter
lokale Sichthindernisse	getrennte Signalisierung	indirekte Sicht
Absetzung der RVA	Blockschaltung	direkte Sicht
Heranführung der RVA		Assistenzsysteme
Abstand RV-FV-Furt		
Breite KP-Ausfahrt		
RIM		
Richtungsänderungswinkel		
Radverkehr nähert sich von hinten dem KP aus freier Fahrt an		

Die Gefahrenpotentiale des sich von hinten nähernden Radverkehr lassen sich in zwei grundsätzliche Fahrtzustände zusammenfassen: Einerseits ist das die Heranfahrt des Lkw. Hierbei kann es durch lokale Sichthindernisse, die Absetzung der Radverkehrsanlage im Vorfeld, der nicht durchgeführten Heranführung der Radverkehrsanlage, ungünstiger Spiegeleinstellungen und Blickverhalten sowie hoher Geschwindigkeiten vorkommen, dass der Fahrzeugführende den sich annähernden Radverkehr nicht sieht. Andererseits ist der Abbiegevorgang von Bedeutung, da hier andere Probleme auftreten, als bei der Heranfahrt an den KP. Wie die Literatur und vor allem auch die Sichtanalysen gezeigt haben, sind hier die Parameter Absetzung der Furt inklusive der direkten Sicht, Abstand der RV- und FV-Furt, Breite der KP-Ausfahrt, RÄW und die LSA-Schaltung von Bedeutung (vgl. Abbildung 35).

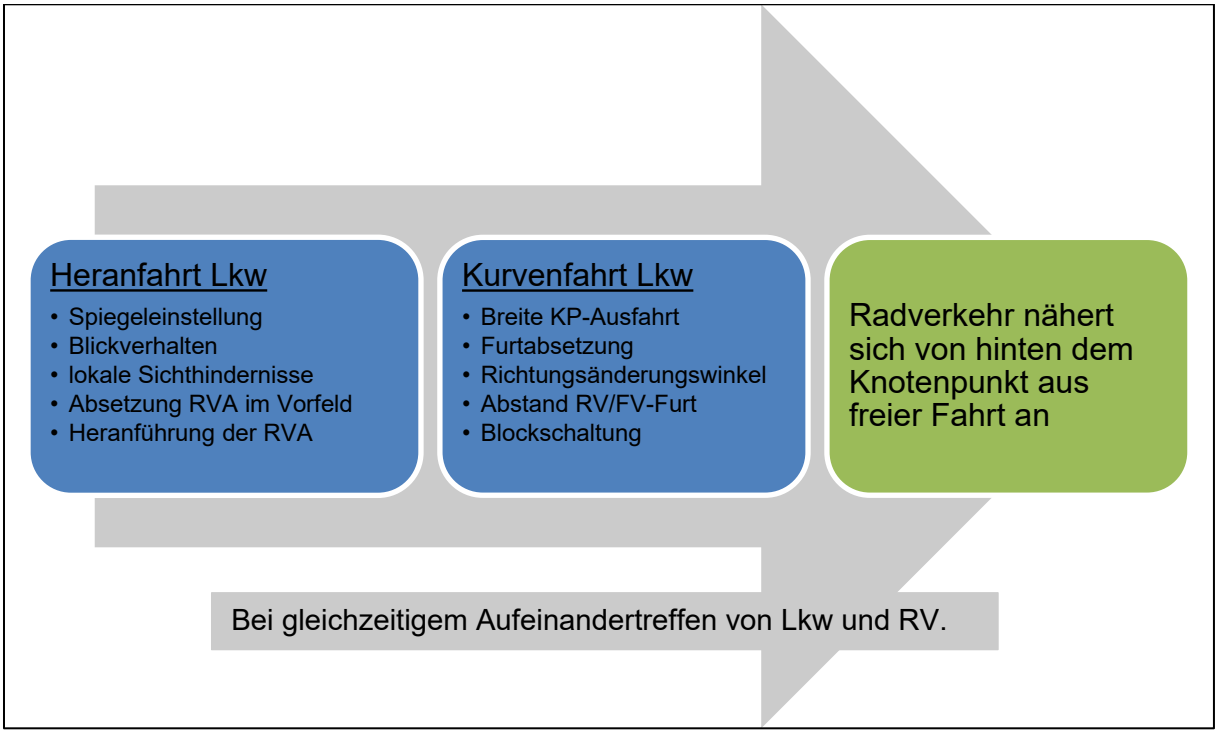


Abbildung 35: Problematik des Radverkehrs aus freier Fahrt

7 Generierung von Maßnahmenvorschlägen

Um den heranfahrenden Radverkehr besser vor abbiegenden Fahrzeugen zu schützen, werden hierfür Maßnahmen generiert und kritisch diskutiert. In den Richtlinien zielen die vorhandenen Maßnahmen eher auf den sich aufgestellten Radverkehr ab (z.B. vorgezogene Haltlinien, Zeitvorsprung, ortsfeste Spiegel). Maßnahmen zur Sicherung des herannahenden Radverkehrs sind, wenn sie in den Richtlinien vorhanden sind, eher unkonkret beschrieben. Viele Probleme lassen sich, wie die Unfall- und Sichtanalysen gezeigt haben, auf die nicht vorhandene Sicht auf den herannahenden Radverkehr zurückführen, weshalb diesem eine hohe Bedeutung zugesprochen wird. Auch kann der aktuell vielfach diskutierte Abbiegeassistent (oder andere Fahrerassistenzsysteme) durch Sichthindernisse an die Systemgrenzen der Detektion stoßen.

7.1 Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand[43]

Für die Heranfahrt des Lkw an den Knotenpunkt ist die Heranführung des Radweges im Vorfeld des Knotenpunktes eine Schlüsselmaßnahme, da so die Sicht auf die RVA gewährleistet werden kann. Mit der konsequenten Umsetzung einer Heranführung an den Fahrbahnrand würden die stark auffälligen Defizite der Absetzung der RVA im Vorfeld (und im KP-Bereich) und die lokalen Sichthindernisse weitgehend entfallen. Dies würde einen ausgesprochen hohen Sicherheitsvorteil bieten, was die Unfallanalyse und vor allem die Sichtanalysen aufgezeigt haben. Des Weiteren wäre das Blickverhalten einfacher zu schulen (gleiche Reihenfolge, in der die Radfahrenden wahrgenommen werden können) sowie die Einstellung der Spiegel besser überprüfbar. Die Detektionsmöglichkeit für Assistenzsysteme ist dadurch bedingt zusätzlich einfacher, da keine Hindernisse die Detektion erschweren.

Auch kann für den Bereich des Abbiegevorgangs durch die geradlinige Heranführung ein erheblicher Vorteil entstehen. So wäre im eingelenkten Zustand die Sicht zumindest (meistens) über den Weitwinkelspiegel gegeben. Zudem wäre die direkte Sicht erhöht, da zusätzliche lokale Sichtbehinderungen durch die Heranführung eliminiert werden würden. Durch die Führung in fahrbahnnähe könnten die Rad- und Fußverkehrsfurten näher zum KP-Innern gerückt werden, wodurch der Abstand zwischen Fußverkehrs- und Radverkehrsfurt auf ein Minimum reduziert werden würde. Hierfür müsste in den Richtlinien entsprechend neu verankert werden, dass die beiden Furten möglichst nah beieinander geführt werden sollen, wobei dies noch detaillierteren Untersuchungen unterzogen werden müsste.

Abbildung 36 fasst die Vorteile der hinreichenden Heranführung an den Knotenpunkt auf Basis der Abbildung 35 zusammen. Dabei ist wie bereits beschrieben ersichtlich, dass, mit einer Heranführung sowohl alle Probleme bei der Heranfahrt, als auch einige bei der Kurvenfahrt unterbunden werden können. Die Problematik, dass bei eingelenktem Zustand je nach KP-Gestaltung und Art des Fahrzeugaufbaus sowie der zugehörigen (verpflichtenden) Spiegel die Sicht auf herannahende Radfahrende nicht möglich ist, bleibt vorhanden.

[43] Teile dieses Kapitels wurden in Sachs (2018) bei der Konferenz „Road Safety on Five Continents“ in Jeju (Südkorea) 2018 vorveröffentlicht.

Da infrastrukturelle Maßnahmen hier mitunter an die Grenzen stoßen werden weitere Maßnahmen im Kapitel 7.2 diskutiert.

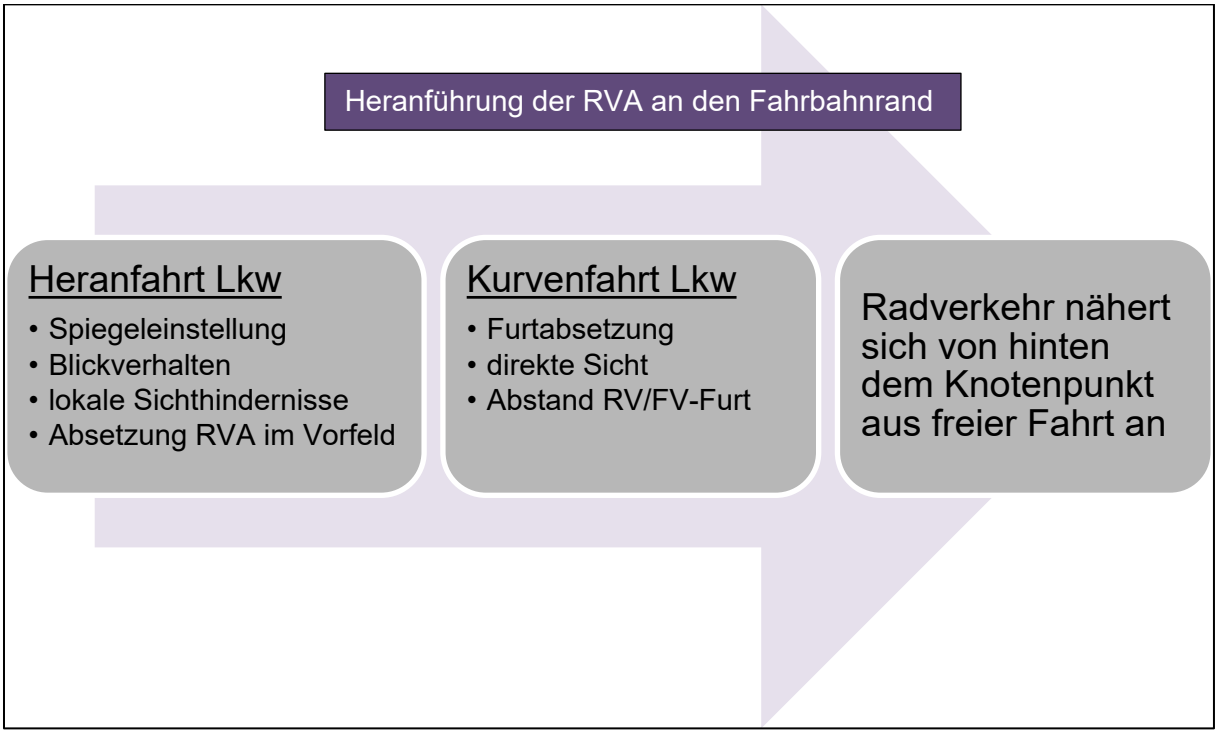


Abbildung 36: Reduktion der Gefahrenpotentiale durch Heranführung an den KP

Nicht nur die verdeckte Sicht durch eine fehlende Heranführung, welche wiederum eine weitere Absetzung der Radverkehrsanlage im Vorfeld bedingt, birgt ein hohes Konflikt- und Unfallpotential. Gepaart mit den steigenden Durchschnittsgeschwindigkeiten der Radfahrenden ergibt sich ein schnelleres Zurücklegen von Wegestrecken, sodass weniger Handlungszeit für abbiegende Fahrzeugführende bleibt. Ein weiteres Problem ist, dass die Radgeschwindigkeiten von anderen Verkehrsteilnehmenden durchaus falsch eingeschätzt werden können. Zum Beispiel werden durch das geringere Pedalieren beim Pedelec Radfahrende langsamer wahrgenommen, als jene auf konservativen Rädern (Gehlert 2017). Stolz (2015) fand in seiner Masterarbeit heraus, dass höhere Radgeschwindigkeiten eine fünffach höhere Konfliktwahrscheinlichkeit mit sich bringen. Besonders leicht sind höhere Geschwindigkeiten an Gefällestrecken zu erreichen. Dies bedeutet auch, dass die Radfahrenden im Vorfeld (früher) wahrgenommen werden müssen. Sie müssen sich dazu im Sichtfeld des abbiegenden Fahrzeuges befinden. Fraglich ist jedoch, ob nach Aufnahme der Information (Wahrnehmung der Radfahrenden) noch genug Zeit zur Verarbeitung und Handlung (Bremsen) bleibt, um die Vorfahrt zu gewähren. Hierbei stellt sich insbesondere die Frage, wie weit vorher die Heranführung des Radweges an den Fahrbahnrand und somit in das Sichtfeld eingeleitet werden muss. Als Ausgangslage dienen hierfür die Angaben aus den ERA, die zwar nicht direkt auf die Heranführung des Radweges bezogen werden, aber zur Auflösung von baulichen Radwegenden dienen. Hier wird eine Heranführung an den Fahrbahnrand mit einer Länge von 10 m bis 20 m angegeben. Zusätzlich kommt eine Verziehungsstrecke von ca. 20 m hinzu (FGSV 2010, S. 26). Auch im Leitfaden zur Sicherung des Radverkehrs vor abbiegenden Kfz wird von einer Heranführung der

Radverkehrsanlage von 10 m gesprochen (Alrutz et al. 2015c, S. 19). Diese Daten sollen anhand von Berechnungen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

7.1.1 Annahmen zur Berechnung der Heranführung

Zur Überprüfung der vorgegebenen Heranführung des Radweges in das Sichtfeld der abbiegenden Fahrzeuge von mindestens 10 m werden folgende Annahmen getroffen, welches Abbildung 37 in einer Prinzipskizze darstellt:

- Interessant ist die Situation bei Freigabe, sodass sich die Verkehrsteilnehmenden in freier Fahrt befinden. (Andernfalls hat die Anzeige der LSA den Einfluss, dass die Geschwindigkeit bereits vorher reduziert wird und davon ausgegangen wird, dass Fahrzeuge rechtzeitig zum Stillstand kommen.)
- Radfahrende fahren mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit $v_{Rf} = konstant.$
- Die Berechnungen erfolgen auf Basis von Schnabel und Lohse (2011), unabhängig vom Fahrzeugtyp (Lkw und Pkw).
- Die Verzögerung des Kfz wird als gleichförmige negative Beschleunigung aus Schnabel und Lohse (2011) angenommen.
- Die Auswirk- bzw. Reaktionszeit ist mit 1,0 s innerorts anzusetzen (Schnabel und Lohse 2011, S. 28 und S. 33). Die allgemeinen Angaben von Natzschka (2011, S. 17) mit 2,0 s scheinen für den Innerortsbereich ungeeignet, da im städtischen Verkehr mit häufigeren Bremsvorgängen gerechnet wird.
- Radfahrende werden zu Beginn der 10 m Heranführung vom abbiegenden Fahrzeug wahrgenommen (direktes oder indirektes Sichtfeld).
- Die Bewegungen von Kfz und RV erfolgen in gleicher Richtung.
- Es wird eine minimale (Annäherungs-)Geschwindigkeit von 15 km/h (da die Bremswege inklusive Bremszeit und Reaktionszeit darunter gering sind) und eine maximale (zulässige) Geschwindigkeit von 50 km/h gewählt (Geschwindigkeiten zur Vorbereitung eines Abbiegevorgangs 10 m vor dem KP mit mehr als 50 km/h sind aus fahrdynamischen Gründen unwahrscheinlich und meist nicht erlaubt).
- Es sind normale Bedingung anzunehmen, die den geringsten Bremsweg angeben:
    - keine Längsneigung,
    - kein Luftwiderstand,
    - trockene Fahrbahn.

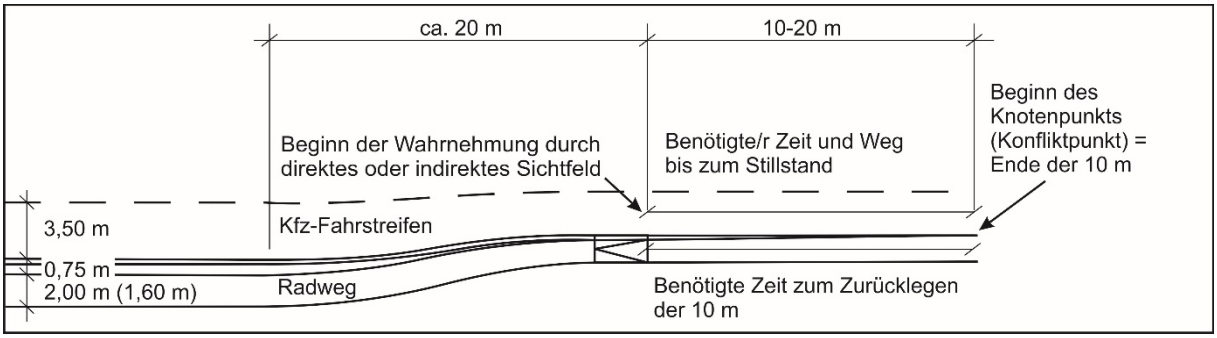


Abbildung 37: Prinzipskizze 10 m Heranführung des Radweges

Quelle: veränderte Darstellung nach FGSV (2010, S. 26)

7.1.2 Zeitdauer der Radfahrenden

Die Zeitdauer der Radfahrenden ergibt sich aus der gefahrenen Geschwindigkeit und dem Weg von 10 m (Mindestlänge der Heranführung) zu:

$$t_{RV} = \frac{s*3{,}6}{v_{RV}}; mit\ s = 10m \qquad (1)$$

Hierfür ergeben sich die in Anlage 59 dargestellten Werte. Tabelle 23 zeigt einen Ausschnitt der Geschwindigkeitsbereiche 18 km/h bis 23 km/h. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit der Radfahrenden von 18 km/h[44] benötigen diese für 10 m eine Zeitdauer von 2,0 s. Bei einer Geschwindigkeit von 23 km/h[45] benötigen die Radfahrenden nur 1,57 s zum Zurücklegen der 10 m. Somit bleibt den Kfz-Fahrenden von der Wahrnehmung der Radfahrenden 10 m vor dem Knotenpunkt bis zum Stillstand eine Zeit von 2,0 s oder weniger. Speziell für Lkw-Fahrende stellt dies ein erhebliches Problem dar, da eine Zeit von bis zu 2 s benötigt wird, um beim Abbiegen und der Vorbereitung in alle relevanten Spiegel zu schauen. Sollte sich demnach der Radfahrende innerhalb dieser 10 m im Sichtfeld befinden und nicht von lokalen Sichthindernissen verdeckt werden, ist die Wahrnehmung in der kurzen Zeitspanne durch die verschiedenen Spiegelsysteme, je nach Position der Radfahrenden, äußerst schwierig. Mitunter legen die Radfahrenden die Strecke schneller zurück, als der Fahrzeugführende Zeit benötigt, in alle Spiegel zu schauen (davon abgesehen, dass er zum richtigen Zeitpunkt in den jeweils korrekten Spiegel schauen muss).

Tabelle 23: Zeitdauer Radfahrende bei 10 m Heranführung (Ausschnitt 18 - 23 km/h)

Geschwindigkeit RV [km/h]	Geschwindigkeit RV [m/s]	Heranführung [m]	Zeitdauer [s]
18	5,000	10	2,00
19	5,278	10	1,89
20	5,556	10	1,80
21	5,833	10	1,71
22	6,111	10	1,64
23	6,389	10	1,57

Die Zeit für das Zurücklegen des Bremsweges der Kfz ist insofern irrelevant, so lange dieser weniger als 10 m beträgt und weiterhin davon ausgegangen wird, dass der Kfz-Fahrende den Radfahrenden zu Beginn der 10 m Heranführung durch das direkte oder indirekte Sichtfeld wahrnimmt und die Radfahrenden mit ihrer vorherigen Geschwindigkeit konstant weiterfahren. Kritisch wird dies, wenn der Bremsweg länger als 10 m ist. Hierfür wird zunächst der Bremsweg der Kfz-Fahrenden bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten berechnet.

[44] Nach Alrutz et al. (2015b, S. 43) beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit heute 18,6 km/h.

[45] Die v_{85} wird von Alrutz et al. (2015b, S. 43) sogar mit 22,7 km/h angegeben.

7.1.3 Bremsweg der Kraftfahrzeug-Fahrenden

Die verzögerte Fahrt (im weiteren Verlauf auch Bremsung / Bremsvorgang genannt) kann in Betriebsbremsung und Gefahrenbremsung unterteilt werden. Die Betriebsbremsung wird in den häufigsten Fällen der Bremsvorgänge verwendet, wobei Bremsverzögerungswerte im Bereich 1 m/s² bis 2,5 m/s² angenommen werden (Schnabel und Lohse 2011, S. 28). Dies stellt die größtmögliche Verzögerung dar, die durch die Fahrbahnreibung (maximale tangentiale Kraftschlussbeanspruchung) gegeben ist (Schnabel und Lohse 2011). Die Bremsparabel der Betriebsbremsung ist in Anlage 60 enthalten. Bei der Gefahrenbremsung hingegen wird das Fahrzeug nicht komfortabel gleichmäßig abgebremst, sondern auf kürzestem Wege zum Stehen gebracht. Durchgeführt wird sie, um eine Konfliktsituation oder sogar Kollision zu vermeiden. Hierbei liegen die Bremsverzögerungswerte zwischen 3,0 m/s² und 6,0 m/s² (Natzschka 2011, S. 17). Schreck und Seiniger (2015, S. 23) geben die Bremsverzögerung eines durchschnittlichen Lkw mit 6,0 m/s² an. Da es sich bei Werten der Heranführung des Radweges um Mindestmaße handelt und ein Konflikt vermieden werden soll, werden im weiteren Verlauf die Parameter der Gefahrenbremsung benutzt. Die verzögerte Bewegung einer Gefahrenbremsung ist in Abbildung 38 dargestellt.

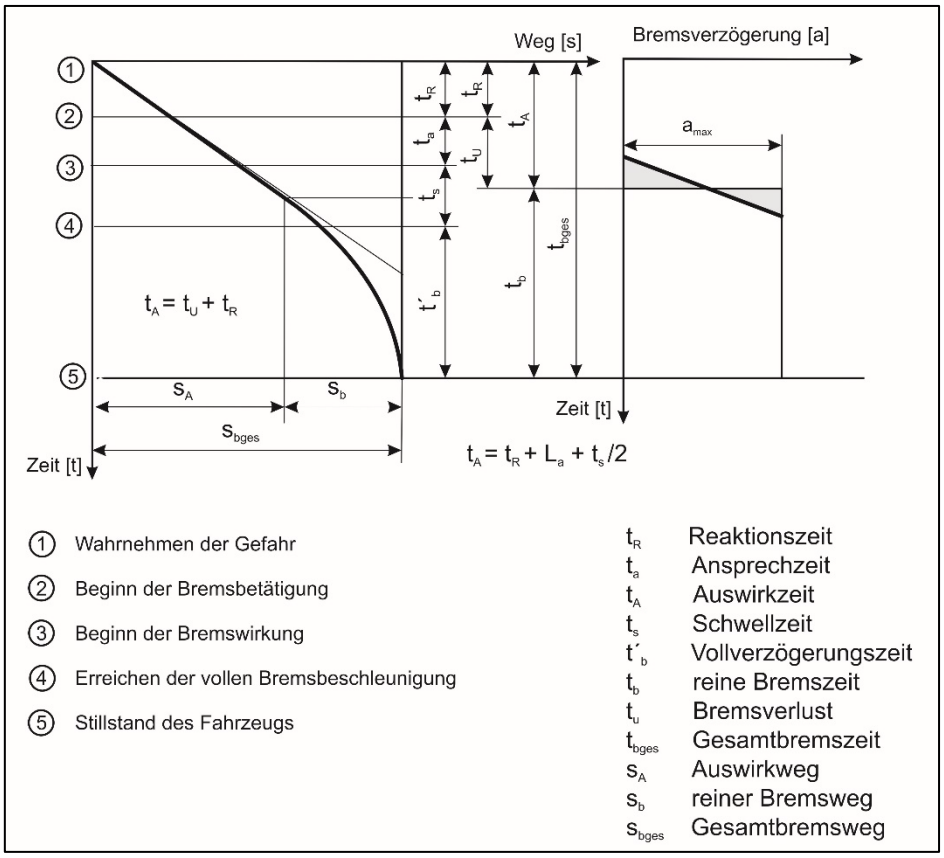


Abbildung 38: Bremsverzögerung einer Gefahrenbremsung

Quelle: Schnabel und Lohse (2011, S. 29)

Der Bremsweg einer Gefahrenbremsung für Kraftfahrzeuge setzt sich aus der Summe des reinen Bremsweges und des Auswirkweges zusammen. Ersterer wird aus der Erdbeschleunigung, der gefahrenen Geschwindigkeit und der mittleren Abbremsung berechnet, während der Auswirkweg von der Geschwindigkeit und der Auswirkzeit abhängt. Bei der

Berechnung des ersten Summanden nimmt die Erdbeschleunigung immer den konstanten Wert 9,81 m/s² an, die (Ausgangs-) Geschwindigkeit ist variabel. Die mittlere Abbremsung ist unter anderem vom maximalen tangentialen Kraftschlussbeiwert $f_{T,max}$ abhängig. Letzterer nimmt Einfluss auf den mittleren Reibungsbeiwert (Gleitbeiwert μ_g). Dieser wiederum nimmt je nach Fahrbahnoberflächenbeschaffung und -zustand unterschiedliche Werte an und ist besonders bei nasser Fahrbahn geschwindigkeitsabhängig (Schnabel und Lohse 2011, S. 30). Bei trockener Fahrbahn kann mit steigender Geschwindigkeit mit einem nahezu konstanten Kraftschlussbeiwert gerechnet werden. Zusammenfassend ergeben sich folgende Werte für den reinen Bremsweg (ohne Auswirkweg), die in Tabelle 24 dargestellt sind.

Tabelle 24: Bremswegtabelle reiner Bremsweg (Ausschnitt)

Ausgangs-geschwindigkeit	nasse Fahrbahn (ohne Luftwiderstand)		nasse Fahrbahn (mit Luftwiderstand)		trockene Fahrbahn	
	Brems-weg	mittlere Abbremsung	Brems-weg	mittlere Abbremsung	Brems-weg	mittlere Abbremsung
v	s_b	z	s_b	z	s_b	z
[km/h]	[m]	[-]	[m]	[-]	[m]	[-]
20	2,6	0,615	2,6	0,616	2	0,774
30	6,2	0,571	6,2	0,573	4,6	0,761
40	11,9	0,529	11,8	0,532	8,4	0,748
50	20,1	0,489	19,9	0,493	13,4	0,735

Quelle: Ausschnitt und veränderte Darstellung nach Schnabel und Lohse (2011, S. 33)

Die Auswirkzeit ist die Zeit, die von der Wahrnehmung einer Gefahr bis zum Reagieren vergeht. Laut Schnabel und Lohse (2011, S. 28) übt dabei die Reaktionszeit (gegenüber der Bremsverlustzeit) den größten Einfluss aus, weshalb oftmals auch nur die Bezeichnung der Reaktionszeit verwendet wird. Grundsätzlich ist immer die Summe aus Reaktionszeit und Bremsverlustzeit gemeint (ebenda). Die Reaktionszeit liegt zwischen 0,5 s und 1,5 s und enthält auch die Zeiten der erforderlichen Blickzuwendungen, während die übrigen Anteile nur geringe Werte von 0,2 s bis 0,3 s ausmachen (ebenda). Wie bereits erwähnt, wird in Bereichen innerhalb bebauter Gebiete eine Auswirkzeit von 1 s angenommen, woraus sich die folgende Formel ergibt (Schnabel und Lohse 2011):

$$s_{Kfz} = \frac{v_{Kfz}^2}{3{,}6^2 * g * 2 * \bar{z}} + \frac{1s * v_{Kfz}}{3{,}6} \qquad (2)$$

$$mit\ 1s\ Reaktionszeit\ (innerorts)\ und$$

$$\bar{z} = mittlere\ Abbremsung\ (hier: auf\ trockener\ Fahrbahn\ ohne\ Luftwiderstand)$$

In Tabelle 25 sind die berechneten Grundwerte zu sehen, die aus Schnabel und Lohse (2011) stammen. Auffällig ist, dass bei einer Gefahrenbremsung bei Geschwindigkeiten von bereits 30 km/h Gesamtbremswege von mehr als 10 m entstehen. Demnach würde unter allen genannten optimalen Bedingungen die Heranführung des Radweges von 10 m nicht ausreichen, um das Kraftfahrzeug rechtzeitig zum Stehen zu bringen.

Tabelle 25: Gesamtbremsweg Kfz unter optimalen Bedingungen

Geschwindigkeit Kfz [km/h]	Geschwindigkeit Kfz [m/s]	mittlere Abbremsung [-]	Bremsweg [m]	Auswirkweg [m]	Gesamtbremsweg [m]
20	5,556	0,774	2,03	5,56	7,59
30	8,333	0,761	4,65	8,33	12,98
40	11,111	0,748	8,41	11,11	19,52
50	13,889	0,735	13,38	13,89	27,27

Quelle: eigene Darstellung mit Berechnungsgrundlage nach Schnabel und Lohse (2011)

Für eine genauere Betrachtung der Geschwindigkeitsbereiche müssen diese interpoliert und berechnet werden, sodass sich die Bremswege in Tabelle 26 ergeben. Anhand dieser ist bereits zu erkennen, dass die Bremswege der Kfz bei Geschwindigkeiten über 24 km/h größer als 10 m sind, weshalb dann eine konfliktfreie Begegnung nicht mehr realisierbar ist. Die Berechnungen erfolgen wie bereits erwähnt unter optimalen Bedingungen (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, Reaktionszeit 1 s), um die Mindestmaße abzubilden. Bei nasser Fahrbahn erhöht sich der Bremsweg entsprechend stark (vgl. Anlage 61, Anlage 62), da der Gleitbeiwert stärker sinkt. Sobald sich also die Bedingungen verschlechtern, erhöht sich der Bremsweg und somit wäre die 10 m Heranführung auch noch bei Kfz-Geschwindigkeiten von unter 24 km/h im kritischen Bereich (23 km/h). Neben der nassen Fahrbahn wäre eine andere Erhöhung des Bremsweges durch ein Gefälle gegeben. Eine zum Beispiel drei prozentige negative Längsneigung hat jedoch nur einen sehr geringfügigen Einfluss auf den Bremsweg (vgl. Anlage 63, Anlage 64). Stärkere Gefälle als drei Prozent sind in Berlin nur sehr selten vorhanden (Sidor 2014). Der eher geringfügige Einfluss der Längsneigung führt dazu, dass auf eine detailliertere Betrachtung verzichtet wird. Zusätzlich kann angemerkt werden, dass sich mit erhöhter Reaktionszeit (mehr als 1 s) ebenfalls der Bremsweg erhöht. Richter et al. (2014a, S. 89) ermittelten die Blickzuwendungszeit der einzelnen Spiegel und fanden heraus, dass der Blick in den rechten Weitwinkelspiegel durchschnittlich 0,7 s und der Blick in den rechten Hauptaußenrückspiegel etwa 0,43 s beträgt. Hieraus ergibt sich eine Gesamtblickzeit der relevanten rechtsseitigen Spiegel von 1,1 s. Wenn zusätzlich 0,3 s für die anderen Teile des Auswirkweges angenommen werden (schlechtester Fall) und eine Aufrundung stattfindet, ergibt sich eine gesamte Auswirkzeit von 1,5 s. Dies deckt sich mit den Angaben von Schreck und Seiniger (2015, S. 23), die eine konservative Dauer der Reaktionszeit von 1,4 s angeben. Hierdurch erhöht sich der Bremsweg entsprechend deutlich (vgl. Anlage 65 und Anlage 66). Bei 30 km/h wird ein Bremsweg von 17,15 m benötigt und bei 50 km/h sogar 34,21 m. Bei einer Auswirkzeit von 2,0 s erhöht sich der Bremsweg entsprechend noch deutlicher (vgl. Anlage 67 und Anlage 68). Zusätzlich erhöht sich der Bremsweg stark, wenn nicht von einer Gefahren- sondern von einer Betriebsbremsung ausgegangen wird. Da jedoch zur Unfallvermeidung immer mit einer Gefahrenbremsung zu rechnen ist, wird auf eine detaillierte Betrachtung auch hier verzichtet. Dies unterstreicht umso mehr, dass es sich bei den Berechnungen um absolute Mindestwerte handelt.

Die Zeitdauer für das Zurücklegen des Bremsweges wird dann analog zu der des Radverkehrs folgendermaßen berechnet:[46]

$$t_{Kfz} = \frac{s_{Kfz}*3{,}6}{v_{Kfz}} \quad (3)$$

Tabelle 26: Zeitdauer des RV und des Kfz inkl. Bremsweg

Geschwindigkeit [km/h]	Zeitdauer RV [s]	Zeitdauer Kfz [s]	Bremsweg Kfz [m]
15	2,40	1,27	5,27
16	2,25	1,29	5,71
17	2,12	1,31	6,17
18	2,00	1,33	6,63
19	1,89	1,35	7,10
20	1,80	1,37	7,59
21	1,71	1,39	8,08
22	1,64	1,41	8,59
23	1,57	1,43	9,11
24	1,50	1,45	9,64
25	1,44	1,47	10,18
26	1,38	1,49	10,73
27	1,33	1,51	11,29
28	1,29	1,53	11,87
29	1,24	1,55	12,45
30	1,20	1,56	12,98
31	1,16	1,58	13,59
32	1,13	1,60	14,21
33	1,09	1,62	14,83
34	1,06	1,64	15,47
35	1,03	1,66	16,12
36	1,00	1,68	16,78
37	0,97	1,70	17,45
38	0,95	1,72	18,14
39	0,92	1,74	18,83
40	0,90	1,76	19,52
50	0,72	1,96	27,27

Quelle: eigene Darstellung mit Berechnungsgrundlage nach Schnabel und Lohse (2011); graue Werte interpoliert

Tabelle 26 gibt einen zusammenfassenden Überblick der einzelnen Werte sowohl für die Zeitdauer des Radverkehrs für 10 m, als auch für die Bremszeitdauer des Kfz-Verkehrs. Die Geschwindigkeit von 50 km/h ist sowohl für den Radverkehr als auch als Abbiegegeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs an innerörtlichen KP mit vergleichsweise geringen

[46] Diese ist aber für die Analyse der Heranführung nicht relevant.

Abbiegeradien unwahrscheinlich. Kraftfahrzeuge, die aus freier Fahrt kommen, haben 10 m vor dem Knotenpunkt sehr wahrscheinlich eine höhere Geschwindigkeit als 15 km/h. Sollten diese jedoch weniger als 15 km/h fahren, ist dies als unkritisch einzustufen, da ihr Bremsweg weniger als die Hälfte der 10 m Heranführung betragen würde (z.B. 4,84 m bei einer Geschwindigkeit von 14 km/h).

Interessant scheint auch die maximale Länge der Heranführung. In den Richtlinien sind ebenfalls unklare Angaben vorhanden. Wird die Berechnung auf derselben Grundlage wie die der Mindestlänge getätigt, liegt die Maximallänge bei 20 m (FGSV 2010, S. 26). Dies wäre bei Geschwindigkeiten von 40 km/h noch ausreichend (Bremsweg 19,5 m). 20 m vor dem KP können jedoch auch noch höhere Geschwindigkeiten auftreten. Für eine Annäherungsgeschwindigkeit von 50 km/h müsste die Heranführung (unter optimalen Bedingungen) also mindestens 27,3 m betragen.

Bei weniger als 10 m Heranführung ist nicht nur der zu kurze Bremsweg für Kfz-Fahrende problematisch, sondern auch, dass die Verschwenkung und somit der Fahrstreifenwechsel kürzer vor dem Konfliktpunkt stattfindet, was die indirekte Sicht durch die leichte kurzzeitige Schrägstellung zusätzlich einschränken kann.

7.1.4 Maßnahmenvorschlag zur Heranführung des Radverkehrs

Aktuell wird der Abstand zwischen Radweg und Fahrbahnrand am KP mit 0,5 m (0,75 m bei festen Einbauten) angegeben (FGSV 2010, S. 25). Aufgrund des Sicherheitsabstandes zum schnellen motorisierten Verkehr sollte dieser nicht geringer ausfallen. Auch ist eine weitere Absetzung nicht zu empfehlen, da sonst die Sicht nicht mehr im Hauptaußen- und Weitwinkelspiegel gegeben ist, sondern nur noch im Weitwinkelspiegel (Vorgabe seitlicher Abstand Hauptaußenrückspiegel: 1 m). Dieser ist jedoch nicht für alle Fahrzeugklassen vorgeschrieben. Zudem birgt eine größere Absetzung vom Fahrbahnrand erneut die Gefahr, dass dort potentielle Sichtbehinderungen eingefügt werden können. Somit sollte der Abstand bei der Heranführung zwischen Radweg und Fahrbahnrand mit 0,5 m beibehalten werden.[47]

Die Heranführung von 13 m, welche sich aus der Berechnung der Bremswege mit 30 km/h ergibt, stellt demnach hier das absolute Mindestmaß dar. Zwar ist an üblichen Knotenpunkten innerorts vom Ende der Heranführung bis zum tatsächlichen Konfliktpunkt im KP-Inneren aufgrund der querenden Fußgängerfurt von mindestens 4 m Breite theoretisch ein Spielraum vorhanden. Dieser wird jedoch dringend benötigt, da es sich bei dem Mindestwert von 13 m um optimale Umstände in den Berechnungen handelt. Diese sind, wie bereits erwähnt, die Vernachlässigung des Luftwiderstandes innerhalb bebauter Gebiete, eine nicht vorliegende Längsneigung sowie eine trockene Straßenoberfläche, die aber durchaus auftreten können. Zudem kommt einerseits die Tatsache, dass der Bremsweg bei einer Gefahrenbremsung angenommen wurde und andererseits, dass der Kfz-Fahrende den Radfahrenden zu Beginn der Heranführung wahrnimmt und sofort reagiert. Damit der Bremsweg auch noch bei nasser Fahrbahn oder leichtem Gefälle einzuhalten ist, wäre eine

[47] Hier ist die reine Heranführung gemeint, also ohne dem Vorhandensein zusätzlicher Sichtverdeckungen durch z.B. dem ruhenden Verkehr. Diese sollten dort bereits unterbunden sein (andernfalls wäre der Abstand auch größer als 0,5 m).

Erweiterung auf 14,53 m (vgl. Anlage 62), also ca. 15 m, notwendig. Bei einer höheren Auswirkzeit von 1,5 s, wie es bei der Anzahl der Spiegel für Lkw-Fahrende wahrscheinlich ist, müsste die Heranführung mindestens 18 m betragen. Für die gesamte Sicht im Weitwinkelspiegel wäre eine Heranführung von 25 m anzustreben.

Als absoluter Mindestwert soll eine Heranführung des Radverkehrs von 13 m vor dem Knotenpunkt (Bremsweg) angesetzt werden. Hierbei würden Annäherungsgeschwindigkeiten von 30 km/h noch ausreichen, um rechtzeitig vor der Kollision zum Stehen zu kommen. Dieser Mindestwert soll nur bei stark angespannter Parkplatzsituation, oder anderen Zwangspunkten, die eine Verlängerung unmöglich machen, angesetzt werden. Je höher die Annäherungsgeschwindigkeit ist, desto länger ist entsprechend der Bremsweg, sodass auch eine längere Heranführung eingesetzt werden muss. Bei hohen Lkw-Verkehrsstärken sollten Heranführungen von mindestens 18 m eingeführt werden, da Lkw-Fahrende eine längere Reaktionszeit durch die Blickzuwendungen in die verschiedenen Spiegel haben. Bei erwarteten Geschwindigkeiten von 50 km/h (z.B. bei großen Abbiegeradien) in der Annäherung wären sogar 28 m notwendig. Als Vorschlag in den Richtlinien wird somit genannt, die Heranführung 20 m bis 30 m vor dem KP zu gewährleisten. Mindestens einzuhalten sind jedoch 13 m, um einen Zusammenstoß zu verhindern.

Mit höherer Geschwindigkeit sinkt die verfügbare Zeit zur Wahrnehmung und Reaktion. Eine geringere Geschwindigkeit als 30 km/h der Kfz sollte aufgrund der Akzeptanz und wegen des gleichen Geschwindigkeitsniveaus nicht angesetzt werden. Hierbei besteht die Gefahr, dass sich bei gleichen Geschwindigkeiten annähernder bzw. abbiegender Kfz (speziell Lkw) die Radfahrenden, die sich einmal im Sichtschatten befanden, nicht mehr aus diesem lösen können. Dazu wird seit einiger Zeit diskutiert, die Abbiegegeschwindigkeit des Güterkraftfahrzeuges auf ein Maximum von 2 m/s (entspricht ca. 7 km/h) zu begrenzen, um die benötigte Zeit der Blickzuwendungen und der Verarbeitung zu erhalten (Deutscher Bundestag 03.04.2019, S. 6). Dies könnte aber bedenklich sein, da sich die Geschwindigkeit so mit jener der zu Fuß Gehenden decken könnte, wodurch möglicherweise eine Konfliktverlagerung zustande kommen würde. Auf Basis der Analysen ist dies aber auch als stark kritisch einzustufen, da sich der Radfahrende dann häufiger von hinten annähert. Das ist jedoch sowohl aufgrund der Konfliktanalysen von Kolrep-Rometsch et al. (2013) als auch wegen der gezeigten Sichtanalysen zu vermeiden.

7.2 Kritische Diskussion weiterer Maßnahmen für den herannahenden Radverkehr

Die Sichtanalysen haben erhebliche Defizite für den herannahenden Radverkehr aufgezeigt, wenn der Lkw bereits seine Kurvenfahrt eingeleitet hat. Zwar stellen gute Sichtbeziehungen im Vorfeld des Knotenpunktes eine Verbesserungsmaßnahme dar. Wenn der Lkw-Fahrende dort die Radfahrenden wahrgenommen hat, in eingelenkter Position zum Stehen kommt, um jenen die Vorfahrt zu gewähren und dann seine Fahrt fortsetzen möchte, hat er mitunter keine Chance, weitere herannahende Radfahrende zu sehen. Auch dann nicht, wenn die Heranführung ausreichend stattgefunden hat. Für diese Situation stellen Fahrerassistenzsysteme einen erheblichen Sicherheitsvorteil dar. Aber auch hinsichtlich der Infrastrukturgestaltung und der LSA-Schaltung können sicherheitsfördernde Maßnahmen

entwickelt werden. Diese werden hier vorgestellt und kritisch diskutiert. Die Ermittlung und Angabe konkreter Grenzwerte ist aus Gründen zu geringer Daten nicht Teil der Arbeit.

7.2.1 Signalisierung

Wenn die Knotenpunkte bezüglich der Infrastruktur nach Richtlinien ausgestattet sind oder sich die Umgestaltung aus anderen Zwangsbedingungen nicht umsetzen lässt, können betriebliche Maßnahmen eine Schlüsselfunktion übernehmen.

7.2.1.1 Bockschaltung

Oftmals missverständlich und mit hohen Konfliktraten ausgestattet ist die Situation, wenn der Signalgeber des Fußverkehrs bereits Rot, der des Radfahrenden jedoch noch Grün zeigt. Aufgestellte Fahrzeuge im KP-Innern haben nur noch die Sicht auf den Fußverkehrssignalgeber und werden gegebenenfalls dazu verleitet, abzubiegen, ohne auf den Radverkehr zu achten. Speziell bei geringen Radverkehrsstärken könnte diese Problematik vermehrt bestehen. Dies bedarf weiterer Untersuchungen und Beobachtungen. Auch wenn aus Akzeptanzgründen des Radverkehrs ihre Freigabezeiten an die des Kfz-Verkehrs angepasst werden sollen, sollte die Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden höchste Priorität genießen. Vorgaben diesbezüglich gibt es keine. Erfahrungen und konkrete Angaben können auch auf Basis der vorhandenen Daten nicht gegeben werden. Unter Einbezug der Literatur erscheinen Grenzwerte zu geringer und hoher Radverkehrsstärke denkbar. So liegt die Grenze von geringer zu hoher Radverkehrsstärke nach Richter et al. (2018a) bei 70 Radfahrenden pro Stunde und bei Alrutz et al. (2015b) bei 1000 Rad/Tag. Diese Eigenschaft sollte weiteren Forschungen unterliegen, ist aber als Grenzwertgestaltung denkbar.

7.2.1.2 Getrennte Phasen beider Ströme[48]

Für die volle Konfliktvermeidung wäre die Separation beider Verkehrsteilnehmenden eine vielversprechende Maßnahme. Die Umsetzung hierzu wird jedoch häufig aufgrund von Qualitäts- und Leistungsfähigkeitseinbußen des Kfz-Verkehrs nicht durchgeführt (u.a. Holz-Rau 2018). Ein Umdenken gepaart mit konkreten Verkehrsstärke- oder Einsatzgrenzen in den Richtlinien werden als zielführend angesehen. Bedenken bezüglich der Leistungsfähigkeit können in ersten Analysen von Barz (2017) zum Teil als unbegründet angesehen werden. Diese zeigen, dass die Größe der Knotenpunkte sowie die Signalisierung der zu Fuß Gehenden einen Einfluss auf die Qualität des Knotenpunktes haben. Kleinere Knotenpunkte, bei denen ohne Weiteres eine separate Signalisierung des Fuß- und Radverkehrs möglich ist (bei nicht geteilten Fußfurten aufgrund der vergleichsweise geringeren Mindestfreigabezeiten), haben einen positiven Effekt auf die Leistungsfähigkeit. Um ca. 16 % verbessert sich die Verkehrsqualität, wenn der Rad- und Fußverkehr eine eigene Phase getrennt vom Kfz Verkehr erhält (Barz 2017). Das konfliktfreie Abbiegen, speziell bei hohen Abbiegeverkehrsstärken, kann einen erheblich positiven Einfluss auf die Qualität des Kfz-Verkehrs haben.

[48] Teile dieses Kapitels wurden in Sachs (2018) bei der Konferenz „Road Safety on Five Continents“ in Jeju (Südkorea) 2018 vorveröffentlicht.

An größeren KP konnte dieser Effekt nicht zweifelsfrei ermittelt werden. Hier gab es eine (erhebliche) Verschlechterung der Verkehrsqualität. Es sei jedoch auch angemerkt, dass die signaltechnische Trennung des Radverkehrs, im Gegensatz zu der des Fußverkehrs, umgesetzt wurde. Dies ist vor allem durch die hohen Mindestfreigabezeiten der zu Fuß Gehenden an geteilten Furten begründbar. Aufgrund dieser Eigenschaften hat Barz (2017) die zu Fuß Gehenden in der gleichen Phase wie den abbiegenden Strom freigegeben. Dies hat jedoch den Nachteil, dass abbiegende Fahrzeuge weiterhin bedingt verträglichen Strömen den Vorrang gewähren müssen, wodurch sich die Verkehrsqualität nicht verbessert. Ein weiterer Nachteil besteht in der Reduktion der Akzeptanz der Radfahrenden (alle erhalten Freigabe, nur die Radfahrenden nicht). Der Sicherheitsvorteil kann durch Rotlichtverstöße und die weiterhin bedingt verträglichen zu Fuß Gehenden nicht ausgeschöpft werden und stellte somit eher keine Alternative dar.

Eine separate Signalisierung des Radverkehrs kommt demnach nur in Frage, wenn die zu Fuß Gehenden ebenfalls konfliktfrei in derselben Phase wie der Radverkehr freigegeben werden. Problematisch bleibt die Annahme und Akzeptanz der Radfahrenden, welches in weiteren Forschungen zu prüfen ist. Sollte dies zu vermehrten Rotlichtverstößen führen, ist die Maßnahme möglicherweise unwirksam oder sogar kontraproduktiv. Des Weiteren wurde bislang nicht ermittelt, inwiefern die Qualität des Radverkehrs davon ggf. beeinträchtigt wird. Durch die geringeren Freigabezeiten (die mitunter bei einer höheren Anzahl an Phasen entstehen), könnte bei hohen Radverkehrsstärken das abfließen der Radfahrenden in einem Umlauf durchaus problematisch werden.

Zudem werden von Barz (2017) keine Angaben zu Verkehrsstärken ausgegeben, da die KP oft nicht verallgemeinerbar sind und von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängen. Gleiches gilt für die Art der Separation. Denkbar sind zwei Varianten, die in Abbildung 39 in einer Prinzipskizze dargestellt sind. In der einen Phase sind alle Kfz-Ströme und in der anderen Phase alle Rad- und Fußverkehrsströme freigegeben. Bei der zweiten Variante hingegen werden alle Geradeaus-Ströme von denen der abbiegenden Ströme getrennt. Da es für beide Varianten unterschiedliche Rahmenbedingungen gibt, können die Angaben nicht verallgemeinert werden, sondern sind in Einzelfällen an den KP zu prüfen.

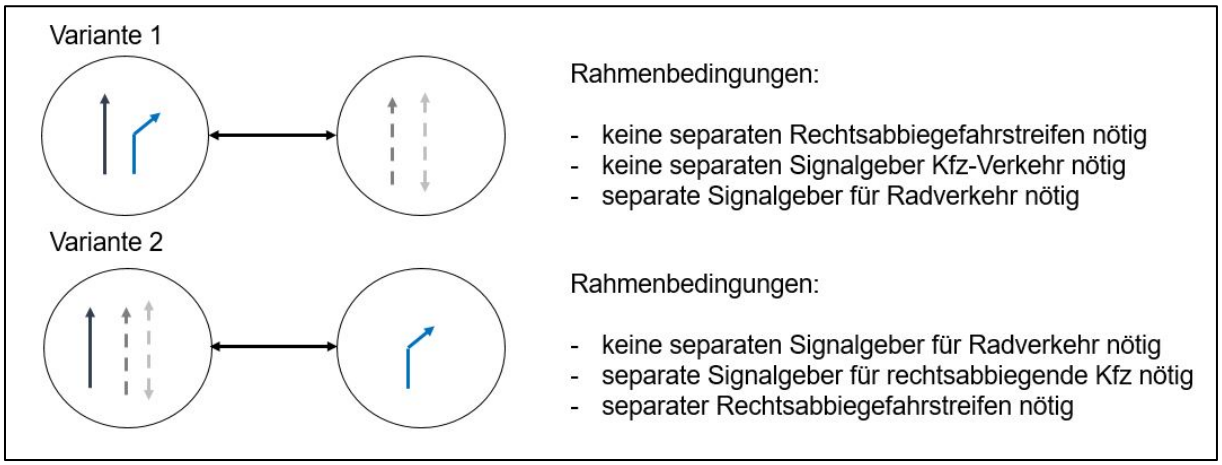


Abbildung 39: Prinzipskizze der Varianten bei getrennter Signalisierung

Quelle: eigene Darstellung, vorveröffentlicht in Sachs (2018)

Auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit können keine weiteren Grenzwerte angegeben werden. Hinsichtlich der Verkehrsstärke oder des Schwerverkehrsanteils ist es nicht möglich, verallgemeinerbaren Zahlen zu ermitteln. Es empfiehlt sich jedoch, aufgrund der höheren Konzentration von Unfällen an Bundesstraßen (oder an KP, bei denen in Bundesstraßen oder Bundesautobahnen abgebogen wird) gesicherte Phasen an jenen Stellen einzufügen. Wie bereits erwähnt können diese sogar zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit seitens des Kfz-Verkehrs führen.

7.2.2 Radfahrstreifen in Mittellage

Für die Heranfahrt an den KP ist die Sicht auf die Radverkehrsanlage von hoher Bedeutung. Durch den Radfahrstreifen zwischen dem Geradeaus- und Abbiegefahrstreifen würde der Konflikt im KP-Bereich entfallen. Es gibt bisher jedoch wenige hinreichende Untersuchungen, ob dadurch nur eine Konfliktverlagerung entsteht (Kreuzungs- und Konfliktpunkt ist nunmehr in der Zufahrt des Knotenpunktes), oder diese Führungsform tatsächlich sicherer ist. Vor allem für Lkw-Fahrende ist die zusätzliche Herausforderung gegeben, die Radfahrenden auf der linken Fahrzeugseite zu beobachten. Zuletzt waren hierzu diverse Forschungsprojekte im Auftrag, welche die Sicherheit vor und nach der Umgestaltung analysieren und die Nutzungsakzeptanz betrachten. Denn auch die Akzeptanz und Annahme des Radfahrstreifens in Mittellage spielt eine erhebliche Rolle. Radfahrende können die ungewohnte Führung als unsicherer empfinden und Kraftfahrzeugführende müssen sich den Vorfahrtsregeln an dieser Führung bewusst werden.

Erste Ergebnisse deuten keine Abnahme, sondern eher eine Verschiebung der Unfälle an (Richter et al. 2018a; Schwadtke 2015). So sind zwar die Anzahl der Unfälle mit Personenschäden um 7,6 % rückläufig, die mit schweren Unfällen jedoch tendenziell steigend – vor allem, wenn sich der Unfall im Verflechtungsbereich[49] ereignet (Richter et al. 2018a, S. 35). Begründet werden kann dies vor allem mit den höheren Geschwindigkeiten im Verflechtungsbereich. Demnach empfehlen Richter et al. (2018a) eine solche Infrastrukturgestaltung von verkehrlicher Seite aus nur umzusetzen, wenn Radverkehrsstärken über 70 Rf/h und Abbiegeverkehrsstärken von maximal 1000 Kfz/Tag vorherrschen. Inwiefern sich eine Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auswirkt, kann nicht abgeschätzt werden. Eingefärbte Anlagen in Rot zeigen hinsichtlich der Unfallbelastung und der Akzeptanz bessere Werte, als lediglich strichmarkierte (Richter et al. 2018a, S. 36). Die Breite des RIM sollte gerade aufgrund der beidseitigen Verkehrsströme des Kfz-Verkehrs nicht das Mindestmaß eines Radfahrstreifens von 1,6 m plus je 0,25 m Breitstrichmarkierungen unterschreiten (ebenda).

Hinsichtlich der Länge des RIM sollen jene mit weniger als 40 m unbedingt vermieden werden, da diese bezüglich der Unfallkenngrößen und der Befragung negativ bewertet werden (ebenda). Den größten positiven Effekt stellen Längen von 40 m bis 59 m dar, was sich auch mit den Ergebnissen von Schäfer (2017) deckt. Hier werden Mindestlängen von 49 m angegeben, damit eine gerade Stellung der Lkw gewährleistet werden kann (Schäfer 2017, S. 85). Schäfer (2017) führte Sichtfeld- und Schleppkurvenanalysen von Lkw an

[49] Der Verfelchtungsbereich ist jener, in denen der Wechsel des Fahrstreifens, und somit die Überquerung des RIM seitens der Kfz-Fahrenden, erfolgt.

Radfahrstreifen in Mittellage unterschiedlicher Ausführungen durch, da Bedenken von Experten und Institutionen bezüglich der Lkw-Schleppkurve geäußert wurden. Je nach Fahrzeug müssen Fahrzeugführende nach links ausscheren, um abzubiegen. Dabei kann der Lkw aufgrund der Schleppkurve in den Radfahrstreifen hineinragen. Deshalb wäre es denkbar, dass der Lkw-Fahrer noch mehr Aufmerksamkeit und Blicke in die Spiegel benötigt, da er den Verkehr auch stark linksseitig des Fahrzeugs beobachten muss. So fand Schäfer (2017) unter gewissen Randbedingungen eine Zustimmung hierzu heraus und gibt einige Einsatzgrenzen und Gestaltungshinweise diesbezüglich aus. Demnach stellen sich Richtungsänderungswinkel bereits ab 90 Gon aufgrund der Schleppkurve als problematisch heraus – ein Ausscheren nach links unter Mitbenutzung des RIM ist wahrscheinlich (Schäfer 2017, S. 61). Speziell in Kombination mit geringen Breiten der einfahrenden Fahrbahn ist das zu vermeiden. Hierbei haben sich 9 m nutzbare Fahrbahnbreite als begünstigend herausgestellt, sodass das Ausweichen auf den RIM vermieden werden kann (Schäfer 2017, S. 62). Dies ähnelt den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Je größer der Richtungsänderungswinkel, desto höher scheinen die Unfallbelastungen zu sein. Auch die Sichtanalysen haben gezeigt, dass die Kombination von großen Richtungsänderungswinkeln und kleinen Breiten der einfahrenden Straße, auch bei Fahrbahnführung des Radverkehrs, zu erheblichen Sichteinschränkungen führen können.

Der Radfahrstreifen in Mittellage stellt demnach keine Methode dar, die Konflikte gänzlich zu vermeiden. Hierbei stellt besonders die korrekte Ausführung ein erhebliches Kriterium dar. Dabei muss vorerst die detaillierte Ausführungsanweisung in den Richtlinien Anwendung finden.

Die Angaben zur Gestaltung des RIM können durchaus auf die gesamte Infrastrukturgestaltung an KP übertragen werden. Für den Fahrstreifenwechsel und die gerade Positionierung des Fahrzeuges (und der Spiegel) ist eine Länge von ca. 50 m notwendig. Zusätzlich gilt auch hier, dass die Heranführung des Radverkehrs entscheidend ist, sodass dieser beim Fahrstreifenwechsel auch sichtbar ist. Kommt der Radverkehr unerwartet und ohne jede Heranführung aus dem Seitenraum, ist das eher kritisch. Demnach muss auch hier vor dem Verflechtungsbereich des RIM eine Heranführung des Radweges an den Fahrbahnrand geschehen. Aufgrund der höheren Kfz-Geschwindigkeiten (zulässige Höchstgeschwindigkeit innerorts maximal 50 km/h – die aber im Verflechtungsbereich durchaus noch erreicht werden) sollte die Heranführung von 27 m eingehalten werden (vgl. Tabelle 25). Damit ein Ausscheren nach links vermieden werden kann, muss die Breite der Straße, in die abgebogen wird mindestens 9 m und der Richtungsänderungswinkel nicht mehr als 90 Gon betragen (Schäfer 2017, S. 83). Je Breiter die verfügbare Fläche, desto geringer ist das Risiko des Ausholens und somit auch der Fehlinterpretation seitens der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden – sowohl bei RIM, als auch bei „normalen“ Radverkehrsfurten.

7.2.3 Direkte Sicht

Ein wichtiger Ansatzpunkt ist die Erhöhung der direkten Sicht. Diese kann sich durch tiefere Scheiben erheblich verbessern (vgl. Anlage 3). Hierdurch würden sich die direkten Sichtfelder vergrößern und der Lkw-Fahrende könnte den Bereich vor und seitlich neben

dem Fahrzeug besser einsehen. In der Literatur gibt es hierzu bereits diverse mögliche Systeme. Bisher wird dies jedoch eher bei kommunalen Fahrzeugen und Bussen eingesetzt. Ein Modell ist beispielsweise der Mercedes-Benz Econic. Dieser wird laut Mercedes-Benz vorrangig im Kommunal- und Verteilerverkehr eingesetzt (Mercedes-Benz und Effenberger 2017). Bei großen Lkw, die vermehrt auf die Langstrecke ausgelegt sind, ist dies eher selten anzutreffen – obwohl genau jene großen Fahrzeuge häufig die schwerwiegenden Unfälle verursachen. Die direkte Sicht kann durch mehr Verglasung stark erhöht werden, was vor allem bei der Kurvenfahrt von hoher Bedeutung sein kann. Die Sicht auf kleinere Personen wird dadurch erheblich verbessert, was speziell den Anteil getöteter Frauen reduzieren würde. Demnach ist fraglich, warum es bisher keine gesetzgeberische Maßnahme hierzu gibt und warum dies nicht auch für große Lkw eingeführt wird. Möglicherweise ist der höhere Glasanteil speziell für die Langstreckenfahrten ungeeignet. Glas ist anfälliger für kleine Risse oder Steinschläge, bei der ein Austausch der gesamten Scheibe erforderlich wird. Das Aufwirbeln von Verschmutzungen oder Streusalz im Winter wird bei niedrigeren Glasfronten eher als bei höheren zu Beschädigungen führen. Weiterhin ist die Gefahr des Glasbruches bei einem Unfall deutlich höher, woraus auch eine höhere Verletzungsgefahr für den Fahrzeugführenden und andere Beteiligte resultieren könnte. Auch die Lastverteilungen, Schwerpunktverlagerungen und damit einhergehende mögliche Fahrwerksänderungen stellen eine weitere mögliche Einschränkung dar. Ein weiterer Punkt könnte auch die eingeschränkte Privatsphäre sein. Mehr Verglasung bedeutet somit auch mehr Sicht von außen in das Fahrzeug. Da viele Fahrer aber lange und oft in ihren Fahrzeugen unterwegs sind, machen sie es sich in ihren Wagen „gemütlich“. Oftmals ist das aufgrund der Höhe der Kabine für andere Personen nicht einsehbar. Eine Änderung bedarf also viele verschiedene Analysen der einzelnen Komponenten. Hierzu sind weitere Analysen notwendig.

Die Steigerung der direkten Sicht wäre speziell für den Abbiegevorgang und die Position in eingelenktem Zustand eine vielversprechende Maßnahme, da es hier zu keinerlei Systemausfällen kommen kann. Aber dennoch verursacht der Mensch durch sein Versagen zu über 90 % die Unfälle. Die Literatur hat gezeigt, dass die Fahrzeugführenden auch jetzt gegen die Regeln der Sichtfreihaltung im Kabineninnenraum verstoßen. Stärkere Kontrollen in Verbindung mit zusätzlichen Assistenzsystemen können die Sicherheit der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden weiter erhöhen.

7.2.4 Indirekte Sicht

Hinsichtlich der indirekten Sicht sollten die Spiegelsysteme zu Spiegelgruppen zusammengefasst werden, wie es unter anderem Hayo (2015) bereits empfiehlt. Aber auch Ersatzsysteme bieten erhebliche Vorteile. Angepasst werden sollten die vorgeschriebenen Sichtweiten für die verschiedenen Nutzfahrzeugklassen. So sind kleinere Nutzfahrzeuge unter 7,5 t (kleinere Lkw und Lieferwagen) von einigen Spiegelvorschriften (z.B. Weitwinkelspiegel) ausgenommen. Die Sichtanalysen haben jedoch gezeigt, dass in einigen Fällen die Radverkehrsanlage nur über diese Spiegel sichtbar ist. Fahrzeuge, die eine verdeckte Bauweise aufweisen und somit keinen Schulterblick ermöglichen, sollten demnach ihr indirektes Sichtfeld über Spiegel, Kamera-Monitor-Systeme oder andere Assistenzsysteme erweitern. Hierfür müssten die EU-Richtlinien dahin angepasst werden, dass auch Fahrzeuge unter 7,5 t mit einem Weitwinkelspiegel auszustatten sind.

7.2.5 Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

Vielfach wird derzeit die Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit auf Hauptverkehrsstraßen von 50 km/h auf 30 km/h diskutiert. Mit dieser Reduzierung würde die Verkehrssicherheit aufgrund kürzerer Bremswege (vgl. Abbildung 40) und steigender Informationsverarbeitungszeit erhöht werden, welches zu insgesamt weniger und auch zu weniger folgeschweren Unfällen führen könnte. Neben dem positiven Einfluss der Sicherheit wäre auch die im Vergleich geringere Lärmbelastung ein erheblicher Vorteil, was die Lebensqualität in den Städten wieder erhöht. Auch eine geringere Luftverschmutzung würde mit einer Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit einhergehen (Heinrichs et al. 2016). Sicherheitsvorteile würden sich nicht nur bei der Problematik von Abbiegeunfällen ergeben. Auch Unfälle auf freier Strecke können sich reduzieren oder zumindest deren Schwere sinken. Auch die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle können vor allem durch die längere Zeit der Informationsverarbeitung und Blickzuwendung und die kürzeren Bremswege reduziert werden. Vielfach ist jedoch die Akzeptanz durch die steigenden Reisegeschwindigkeiten gering.

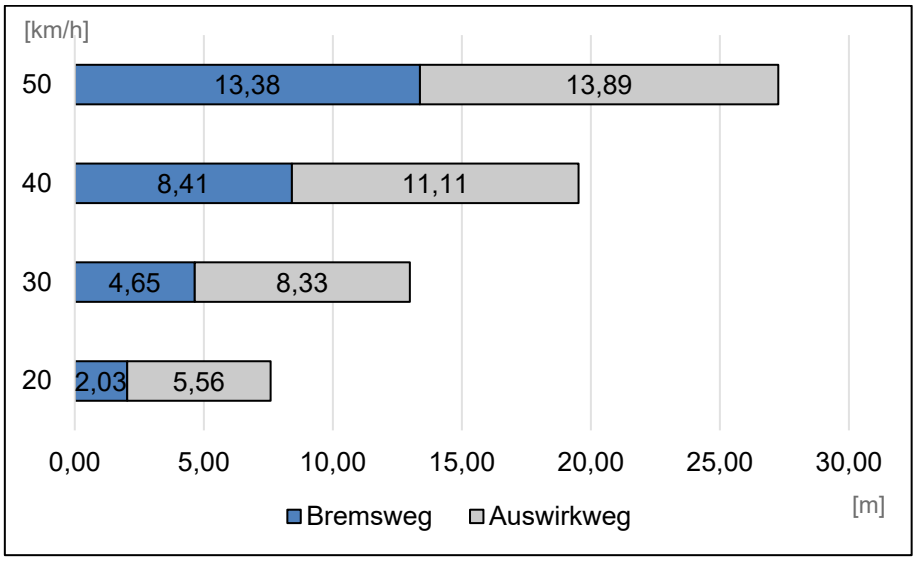


Abbildung 40: Gesamtbremswege Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten

In Kritik steht die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit aufgrund geringerer Leistungsfähigkeiten sowie der steigenden Reisezeiten im Kfz-Verkehr. Die im HBS 2015 enthaltenen Formeln zur Berechnung der Leistungsfähigkeit und Kapazitäten an KP mit LSA enthalten den Abflusszeitanteil, der das Verhältnis aus Abflusszeit und Umlaufzeit darstellt (FGSV 2015a, S. S4-2). Die Abflusszeit wiederum setzt sich aus dem Freigabezeitanteil und einem konstanten Wert (1 s) zusammen, welche mit der Sättigungsverkehrsstärke die Grundlage der Kapazität bildet (FGSV 2015a, S. S4-15). Die Sättigungsverkehrsstärke ist abhängig vom Schwerverkehrsanteil, dem Abbiegeradius, der Fahrbahnlängsneigung und der Fahrstreifenbreite sowie einem konstant festgelegten Zeitbedarfswert. Dieser beträgt unter normalen Bedingungen unabhängig von der Geschwindigkeit bei 30 km/h und 50 km/h 1,8 s (FGSV 2015a, S. S4-12). Dies begründet sich vor allem darin, dass zwar die Zeit des Zurücklegens des Weges bei 30 km/h steigt, durch die geringeren Geschwindigkeiten aber auch geringere Abstände eingehalten werden müssen (vgl. Abbildung 41). Die zulässige oder gefahrene Geschwindigkeit hat also keinen

Einfluss auf die Kapazität, welches sich mit den Aussagen und Berechnungen von Heinrichs et al. (2016) deckt. Diese haben eine Analyse hinsichtlich der Kapazität, Sicherheit, Lärmbelastung und Luftverschmutzung bei Tempo 30 an Hauptverkehrsstärken durchgeführt.

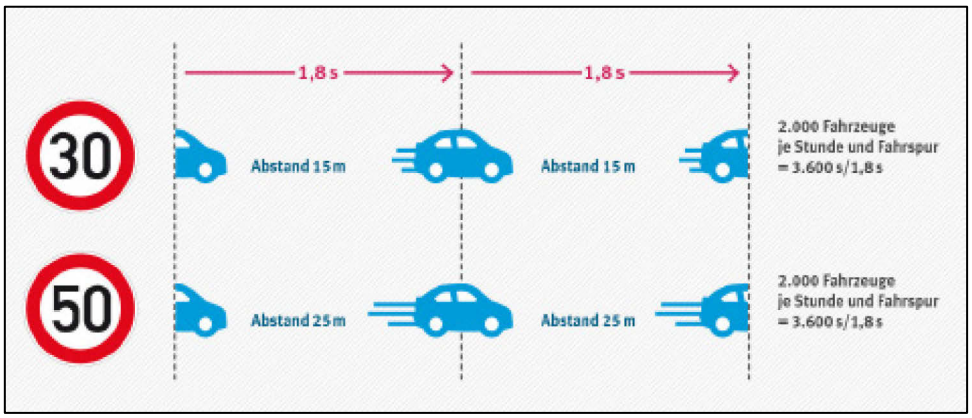


Abbildung 41: Prinzip des Zeitbedarfswertes

Quelle: Heinrichs et al. (2016, S. 5) – LK Argus

Die gefahrene Geschwindigkeit hat ebenfalls keinen Einfluss auf den Auslastungsgrad, da dieser sich über den Quotienten aus Verkehrsstärke und Kapazität definiert. Der Auslastungsgrad bildet die Basis für die Bestimmung der Wartezeit und der Qualität des Verkehrsablaufes und wird somit als grundlegende Maßeinheit zur Bewertung der Verkehrsqualität benötigt (FGSV 2015a, S. S4-8). Auch die Umlauf- und Freigabezeiten der einzelnen Ströme werden unabhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit berechnet (FGSV 2015b, S. 26 f.). Bei der Berechnung der Zwischenzeiten nimmt die Geschwindigkeit Einfluss auf die Übergangszeit Gelb vor Rot (FGSV 2015b, S. 21). Diese ist jedoch erst ab einer höheren Geschwindigkeit als 50 km/h unterschiedlich. Die Einfahrzeit der Kfz-Ströme wird auf 40 km/h festgelegt, unabhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder der Fahrtrichtung (FGSV 2015b, S. 26). Theoretisch könnte die Geschwindigkeit Einfluss auf die Räumgeschwindigkeit der Fahrzeuge nehmen. Geradeaus fahrend räumende Fahrzeuge werden mit einer Räumgeschwindigkeit von 10 m/s (36 km/h) und abbiegende mit 7 m/s (ca. 25 km/h) bzw. 5 m/s (18 km/h bei Radien < 10 m) bemessen (FGSV 2015b, S. 23). Für abbiegende Ströme stellt eine Vorgabe der Geschwindigkeit auf 30 km/h keine Problematik dar. Für andere Ströme bedarf es jedoch weiterreichende grundlegende Untersuchungen. Da die Radfahrenden häufig (speziell, wenn die Aufhebung der Benutzungspflicht von Radwegen weiter so stark voranschreiten wird, wie bisher) maßgebend sind, hat die Geschwindigkeit der Kfz tendenziell eher keinen Einfluss.

Abschließend wären die Mindestmaße der Heranführung des Radverkehrs somit abhängig von der Annäherungsgeschwindigkeit der Kraftfahrzeuge – also der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Je geringer die Geschwindigkeit ist, desto kürzer sind die Bremswege, wodurch sich eine kürzere Heranführung ergibt. 13 m sollten bei dieser aber in keinem Fall unterschritten werden, da bei zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von 30 km/h mit dieser Geschwindigkeit auch in der Annäherung zu rechnen ist. Dies entspricht einem

Wegfall von etwa zwei Parkständen vor jedem Knotenpunkt.[50] Bei einer generellen Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h wäre diese allgemeine Angabe sinnvoll. Andernfalls muss die Heranführung abhängig von der vorgegebenen Geschwindigkeit umgesetzt werden, woraus sich ein Wegfall von ca. fünf Parkständen ergeben würde (6 m Fahrzeuglänge auf 28 m Bremsweg bei 50 km/h). In Zukunft ist jedoch auch der ruhende Verkehr am Straßenrand an sich zu überdenken (siehe Kapitel 7.2.6).

Die Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit nur im KP-Bereich, so wie es außerorts umgesetzt wird, ist innerorts nicht empfehlenswert, da die KP-Abstände sehr gering sind und die Akzeptanz von stetig wechselnden Angaben zur Höchstgeschwindigkeit eher gering ist. Die Vorgabe einer geringeren einheitlichen (Abbiege-)Geschwindigkeit hätte nicht nur die Vereinfachung der Heranführung der Radverkehrsanlage als positiven Einfluss. Durch geringe Geschwindigkeiten können Fahrzeugführende die visuellen Informationen verarbeiten und auf die Situationen reagieren. Dies sollte auch einen erheblich positiven Einfluss auf Linksabbiegeunfälle haben, da mit geringerer Geschwindigkeit die Schwere der Unfälle reduziert würde. Somit wäre eine generelle Reduzierung der Geschwindigkeiten an KP auf 30 km/h zu untersuchen. Durch die Reduzierung der Bremswege würden Unfallfolgen weniger schwer ausfallen. Da die Verkehrsführung innerhalb bebauter Gebiete und speziell die in Großstädten von kurzen Knotenpunktabständen geprägt ist, wäre hier eine generelle Reduzierung der Geschwindigkeit auf 30 km/h zu prüfen, um die Verstetigung des Verkehrsflusses zu gewährleisten. Einige Politiker und Institutionen verlangen dies seit Längerem. So geben Sommer und Heinrichs (2016) bereits umfangreiche Analysen mit Vorschlägen zu Gesetzesänderungen für die Einführung von Tempo 30 in Kommunen an.

Diskutiert wird von einigen Institutionen, dass der Lkw-Fahrende in jedem Fall vor dem Abbiegevorgang hält – auch, wenn sein Signalgeber Grün zeigt. Ein verkehrsbedingter Halt bei theoretisch freier Fahrt wird jedoch von einigen Autoren als besonders kritisch angesehen, da dies zu Missverständnissen der schwächeren Verkehrsteilnehmenden führen könnte (Hayo 2015, S. 90; Richter et al. 2014a, S. 64). Zusätzlich haben die Sichtanalysen erhebliche Defizite aufgezeigt – sowohl bei Heranfahrt als auch bei eingelenkter Position. Aus benannten Gründen scheint diese Maßnahme eher ungeeignet zu sein, um den Radverkehr vor abbiegendem Schwerverkehr zu schützen.

7.2.6 Maßnahmen in anderen (europäischen) Ländern

In den dänischen Richtlinien für Radverkehrskonzepte sind einige interessante und auf Deutschland übertragbare Konzepte enthalten. So wird in Dänemark stark der Ansatz der Restriktionen für den Kfz-Verkehr (z.B. höhere Steuern, Einführung von Parkgebühren und Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit) stark verfolgt (Andersen et al. 2012, S. 9). Auch die generelle Reduzierung der Parkmöglichkeiten speziell im Innenstadtbereich ist eine vielversprechende Maßnahme, um den Radverkehr attraktiver und sicherer zu gestalten (Andersen et al. 2012, S. 41 - 43). Das Parken kann hierbei noch über Parkgaragen erlaubt sein, sodass der gewonnene Platz im Straßenraum zusätzlich für den Radverkehr genutzt werden kann (Andersen et al. 2012, S. 60). Hierdurch wird ein geringes

[50] Zur Berechnung von Lichtsignalanlagen wird eine durchschnittliche Fahrzeuglänge von 6 m angegeben (FGSV 2015b, S. 22). Werden diese 6 m pro Fahrzeug übertragen, ergibt das eine Länge von 12 m für zwei Fahrzeuge.

Aufkommen des Kfz-Verkehrs im Innenstadtbereich erreicht, was die Attraktivität des Radverkehrs zusätzlich erhöht. Zudem geben die dänischen Richtlinien vor, dass an Knotenpunkten der ruhende Verkehr und Begrünungen für die bessere Sichtbarkeit zu unterbinden sind (Andersen et al. 2012, S. 90), welches auch in anderen Städten (z.B. London) Anwendung findet. So sollen in Dänemark 20 m bis 30 m vor dem Knotenpunkt keine parkenden Fahrzeuge mehr die Sicht auf die Radfahrenden beeinträchtigen (Andersen et al. 2012, S. 66). Gleiche Werte und Begründungen sind ebenfalls in den Richtlinien für Radverkehrsanlagen in den Niederlanden zu finden (CROW 2007, S. 198). Auch in den Niederlanden ist es unabdingbar, dass sich der Radverkehr an Knotenpunkten im Sichtfeld des Kfz-Verkehrs befindet und somit Knotenpunkte frei von Sichthindernissen gehalten werden sollen (CROW 2007, S. 208). An kleineren Kreuzungen oder Einfahrten kann es auch sinnvoll sein, den Radweg nach rechts zu verschwenken, um z.B. über Aufpflasterungen die Aufmerksamkeit auf den bevorrechtigten Radverkehr zu erhöhen (CROW 2007, S. 232). Hier ist jedoch explizit angegeben, dass keine größeren Sichthindernisse wie Begrünung etc. vorhanden sein dürfen (ebenda).

Die Richtlinien in Nordamerika geben bei Knotenpunkten innerhalb bebauter Gebiete an, dass der ruhende Verkehr etwa 10 m bis 15 m vor dem Knotenpunkt zu unterbinden ist (National Association of City Transportation Officials 2014). Hierbei kommen anschließend noch je nach Streckenparametern Längen hinzu (somit ohne konkrete Längenangabe), in denen beide Verkehrsteilnehmende nebeneinander (ohne Sichthindernisse) fahren (ebenda).

Eine weitere Maßnahme zur Verhinderung von Abbiegeunfällen ist generelle Abbiegeverbote einzuführen. Speziell an KP, an denen andere Maßnahmen nicht sinnvoll einzuführen sind, können Abbiegeverbote hilfreich sein (z.B. bei großen Richtungsänderungswinkeln). Hierbei ist jedoch auch die Einhaltung der Abbiegeverbote zu überprüfen (an einem der 27 KPA mit mindestens drei Unfällen existiert ein Abbiegeverbot für Lkw ab 3,5 t und dennoch ist es ein KPA mit „Unfallhäufung“). Gleiches gilt für Lkw-Einfahrverbote bei z.B. zu geringen Straßenraumbreiten der einfahrenden Straße. Auch dieses Merkmal (Einfahrverbot) ist an einem der 27 KPA mit mindestens drei Unfällen festzustellen. Gänzlich ausgeschlossen werden können Unfälle dadurch nicht. Zudem sollten die beiden Maßnahmen hinsichtlich potentieller Umfahrungsstrecken für Lkw-Fahrende überprüft werden, da sonst die Regelmissachtung wahrscheinlich ist.

7.3 Übertragung der Maßnahmen auf die Knotenpunkte in Berlin

Im Leitfaden „Sicher geradeaus!“ werden tabellarisch die Grundanforderungen und die zusätzlichen Maßnahmen je nach Knotenpunktgrundform angegeben (Alrutz et al. 2015c). Diese basieren alle auf den Angaben der Richtlinien, wodurch zum Beispiel die guten Sichtbeziehungen und die Heranführung nicht zwangsweise mit Zahlen belegt sind. In nahezu allen Bereichen ist unter weiteren Maßnahmen angegeben, möglichst kleine Eckausrundungen anzusetzen. Dies kann jedoch je nach KP-Gestaltung für den abbiegenden Schwerverkehr kontraproduktiv sein[51] und sollte unbedingt nicht ohne weitere Bedingungen

[51] Durch die größeren Schleppkurven bei kleinen Radien ist ein Ausholen nach links sehr wahrscheinlich, was sowohl für die Sicht durch die Spiegel ungünstig ist, als auch zu Missverständnissen führen kann (vgl. Schäfer 2017, Kapitel 4 und Kapitel 5).

angewendet werden. Die Einhaltung der rechtwinkligen KP-Geometrie in Verbindung mit Fahrbahnbreiten der KP-Ausfahrt von mindestens 6 m müssen hier hinzukommen. Abschließend muss die Sicht auf die Radverkehrsanlage bei Heranführung frei sein, sodass eine Chance für den Lkw-Fahrenden besteht, den Radverkehr zu sehen. Um den Radverkehr mit Sicherheit in den Spiegeln sichtbar zu machen, muss zusätzlich die Heranführung auf 0,5 m an den Fahrbahnrand erfolgen. In der abschließenden Bewertung können die über die Maßnahmen erreichten Verbesserungen nur geschätzt werden (vgl. Tabelle 27).

An einigen KP kommt es zu einer geringen Abstufung, da die Verbesserung durch die wegfallende Sichtbehinderung (ruhender Verkehr) erheblich sein müsste. Für eine ausreichende Sicht in allen Spiegel müsste die Heranführung für das gesamte Sichtfeld des Hauptaußenrückspiegels von 60 m gegeben sein. Dies würde auch eine gerade Stellung des Fahrzeugs bei Fahrstreifenwechsel ermöglichen (Schäfer 2017). Zumindest müsste für eine sehr gute Sicht jedoch die Länge von 25 m (Sichtfeld des Weitwinkelspiegels) gegeben sein, um erhebliche Verbesserungen zu gewährleisten. Für die Bremswegeinhaltung sollten Heranführungen von 28 m (bei 50 km/h), 18 m (bei einer Auswirkzeit von 1,5 s und 30 km/h) und 13 m (bei einer Auswirkzeit von 1,0 s und 30 km/h) eingeführt werden. Letzteres stellt hier das absolute Mindestmaß dar und darf keinesfalls unterschritten werden, da andernfalls ein Zusammenstoß nicht auszuschließen (bzw. nicht mehr vermeidbar) ist.

Allein mit der Mindestheranführung von 13 m (die jedoch nur in Ausnahmefällen einzuführen ist, regulär sollte die Heranführung auf 20 m bis 30 m eingeführt werden) würden in Berlin sechs von sieben KP nicht mehr als stark kritisch eingestuft werden müssen. Beim siebten KP müsste das zweistreifige Abbiegen unterbunden werden, die Sicht von dem anderen Fahrstreifen ist gut. Zusätzlich würden fünf der sieben KP mit der Einstufung „kritisch“ diesen Status verlieren. Die anderen beiden kritischen KP haben gute Sichtbeziehungen in der Heranfahrt. Bei der Kurvenfahrt kommt es jedoch zu ungünstigen Kombinationen der KP-Geometrie, sodass hier vor allem die Radien, Breiten der KP-Ausfahrt und der Abstand zwischen RV und FV-Furt angepasst werden müssten. Diese zahlreichen Änderungen bedingen, dass die Angabe zum Verbesserungspotential nicht möglich ist. Tabelle 27 fasst die Verbesserungen der kritischen KP abschließend zusammen. Die anderen KP sind der Anlage 69 zu entnehmen.

Tabelle 27: Verbesserung der kritischen Knotenpunkte

Knotenpunkt	vorherige Einstufung	Maßnahme	Verbesserung
Frankfurter Allee / Proskauer Straße	kritisch	Heranführung auf mindestens 13 m ausweiten	+++
Mehringdamm / Tempelhofer Ufer	kritisch	Heranführung auf mindestens 13 m ausweiten	+++
Scharnweber Str. / Antonienstraße	kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	+++
Gottlieb-Dunkel-Str. / Tempelhofer Weg	kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	+++
Teltower Damm / Berliner Straße	kritisch	Heranführung auf mindestens 13 m ausweiten	+++
Kiefholzstraße / Elsenstraße	kritisch	Richtungsänderungswinkel und Breite KP-Ausfahrt erhöhen	nicht ermittelbar
Schönhauser Allee / Lottumstraße	stark kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	+
Klosterstraße / Ruhlebener Straße linker Fahrstreifen	stark kritisch	Fahrstreifen entfernen oder gesicherte Phase einfügen	entfällt
Mehringdamm / Fidicinstraße	stark kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	+
Berliner Straße / Eschengraben	stark kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	++
Bernauer Straße / Hussitenstraße	stark kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	++
Wilhelminenhofstr. / Grundstückszufahrt	stark kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	+
Stromstraße / Alt Moabit			
Nord	stark kritisch	Heranführung einfügen, Sichthindernisse entfernen	++
Ost	kritisch	Abstand RV/FV Furt verringern	nicht ermittelbar
Legende Farbgebung:	+ geringfügige Verbesserung	++ leichte Verbesserung	+++ erhebliche Verbesserung

8 Zusammenfassung / Fazit

Durch den Fahrzeugaufbau kommt es im Bereich neben und hinter einem Güterkraftfahrzeug zu Sichtschatten, welche nicht direkt einsehbar sind. Umgangssprachlich werden diese auch als „toter Winkel“ bezeichnet. Die Sichtschatten werden zwar mittels indirekter Sicht im Spiegel oder Assistenzsystem abgebildet, dennoch kommt es bei der Konstellation des rechtsabbiegenden Schwerverkehrs und geradeaus fahrendem Radverkehr aufgrund dieser Problematik oftmals zu schweren Unfällen. Häufig ist dieses Thema stark in der Presse präsent. Aus gegebenem Anlass äußerte sich Anfang des Jahres 2018 die Vorsitzende der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Abgeordnetenhaus von Berlin Antje Kapek gegenüber der Berliner Zeitung:

> *„Ich bin zutiefst bestürzt darüber, dass mittlerweile alle paar Tage in Berlin Fußgänger und Radfahrer Opfer von abbiegenden Lkw werden. Es ist mehr als überfällig, endlich eine Pflicht zu Abbiegeassistenten für Lkw einzuführen. Darüber hinaus benötigen wir auch eine Debatte über den gefährlichen Schwerlastverkehr in der Stadt insgesamt.“ (Berliner Zeitung 19.02.2018)*

Solche Kommentare seitens diverser Institutionen gibt es nicht erst seit diesem Jahr. Lobbyisten, Berufskraftfahrer und Radfahrverbände fordern seit Jahrzehnten die Politik auf, dieses Problem ernsthaft anzugehen. Die Entlastung des Lkw-Fahrzeugführenden muss weiter in den Vordergrund rücken. Mit der Prognose der Zunahme des Lkw-Verkehrs in den kommenden Jahren gilt es, die Vielzahl an Aufgaben zu verringern und die technische Unterstützung voranzutreiben. Assistenzsysteme schaffen hier erfolgreich Abhilfe. Speziell außerorts werden diese umfangreich eingesetzt – obgleich keine gesetzliche Verpflichtung existiert und jeder Betrieb eigenverantwortlich die teuren Systeme einführen kann. Auch wenn mitunter nur eine verhältnismäßig kurze Zeit in Städten verbracht wird, bedeutet speziell das Rechtsabbiegen eine extrem hohe Belastung und erfordert die Konzentration auf viele Aufgaben, wobei sich die Fahrzeugführenden Unterstützung wünschen.

Mittlerweile bestehen technische Möglichkeiten, die den Fahrzeugführenden bei der komplexen Aufgabe des Rechtsabbiegens unterstützen – und dabei entstehende Unfälle vermeiden können. Denn: Assistenzsystemen wird eine hohe Bedeutung zugesprochen. Je nach Literatur wird angegeben, dass ca. 60 % der Unfälle mit einem Abbiegeassistenten vermieden hätten werden können. Eine verpflichtende Einführung lässt noch auf sich warten. Zwar ist im aktuellen Koalitionsvertrag der Bundesregierung eines der Ziele, den Abbiegeassistenten für Busse und Lkw vorzuschreiben, bis dieses jedoch umgesetzt ist und alle Fahrzeuge damit flächendeckend ausgestattet sind, werden noch Jahre oder Jahrzehnte vergehen. Auch wenn die Detektion technisch inzwischen lösbar ist, gibt es Situationen, bei denen das Assistenzsystem keine Wirkung erzielt: Wenn sich der Radfahrende außerhalb des Detektionsbereiches befindet. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn starke Sichteinschränkungen und weiter abgesetzte Radverkehrsanlage vorhanden sind. Somit wird deutlich, dass eine Einführung des Abbiegeassistenten alleine nicht alle Unfälle verhindern kann. Vielmehr sollten sich auch die Städte und Verkehrsplanenden bewusst sein, dass sie einen erheblichen Beitrag zur Sicherheit leisten können – und auch sollten. Hierzu zählt

unter anderem die konsequente Einhaltung von Richtlinien, welche bereits viele Lösungen und Maßnahmen enthalten. Häufig werden diese nicht flächendeckend umgesetzt. Problematisch sind die arbeitsaufwendige Aufnahme der Bestandsknotenpunkte und fehlende finanzielle Mittel zur allgemeinen Umgestaltung. Immer wieder kommt es vor, dass auch bei neuen Planungen aktuelle Regelwerke nicht berücksichtigt werden, sei es aufgrund der beengten Platzverhältnisse, der vielen verschiedenen Vorgaben seitens einzelner Bezirke oder der politischen Ausrichtung. Bei Neugestaltungen von KP oder auch neuen Lichtsignalprogrammen werden immer wieder Fehlplanungen erkenntlich, die einen erheblichen Einfluss auf die Sicherheit haben. Dies zeigt sich auch am Beispiel des Knotenpunktes Klosterstraße / Ruhlebener Straße, bei dem eine vier-Phasen-Steuerung sowie separate Rechtsabbiegefahrstreifen vorliegen, die Rechtsabbieger dennoch nicht gesichert geführt werden. Ein Umdenken von allen Beteiligten ist hier nötig, um die Problematik in den Griff zu bekommen. Es ist zwingend auf die sichere Verkehrsführung aller Verkehrsteilnehmer zu achten – und das an erster Stelle. Die womöglich darunter leidende Kfz-Verkehrsqualität hat sich in Zukunft deutlich der Sicherheit unterzuordnen.

Des Weiteren ist es aber auch unabdingbar, den Städten und Planenden Vorgaben zu geben, weshalb die Richtlinien überarbeitet werden und neue Maßnahmen mit konkreten Angaben einfließen müssen. Hierzu zählt die konsequente Heranführung des Radverkehrs an den Fahrbahnrand von mindestens 13 m vor dem Knotenpunkt, was anhand der Bremswegberechnung unter optimalen Bedingungen festgestellt werden konnte. Entsprechen würde dies ca. zwei Parkständen im Vorfeld eines Knotenpunktes. Auch wenn der Parkdruck in Städten sehr hoch ist und Parkplätze ein wertvolles Gut sind, darf das uneingeschränkte und zum Teil verkehrswidrige Abstellen von Fahrzeugen nicht zu Lasten der Sicherheit von ungeschützten Verkehrsteilnehmenden gehen. Deshalb ist es von zentraler Wichtigkeit, diese (vorgeschlagene) Regelung transparent zu machen, konsequent umzusetzen und vor allem Kontrollen durchzuführen. Je länger die Heranführung ausgebildet ist, desto mehr Reaktions- und Verarbeitungszeit steht den Verkehrsteilnehmenden zur Verfügung. Speziell an stark belasteten Routen des Lkw-Verkehrs sollte für die ausreichende Blickverarbeitungszeit eine Mindestheranführung von 18 m etabliert werden. An großen Abbiegeradien, bei denen mit höheren Kfz-Geschwindigkeiten zu rechnen ist, ist eine Heranführung von 28 m vorzusehen. Zur Verallgemeinerung in den Richtlinien wird vorgeschlagen, eine Heranführung bei Radwegen im Seitenraum auf 0,5 m an den Fahrbahnrand von 20 m bis 30 m einzuführen, wie es in anderen Ländern bereits üblich ist (vgl. Kapitel 7.2.6). In Ausnahmefällen kann diese auf das Mindestmaß von 13 m reduziert werden, welches unbedingt an allen KP mindestens zu realisieren und keinesfalls zu unterschreiten ist.

Die Heranführung des Radverkehrs stellt insgesamt eine verhältnismäßig kurzfristige Maßnahme dar, weil sie schnell und flächendeckend umgesetzt werden kann. Im Gegensatz dazu sind die Anpassung und Ausstattung diverser Lkw oder die bauliche Veränderung der Infrastruktur und LSA-Schaltung sehr kostspielige und langwierige Angelegenheiten. Dies bedeutet dennoch nicht, dass ein Beginn der Umsetzung nicht schnellstmöglich geschehen muss. Es impliziert vielmehr, dass für die Zwischenzeit kurzfristige und schnell umsetzbare Maßnahmen eingeführt werden müssen, wie die bereits genannte restriktive Überprüfung

von Verkehrsvergehen – vor allem die Ausweitung von Verboten zum Abstellen des Fahrzeugs, sodass die Sicht auf die Radfahrenden gewährleistet ist.

Die Heranführung des Radverkehrs stellt für die bessere Sicht eine Schlüsselmaßnahme dar. Für die umfassende Sicht in den Spiegeln des Lkw wäre eine Heranführung von bis zu 60 m notwendig (Sicht im Hauptaußenrückspiegel). Wenn die Sicht zumindest über den gesamten Weitwinkelspiegel gegeben sein soll, wäre eine Heranführung von 25 m nötig. Problematisch bleiben dabei trotzdem folgende Punkte:

- die konsequente Umsetzung der Heranführung (zum Beispiel an Grundstückszufahrten),
- die richtige Einstellung der Spiegel inklusive des Blickverhaltens der Fahrzeugführenden sowie
- die (steigenden) Geschwindigkeiten der Radfahrenden.

Neben der Einführung eines Abbiegeassistenten ist die konsequente Umsetzung der Heranführung der Radverkehrsanlage 20 m bis 30 m vor dem Knotenpunkt zu fordern. Insbesondere ist die Heranführung an jeder einzelnen Grundstückszufahrt schwierig umsetzbar. Auch wenn dies bereits in den Richtlinien enthalten ist, scheint die Realisierung vor allem in eng bebauten Städten mit hohem Parkdruck problematisch. So geben die Richtlinien an, dass die Sicht auf den Radverkehr in *„ausreichender Länge vor der Einfahrt“* sichergestellt werden muss, wodurch gegebenenfalls das Abstellen von Fahrzeugen zu unterbinden ist (FGSV 2010, S. 25). Um die Heranführung auch an Grundstückszufahrten zu gewährleisten, muss der ruhende Verkehr durch die dichte Abfolge von Grundstückszufahrten in Innenstadtbereichen mitunter gänzlich entlang der Fahrbahn unterbunden werden, so wie es einige Länder bereits durchführen. Die hierdurch entstehenden Sichtverdeckungen sind (speziell für den Lkw-Verkehr) als besonders problematisch einzustufen. Dies würde auch gleichzeitig zur Einhaltung der Sichtdreiecke für die einfahrenden Ströme aus dem untergeordnetem Strom bzw. der Grundstückszufahrt führen. Es müssen somit umfangreiche Maßnahmen im Stadtverkehr eingeführt werden, um die Attraktivität und vor allem die Sicherheit des Radverkehrs zukünftig zu gewährleisten.

Eine erhebliche Schwierigkeit besteht für den Lkw-Fahrenden darin, zur richtigen Zeit in den jeweiligen Spiegel zu schauen sowie die korrekte Einstellung der Spiegel. Von hoher Wichtigkeit ist hierfür die Schulung der richtigen Spiegeleinstellung und Hilfen wie die Spiegel-Einstell-Planen zur Verfügung zu stellen. Mit dieser Maßnahme könnten die Fahrzeugführenden prüfen, ob die Spiegeleinstellung den Anforderungen entspricht. Zum anderen sollte die Reihenfolge der zu nutzenden Spiegel eindeutig geschult werden – unabhängig von der Gewichtsklasse des Lkw. So gibt (Verband der Automobilindustrie e.V. 2012, S. 38) an, dass nicht nur für Fahrzeugführende eines Lkw ab 3,5 t, sondern auch für jene mit einem geringeren zulässigen Gesamtgewicht, eine Teilnahme an regelmäßigen Weiterbildungen vorgeschrieben sein sollte. Andernfalls sollten zumindest die Betriebe auf eine regelmäßige Schulung ihrer Fahrzeugführenden achten. Eine weitere Maßnahme stellt die verpflichtende Einführung zusätzlicher Spiegel auch für Güterfahrzeuge unter 7,5 t dar. Auch Lieferwagen oder kleinere Lkw müssen mit einem Weitwinkelspiegel ausgestattet werden, da die Sichtanalysen gezeigt haben, dass in vielen Situationen (z.B. in eingelenktem Zustand oder bei weit abgesetzten Furten) die Sicht durch den Hauptaußenrückspiegel nicht

vorhanden ist. Zwar wäre dies mit einer ausreichenden Heranführung für den Annäherungsbereich nicht mehr zwangsweise nötig. Für den bereits eingelenkten Zustand ist der Weitwinkelspiegel das einzige Medium, um die Sicht auf sich nähernde Radfahrende zu gewährleisten.

Eine dritte problematische Komponente stellen die steigenden Radgeschwindigkeiten dar. Sollten sich Radfahrende (z.B. aufgrund ihrer Körpergröße) im toten Winkel befinden und die gleiche Geschwindigkeit wie die Lkw aufweisen, kann auch die Heranführung nicht alle Unfälle verhindern. In Verbindung mit einem Abbiegeassistenten wäre diese Problematik nahezu behoben. Zusätzlich stellt die Vergrößerung der direkten Sicht eine vielversprechende Maßnahme dar, die Sicherheit zu erhöhen. Denn speziell kleinere Personen sind mitunter erst spät im direkten Sichtfeld erkennbar, weshalb möglicherweise überdurchschnittlich häufig Frauen tödlich verunglücken. So sollten neue Grenzwerte auch in Bezug auf die direkten Sichtflächen in den Richtlinien eingeführt werden. Denkbar wären ähnliche Angaben wie die bei der indirekten Sicht über die Spiegel. Vor allem für den Fahrtzustand, bei dem sich der Lkw-Fahrende im eingelenkten Zustand befindet (und der Radfahrende nebenher fährt), ist diese Maßnahme erfolgsversprechend.

Des Weiteren sind auch Maßnahmen der LSA-Schaltung ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Sicherheit. Vor allem dann, wenn infrastrukturelle Zwangspunkte vorherrschen (z.B. Brückenpfeiler), muss bei nicht vorhandener Sicht die Signalisierung geändert werden. Speziell bei geringen Radverkehrsstärken wäre eine Blockschaltung denkbar. So ist ein Missverständnis bei Kfz-Fahrenden ausgeschlossen, die gegebenenfalls nicht mit Radfahrenden rechnen, wenn der Signalgeber der zu Fuß Gehenden bereits Rot zeigt. Alrutz et al. (2015b) geben die Grenze von geringer zu hoher Radverkehrsstärke bei 1000 Rad/Tag an. Für eine komplette Sicherung der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden gegenüber den abbiegenden (Schwer-)Verkehren wäre die getrennte Signalisierung eine geeignete Maßnahme. Laut den Richtlinien ist das bei mehrstreifigem Abbiegen unabdingbar und bei Eigenschaften wie hohen Verkehrsstärken und großen Radien zu empfehlen. Es scheint zwar, dass dies einer Einzelprüfung unterliegt. Auch wenn keine genauen Grenzwerte genannt werden, stellt es vor allem an Knotenpunktarmen zu Autobahnzufahrten oder Bundesstraßen mit viel Schwerverkehr eine sinnvolle Maßnahme dar.

Auch ortsfeste Spiegel können in bestimmten Situationen helfen und Unfälle vermeiden. Allerdings hat sich gezeigt, dass diese Spiegel die Mehrzahl der auftretenden Unfälle nicht gänzlich vermeiden können. Denn ortsfeste Spiegel bieten für den sich annähernden Radfahrenden keine hilfreiche Unterstützung. Ebenso für den bereits eingelenkten Zustand des Lkw erzielen die Spiegel keine Wirkung. An einigen KP können ortsfeste Spiegel jedoch situationsbedingt einen positiven Effekt erzielen. Die flächendeckende Implementierung stellt aber aufgrund der geringen Anzahl von Unfällen pro KPA keine zielführende Maßnahme dar.

Bisherige in den Richtlinien enthaltene Maßnahmen bezogen auf die KP-Gestaltung helfen bereits, Unfälle solcher Art zu vermeiden und konnten einen positiven Beitrag zur Sicherheit leisten. Die Unfälle, die noch geschehen, sind oftmals durch einzelne Merkmalsausprägungen gekennzeichnet, die aus ungünstigen Kombinationen entstehen. Für die weitere Reduzierung der Unfälle zwischen rechtsabbiegendem Schwerverkehr und

geradeaus fahrendem Radverkehr ist ein ganzheitliches Konzept mit mehreren Maßnahmenvorschlägen nötig. Einzelmaßnahmen können nicht alle Unfälle dieser Art verhindern, da sie zu unterschiedlich und individuell sind. Dies geben auch Thomas et al. (2015) an. Nur so kann eine erhebliche Reduktion schwerer und schwerster Unfälle mit rechtsabbiegenden Lkw verhindert werden. Zusätzlich zu den bereits genannten Maßnahmen aus der Literatur (Vorziehen der Haltlinie, Zeitvorsprung, gute Sichtbeziehungen), müssen in Zukunft neue, detaillierte Maßnahmen für die Gestaltung der Knotenpunkte integriert werden. Vor allem die konsequente Freihaltung von Sichthindernissen an Knotenpunkten ist alternativlos. Hierzu gehören die Entfernung von lokalen Hindernissen und die Heranführung des Radweges 20 m bis 30 m vor dem Knotenpunkt auf 0,5 m an den Fahrbahnrand. Somit wird gewährleistet, dass die Sicht auf den herannahenden Radverkehr gegeben ist, für den es aktuell keine konkreten Maßnahmen in den Richtlinien gibt. Zwar ist damit nicht die Problematik behoben, dass bereits eingelenkte Fahrzeuge keine Sicht auf den herannahenden Radverkehr haben. Durch eine Maßnahmenkombination mit dem Abbiegeassistenten, welcher dann frei von lokalen Detektionshindernissen wäre, könnte dieses Problem behoben werden und die Sicherheit von geradeaus fahrenden Radfahrenden (und zu Fuß Gehenden) deutlich erhöht werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass ein Maßnahmenrepertoire gefunden werden muss. Ganzheitliche positive Ergebnisse und die Reduzierung der Unfälle können nur erreicht werden, wenn ein Zusammenspiel der Komponenten gute Infrastruktur, redundant abgesicherte und zuverlässige Fahrzeugtechnik, die den Fahrer bei der Fahraufgabe unterstützen, gesetzgeberische Maßnahmen zu Neueinführungen sowie Kontrolle der Umsetzung, Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung aller Verkehrsteilnehmenden und Stadt- und Mobilitätskonzepte, die den Schwerlastverkehr verringern, stattfindet. Abbildung 42 fasst diese Erkenntnisse grafisch zusammen.

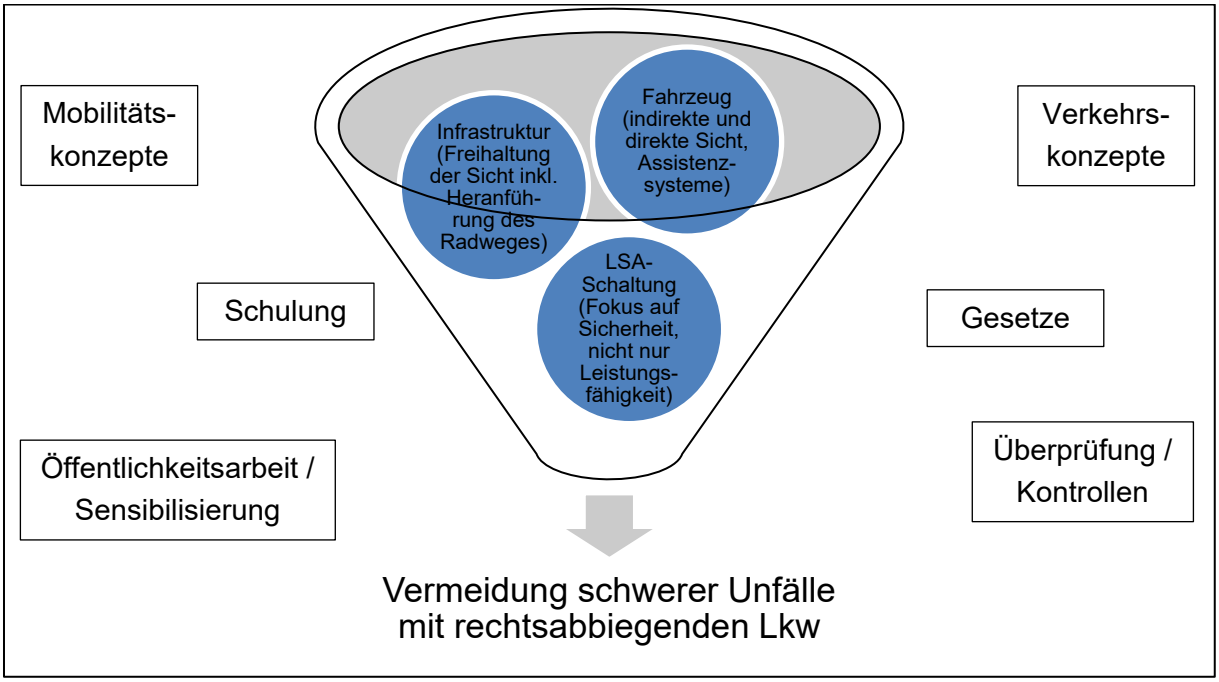


Abbildung 42: ganzheitliche Betrachtung der Maßnahmen zur Unfallreduktion

Im Rahmen der Arbeit können alle drei Forschungsfragen beantwortet werden. Nach den Unfallanalysen der Knotenpunkte mit mindestens drei Unfällen und der darauf aufbauenden Sichtanalyse konnte festgestellt werden, dass infrastrukturelle (lokale) Sichthindernisse einen erheblichen Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben können. Der Zusammenhang von Sichtbehinderungen an KPA mit mindestens drei Unfällen zu KPA mit ein bis zwei Unfällen ist hochsignifikant mit einem Signifikanzniveau von 1 %. Anzumerken ist jedoch auch, dass bei vergleichenden KPA ohne Unfälle (die im Rahmen der Arbeit nicht aufgenommen wurden) möglicherweise noch mehr infrastrukturelle Parameter identifiziert hätten werden können, die unfallbegünstigend wirken. Einige Zusammenhänge sind somit in der vorliegenden Arbeit nicht nachweisbar. Die Sichtbehinderungen verhindern je nach Knotenpunktgestaltung und Fahrtzustand des Lkw die gesamte Sicht auf den herannahenden und mitunter auch auf den nebenherfahrenden Radverkehr. Oftmals ist die Sicht auf die Radverkehrsanlage über die vorgeschriebenen Spiegel nicht möglich. Speziell für den herannahenden Radverkehr gilt es, neue Maßnahmenvorschläge zu entwickeln. Hierbei ist insbesondere die Heranführung der Radverkehrsanlage an den rechten Fahrbahnrand im Vorfeld des Knotenpunktes von entscheidender Bedeutung, um dem Lkw-Fahrenden eine Chance zu geben, den Radverkehr im Spiegel sehen zu können. Für den Mindestbremsweg sollte die Heranführung bei zulässiger Geschwindigkeit von 30 km/h mindestens 13 m und bei höherer Geschwindigkeit von 50 km/h sogar 28 m betragen. Bei einer höheren Auswirkzeit von 1,5 s steigt die Mindestheranführung bei 30 km/h auf 18 m. Für die gerade Stellung und Sicht des Radverkehrs in den vorgeschriebenen Spiegeln müsste diese Heranführung mindestens 25 m betragen. Bei vorherigem Einlenken durch Fahrstreifenwechsel empfiehlt Schäfer (2017) sogar, diese auf 50 m auszuweiten. Sinnvoll wäre eine Umsetzung in den Richtlinien zur Heranführung des Radverkehrs von 20 m bis 30 m vor dem KP, welches sich aus den vorliegenden Berechnungen und den Vorgaben in anderen europäischen Ländern ergibt. Dennoch sollte das Mindestmaß von 13 m keinesfalls unterschritten werden. Des Weiteren sollten alle potentiellen Sichthindernisse mindesten im gleichen Abstand an KPA und Grundstückszufahrten unterbunden werden, um die Sicht auf den herannahenden Radverkehr sicherzustellen.

9 Ausblick

Der größte unfallverursachende Faktor bei Unfällen im Straßenverkehr ist der Mensch. In vielen anderen Bereichen wird menschlichem Versagen bereits redundant durch technischen Lösungen entgegengewirkt. Dies könnte in Zukunft auch den Straßenverkehr revolutionieren und durch Weiterentwicklungen im Bereich des vollautomatisierten Fahrens Konflikte zwischen rechtsabbiegendem Schwerverkehr und geradeaus fahrendem Radverkehr nicht nur verringern, sondern gegebenenfalls sogar gänzlich vermeiden.

> *„Bis das hoch- oder vollautomatisierte Fahren im Verkehr Alltag wird, sind allerdings noch grundlegende technische und rechtliche Probleme zu lösen." (Kühn und Gelehrt 2015, S. 10)*

Zudem werden diese Fahrzeuge mittel- bis langfristig nur einen kleinen Teil ausmachen und zunächst nur in bestimmten Bereichen einsetzbar sein (z.B. Autobahn) (Kühn und Gelehrt 2015, S. 10). Gleiches gilt für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen, wie den Mercedes-Benz Abbiegeassistent. Auch wenn dieser eine erhebliche Sicherheitsverbesserung verspricht, werden Jahre vergehen, bis alle Fahrzeuge damit ausgestattet sind. Denn: Hierfür ist die Zustimmung und Regelung der EU nötig. Anreizsysteme (Vergünstigungen bei der Fahrzeugsteuer, Versicherung oder den Mautkosten) sind Möglichkeiten, den Vorgang beschleunigen. Eine weitere kürzlich seitens der Politik vorgestellte Maßnahme wäre, unsicheren Lkw (z.B. ohne Assistenzsystem) ein Einfahrverbot in Städten auszusprechen – so, wie es in London unter anderem durchgeführt wird (ARD Hauptstadtstudio 23.01.2019). Dennoch ist es unerlässlich, kurzfristige Maßnahmen zur Reduzierung der Konflikte zu entwickeln, welche vor allem hinsichtlich der Infrastrukturgestaltung Potential bieten. Im Vergleich zur verpflichtenden Einführung fahrzeugseitiger Maßnahmen ist die Umsetzung infrastruktureller Maßnahmen mitunter kurzfristig durchführbar. Hier sind vor allem weitere Forschungen hinsichtlich der konkreten Angabe von Grenzwerten bei der getrennten Signalisierung sowie des Abstandes zwischen Fuß- und Radverkehrsfurt zu unternehmen.

Durch die schnell voranschreitende Technik und mittlerweile annähernd einwandfreie Detektion sind auch Maßnahmen denkbar, die im KP installiert werden. Beispielsweise wäre eine digitale Anzeige sinnvoll, die vor herannahenden Radfahrenden warnt, beispielsweise wie das System bike flash® (MRS Mobile Road Safety GmbH & Co. KG). Problematisch könnte hier jedoch sein, dass der Detektionsbereich nicht alle Möglichkeiten des herannahenden Radverkehrs abbildet. Auch könnte die Frage der Verantwortung bei einem eintretenden Unfall aufkommen, ähnlich wie es lange Jahre bei der des Ausfalls vom Abbiegeassistenten war. Zudem müssten diese „Displays" an allen Knotenpunktarmen installiert werden, was sehr kostspielig ist. Alternativ wäre diese an besonders auffälligen oder schlecht einsehbaren Knotenpunktarmen zu installieren.

Auch hinsichtlich der Überprüfung und Sanktionierung von Fehlverhalten sind Verbesserungen denkbar. Hautzinger et al. (2011) geben bezogen auf die häufigsten Unfallursachen und die dadurch entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten an, dass dort hingegen die geringsten Sanktionen fällig sind. Deshalb fordern Hautzinger et al. (2011)

einen Novellierungsbedarf im Sanktionssystem. Begründet wird dies, dass Nachbarländer bereits viel härtere Sanktionierungen umsetzen, was hohe Erfolge verzeichnen konnte. Auch Butterwege (2011) empfiehlt eine Überarbeitung des Sanktionssystems:

> *„Aus Sicht der Verkehrssicherheit sollte demnach das heutige Punktesystem durch ein Sanktionssystem abgelöst werden, das sowohl das Unfallgeschehen als auch das Verkehrsrisiko deutlich besser abbildet." (Butterwege 2011, S. 12)*

In anderen Verkehrssektoren als dem Straßenwesen werden zahlreiche technische Test und Überprüfungen an Systemen vorgenommen, bis sichergestellt ist, dass das jeweilige Transportmittel nicht jedes Jahr Tausenden von Menschen das Leben kostet. Im Straßenverkehrswesen werden jedoch Fahrzeuge zugelassen, obwohl sie diese Prämisse nicht erfüllen. Im Gesamtsystem Straßenverkehr führen viele Individuen ein Fahrzeug, was die redundante Absicherung erschwert. Kompensiert werden kann dies bedingt durch eine Erhöhung von Kontrollen sämtlicher Regeleinhaltungen. Damit einhergehend haben Forschungen gezeigt, dass die Einhaltung der Regeln stark von der Entdeckungswahrscheinlichkeit abhängt (Hautzinger et al. 2011). Je öfter Fahrzeugführende mit Kontrollen konfrontiert werden, desto höher ist demnach die Wahrscheinlichkeit, dass sie generell regelkonformes Verhalten zeigen. Dazu gehören fahrzeugseitige und verhaltensbezogene Kontrollen. Als Beispiele sind die Überprüfung von Fahrzeuginnenräumen, um die Freihaltung der Sicht zu gewährleisten (Hayo 2015), sowie die der korrekten Spiegeleinstellung bei Lkw-Fahrenden und die des Schulterblicks bei Kfz-Fahrenden zu nennen. Im Rahmen der Dissertation wird häufig nur auf die infrastrukturellen und fahrzeugseitigen Optimierungen eingegangen, sowie auf verhaltensbezogene Maßnahmen, die oftmals den Kraftfahrzeugführenden betreffen. Die Radfahrenden können aber ebenso zur Sicherheit und Vermeidung solcher Konflikte beitragen; denn auch sie müssen die Regeln einhalten. Zwar konnten in der Unfallanalyse nur wenige Fehlverhalten der Radfahrenden aufgezeigt werden, dennoch entbindet sie es nicht vor der Pflicht, sich regelkonform zu verhalten und als schwächerer Verkehrsteilnehmender gegebenenfalls noch vorsichtiger und umsichtiger zu fahren. Denkbar wären auch hier Anpassungen oder Neueinführungen von Regelungen durchzuführen. Um den Konflikt zu vermeiden könnte zum Beispiel das laut StVO erlaubte vorsichtige vorbeifahren an stehenden Lkw verboten werden (Bundesministerium des Innern 2013). So könnten die Radfahrenden nicht mehr „plötzlich“ von hinten auftauchen. Jedoch gestaltet sich die Umsetzung schwierig. Fraglich bleibt einerseits, ob eine solche Maßnahme vom Radverkehr akzeptiert und umgesetzt wird. Andererseits scheint die Definition von Fahrzeuggruppen schwierig (Richter et al. 2014a). Auch fraglich ist, ob Lkw-Fahrende nach Einführung dieses Gesetztes gar nicht mehr mit herannahenden Radfahrenden rechnen, wenn sie diese vorher nicht wahrgenommen haben. Zudem würde die Maßnahme nur für die Führung im Mischverkehr relevant. Unfälle bei Mischverkehrsführung kommen in den analysierten Daten eher selten vor. So ermittelte auch Richter et al. (2014a), dass lediglich ein Unfall (von 118 in vier Jahren) dadurch hätte vermieden werden können, weshalb die Autoren zu selbigem Schluss kommen. Hierfür müssten eindeutige Rechtsgrundlagen geschaffen und zusätzliche Analysen durchgeführt werden.

Denkbar wäre in Zukunft auch ein neuer Ansatz im Bereich der Lernwiederholung, wie es einige Experten fordern oder in anderen Verkehrssektoren üblich ist. Im Luft- und

Schienenverkehrssektor muss sich jeder Fahrzeugführende einer spezifischen und wiederholten Schulung unterziehen und wird zudem durch Systeme von außen überwacht. Dies ist im Straßenverkehr nicht der Fall. Einige Verkehrsteilnehmende wie zu Fuß Gehende und Radfahrende müssen keine Prüfung absolvieren (Weitzel et al. 2014). Näher untersucht werden müsste nicht nur die regelmäßige Überprüfung älterer Personen oder von Fahrzeugführenden besonderer Fahrzeugklassen, sondern auch eine Überprüfung der Regelkenntnisse für alle Fahrzeugführenden. Grundlegend wäre die Schulung aller Verkehrsteilnehmenden eine kurzfristige und effektive Maßnahme. Mit regelmäßigen Schulungen kann speziell auf neue Infrastrukturgestaltungen oder aktuelle Gesetzesänderungen stärker eingegangen werden. Schulungen für Berufskraftfahrende sollten verpflichtend sein – unabhängig vom zulässigen Gesamtgewichtes des jeweiligen Fahrzeuges. Insbesondere müssten die korrekte Einstellung der Spiegel und die Reihenfolge der zu nutzenden Spiegel beim Rechtsabbiegevorgang geschult werden. Des Weiteren kann die Problematik der eingelenkten Position und der nicht sichtbaren Bereiche aufgegriffen werden. Konsequenterweise müssen diese Informationen auch dem Radverkehr zur Kenntnis gegeben werden, damit dieser unter Umständen sein Fahrverhalten anpassen kann. Da der Radverkehr keine Fahrerlaubnis benötigt, kann keine regelmäßige Überprüfung rechtlich eingeführt werden. Eine Alternative wäre die verstärkte Öffentlichkeitsarbeit sowie die kontinuierliche Schulung in Schulen. Denn einige Studien zeigen, dass sie starke Wirkung erzielen kann, aber permanent präsent bleiben muss, um ihren Effekt beizubehalten. Beispielsweise können Hinweisaufkleber an Lkw die Radfahrenden zusätzlich auf die Gefahrensituation aufmerksam machen. Erwachsenen in den Fahrschulen und auch Kindern wird früh beigebracht, Sichtkontakt zum anderen Verkehrsteilnehmenden herzustellen, um eine sichere Begegnung zu gewährleisten. Dies sollte in regelmäßigen Abständen erneut ins Bewusstsein gerückt werden.

Durch den in Zukunft weiter steigenden Güterverkehr und Handel müssen zweifelsohne auch Maßnahmen entwickelt werden, die die Verlagerung des Lkw-Verkehrs sowie alternative Konzepte betreffen. Auch Experten geben an (u.a. Holz-Rau 2018), dass aus Sicht der Verkehrssicherheit eine weitere effektive Maßnahme wäre, den Schwerlastverkehr aus der Innenstadt fernzuhalten und ihn über neue Mobilitätskonzepte auf kleinere Verteilerverkehre einzusetzen und umzuleiten. Dies würde mitunter nicht nur die Sicherheit, sondern auch die Lärmbelastung und Luftverschmutzung positiv beeinflussen, sodass die Lebens- und Aufenthaltsqualität in den Innenstädten weiter steigt. Ein weiteres Problem stellt jedoch die Zunahme der kleinen Lkw inklusive der Lieferwagen dar. Wie die Sichtanalysen ergeben haben, sind diese ebenso von erheblichen Sichteinschränkungen betroffen. Sie können aufgrund der weniger vorgeschriebenen Spiegel sogar höhere Sichteinschränkungen haben. Zusätzlich kommt „ungeschultes“ Personal hinzu, da die Fahrzeugführenden keine zusätzliche Fahrerlaubnis haben müssen. Durch Nutzung alternativer Fahrzeuge (z.B. Lastenräder) könnte der Anteil des Schwerverkehrs (und Lieferwagenverkehrs) deutlich reduziert werden, was sich wiederum positiv auf Mensch und Umwelt auswirkt und auch die Unfälle reduzieren würde. Alternativ wäre zumindest die Bündelung des Schwerverkehrs auf speziellen Routen denkbar, die sich nicht mit den Hauptrouten des Radverkehrs überschneiden. Die zahlreichen Quell- und Zielverkehre erschweren diese Umsetzung jedoch erheblich. Hierzu müssen in Zukunft geeignete Analysen durchgeführt und Maßnahmen entwickelt werden.

10 Literaturverzeichnis

© REKNOW GmbH und Co. KG: EMM-Check®. …the next generation of visibility field analysis! Version. Online verfügbar unter http://www.reknow.de/index.php?menu=11, zuletzt geprüft am 11.06.2019.

Abendroth, B.; Bruder, R. (2015): Die Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 3–16.

ADFC - Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (14.06.2018): ADFC: Tödliche Unfälle mit abbiegenden LKW nehmen zu - Scheuer muss handeln. Nr. 015/18. Online verfügbar unter https://www.adfc.de/pressemitteilung/adfc-toedliche-unfaelle-mit-abbiegenden-lkw-nehmen-zu-scheuer-muss-handeln/, zuletzt geprüft am 19.06.2019.

ADFC Berlin e.V. (Hg.) (o.J.a): Exkurs: Der "tote Winkel". ADFC - Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club. Online verfügbar unter http://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/121-fahrradunfaelle-in-berlin-unfallstatistik/222-exkurs-der-tote-winkel.html, zuletzt geprüft am 13.06.2017.

ADFC Berlin e.V. (Hg.) (o.J.b): Unfallorte. Getötete Radfahrende. ADFC - Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club. Online verfügbar unter https://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/145-unfallorte.html, zuletzt geprüft am 04.06.2018.

ADFC Berlin e.V. (Hg.) (o.J.c): Verursacher und Opfer von Radunfällen mit Todesfolge. ADFC - Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club. Online verfügbar unter https://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/121-fahrradunfaelle-in-berlin-unfallstatistik/217-verursacher-und-opfer-von-radunfaellen-mit-todesfolge.html, zuletzt aktualisiert am 04.05.2015, zuletzt geprüft am 05.12.2018.

ADFC Kreisverband Bottrop e.V. (2018): Überholen von Radfahrern. Online verfügbar unter https://www.adfc-nrw.de/kreisverbaende/kv-bottrop/radverkehr/verkehrsregeln/ueberholen-von-radfahrern.html, zuletzt geprüft am 15.06.2018.

Alrutz, D.; Bohle, W.; Busek, S. (2015a): Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 261).

Alrutz, D.; Bohle, W.; Maier, R.; Enke, M.; Pohle, M.; Zimmermann, F. et al. (2015b): Einfluss von Radverkehrsaufkommen und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (FS 29).

Alrutz, D.; Bohle, W.; Müller, H.; Prahlow, H.; Hacke, U.; Lohmann, G. (2009): Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 184).

Alrutz, D.; Grüneberg, S.; Willhaus, E.; Krause, J. (2015c): Sicher geradeaus! Leitfaden zur Sicherung des Radverkehrs vor abbiegenden Kfz. Unter Mitarbeit von B. Horn, J. Menge und I. Spiegelberg. Hg. v. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Berlin.

Alrutz, D.; Gündel, D.; Stellmacher-Hein, J.; Lerner, M.; Mättig, W.; Meyhöfer, H. et al. (2001): Verkehrssicherheit in Einbahnstraßen mit gegengerichtetem Radverkehr. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 83).

Alrutz, D.; Stellmacher-Hein, J.; Gündel, D.; Müller, H.; Schmidt, R. (1997): Sicherheit des Radverkehrs auf Erschließungsstraßen. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 37).

Andersen, T.; Bredal, F.; Weinreich, M.; Jensen, N.; Riisgaard-Dam, M.; Nielsen, M. (2012): Collection of Cycle Concepts. Hg. v. Cycling Embassy of Denmark. The Danish Road Directorate. Kopenhagen.

Angenendt, W. (1985): Verkehrssituationsanalyse Fahrrad/Kraftfahrzeug an Knotenpunkten. In: P. A. Mäcke (Hg.): Verkehrskonflikttechnik für den Fahrradverkehr. Seminar vom 12. November 1985 in Aachen. Aachen: Institut für Stadtbauwesen der RTHW Aachen, S. 23–32.

Angenendt, W.; Bader, J.; Butz, T.; Cieslik, B.; Draeger, W.; Friese, H. et al. (1993): Verkehrssichere Anlage und Gestaltung von Radwegen. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 9).

Angenendt, W.; Blase, A.; Klöckner, D. (2005): Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 124).

ARD Hauptstadtstudio (23.01.2019): Abbiegeassistent - rechtlich kein Problem. Berlin. Online verfügbar unter https://www.tagesschau.de/inland/abbiegeassistent-101.html, zuletzt geprüft am 23.01.2019.

Assing, K. (2004): Unfallgeschehen mit schweren Lkw über 12 t. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M, Mensch und Sicherheit. Bergisch Gladbach (M 156).

Bach, P.; Rüter, G.; Carstengerdes, N.; Wender, K.; Otte, D. (2006): Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten durch die Verwendung sphärischer Außenspiegel. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F, Fahrzeugtechnik. Bergisch Gladbach (F 56).

Bachmann, C. (2006): Methoden der Verkehrssicherheitsforschung im Straßenwesen. Anwendung und Erkenntnisse. Habilitation. Gottfried Wilhelm Leipzig-Universität Hannover, Hannover. Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau.

Baier, R.; Göbbels, A.; Klemps-Kohnen, A. (2013): Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch-Gladbach (V 228).

Bakaba, J. E. (2013): Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (40).

Barz, C. (2017): Analyse der getrennten Signalisierung des Radverkehrs unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit. Masterarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin. FG Straßenplanung und Straßenbetrieb.

Below, A. von (2016): Verkehrssicherheit von Radfahrern – Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M, Mensch und Sicherheit. Bergisch Gladbach (M 264).

Berliner Zeitung (19.02.2018): Schwerer Unfall am Kotti. Der tödliche Winkel. Berlin. Online verfügbar unter https://www.berliner-zeitung.de/berlin/polizei/schwerer-unfall-am-kotti-der-toedliche-winkel-29728436, zuletzt geprüft am 14.09.2018.

BG Verkehr (Hg.) (2016): Kamera-Monitor-Systeme (KMS) zur Vermeidung von Abbiegeunfällen. Kriterien für die Eignung von Kamera-Monitor-Systemen in Lkw zur Vermeidung von Rechtsabbiegeunfällen. Unter Mitarbeit von Ostermann, Koppenborg, Staffel, Paridon, Hofmann, Ahrends-Kroßner et al. BG Verkehr. Hamburg.

BG Verkehr; BGL; KRAVAG (2012): Mehr Sicherheit im Straßenverkehr. In: *Gesund und Sicher* (SicherheitsProfi 3.12), S. 18–19.

BG Verkehr; Heider (o.J.): Pressebilder. Einstellung für die Sicherheit. Online verfügbar unter https://www.bg-verkehr.de/presse/pressebilder, zuletzt geprüft am 07.06.2019.

Brockmann, S.; Spiegel TV Magazin (2018): Tragische Unfälle durch Rechtsabbieger. RTL, 03.06.2018. Online verfügbar unter http://www.spiegel.de/video/spiegel-tv-magazin-ueber-todesfalle-toter-winkel-video-99018049.html, zuletzt geprüft am 07.06.2018.

Bundesministerium des Innern (2012): Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung. StVZO, vom Gesetze im Internet. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Bundesministerium des Innern (2013): Straßenverkehrs-Ordnung. StVO, vom Gesetze im Internet. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (10.07.2018): Bundesminister Scheuer startet "Aktion Abbiegeassistent". Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2018/046-scheuer-abbiegeassistent-aktion.html, zuletzt geprüft am 10.07.2018.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2001): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung. VwV-StVO, vom Verwaltungsvorschriften im Internet. Online verfügbar unter http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26012001_S3236420014.htm, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Butterwege, P. (2011): Regelverstöße im Straßenverkehr. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (26).

Cornelius, S.; Todts, W. (2016): Eliminating truck blind spots - a matter of (direct) vision. A comparison of best vs worst in class truck direct vision. Hg. v. Transport & Environment. Online verfügbar unter https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2016_07_Trucks_direct_vision_briefing_FINAL_0.pdf, zuletzt geprüft am 07.06.2019.

CROW (2007): Design manual for bicycle traffic. Unter Mitarbeit von J. Ploeger, P. A. Kroeze, R. Ditewig, A. Dijkstra, T.P.F. Godefrooij, J. W. Immerzeel et al. Record 25. Ede (Niederlande).

Dahmen-Zimmer, K.; Zimmer, A. (1997): Situationsbezogene Sicherheitskenngrößen im Straßenverkehr. Unter Mitarbeit von H. Körndle, K. Bengler, M. Karsten, T. Wagenpfeil, I. Gatt, S. Flessa et al. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M, Mensch und Sicherheit. Bergisch Gladbach (M 78).

Daimler (o.J.): Mercedes-Benz Abbiegeassistent. Mehr Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer. Online verfügbar unter https://www.daimler.com/produkte/lkw/mercedes-benz/abbiegeassistent.html, zuletzt geprüft am 07.06.2019.

Der Polizeipräsident in Berlin (o.J.): Verkehrsunfallstatistik. Unter Mitarbeit von Stab des Polizeipräsidenten PPr St II 4. Hg. v. Der Polizeipräsident in Berlin. Berlin. Online verfügbar unter https://www.berlin.de/polizei/aufgaben/verkehrssicherheit/verkehrsunfallstatistik/, zuletzt geprüft am 04.06.2018.

Der Polizeipräsident in Berlin (2016): Verkehrssicherheitslage 2016 Berlin. Zahlen - Daten - Fakten. Hg. v. Land Berlin. Berlin.

Deutscher Bundestag (03.04.2019): Das Straßenverkehrsrecht reformieren - Straßenverkehrsordnung fahrrad- und fußfreundlich anpassen 19. Wahlperiode (19/8980).

Dörner, K.; Schwertberger, W.; Hipp, E. (2015): Bahnführungsassistenz für Nutzfahrzeuge. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 1009–1028.

DVR Deutscher Verkehrssicherheitsrat (2018): Getötete bei Verkehrsunfällen. Unfallgeschehen nach Art der Verkehrsbeteiligung. Online verfügbar unter https://www.dvr.de/unfallstatistik/de/verkehrsteilnahme-getoetete/, zuletzt geprüft am 29.06.2018.

Eenink, R. (2018): ADAS: impact assessment and the role of human behavior. VTI. Jeju, 17.05.2018.

Eicher, C. (2018): Ein Lkw, der sehen kann. Abbiegeassistenten können tödliche Unfälle zwischen Radfahrern und Lkw verhindern. Doch der Markt gibt bislang wenig her. Deshalb rüstet Edeka seine Flotte selbst aus. In: *ADAC Motorwelt* 10 (10/2018), S. 62–64.

Europäische Union (Hg.) (2011): Weißbuch Verkehr. Weissbuch Fahrplan zu einem einheitlichen Verkehrsraum - Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Europäische Union. Brüssel.

Falkenberg, G.; Blase, A.; Bonfranchi, T.; Cossé, L.; Draeger, W.; Vortisch, P. et al. (2003): Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 103).

FGSV (1995): Richtlinien für die Anlage von Straßen - RAS. Teil: Linienführung - RAS-L. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln.

FGSV (2005): Hinweise zur Signalisierung des Radverkehrs – HSRa. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit; Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln.

FGSV (2006): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen – RASt 06. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln.

FGSV (2008): Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung - RIN. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Verkehrsplanung. Köln.

FGSV (2010): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen – ERA. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln.

FGSV (2012a): Begriffsbestimmungen. Teil: Verkehrsplanung. Straßenentwurf und Straßenbetrieb. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Querschnittsausschuss Begriffsbestimmungen. Köln.

FGSV (2012b): Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen - M Uko. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement. Köln.

FGSV (2015a): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS. Teil S - Stadtstraßen. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Kommission Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. Köln.

FGSV (2015b): Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RiLSA. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement. Köln.

Franke, U.; Gehrig, S. (2015): Stereosehen. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 395–420.

Gasser, T.; Arzt, C.; Ayoubi, M.; Bartels, A.; Bürkle, L.; Eier, J. et al. (2012): Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F, Fahrzeugtechnik. Bergisch Gladbach (F 83).

Gehlert, T. (2017): Verkehrssicherheit von Elektrofahrrädern. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (69).

Geoportal Berlin / Karte von Berlin 1:5000 (K5 SW-Ausgabe) (2018): FIS Broker. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. Online verfügbar unter https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp, zuletzt geprüft am 12.07.2018.

Geoportal Berlin / Übergeordnetes Straßennetz Bestand (2017): FIS Broker. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. Online verfügbar unter https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp, zuletzt geprüft am 13.06.2019.

Gerstenberger, M. (2016): Unfallgeschehen an Knotenpunkten. Grundlagenuntersuchung zu Ursachen und Ansätzen zur Verbesserung durch Assistenz. Dissertation. Technische Universität München, München. Lehrstuhl für Verkehrstechnik.

Glaeser, P.; Kaschner, R.; Lerner, M.; Roder, C.; Weber, R.; Wolf, A.; Zander, U. (2006): Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes. 2. Aufl. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach.

Gotzig, H.; Geduld, G. (2015): LIDAR-Sensorik. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 317–334.

Hagemeister, C.; Schwamberger, G. (2007): Wie nehmen Radfahrer einen möglichen Konflikt mit einem Rechtsabbieger wahr? In: *ZVS - Zeitschrift für Verkehrssicherheit, Kirschbaum Verlag* 53, S. 32–36.

Hamacher, M.; Ludwig, J.; Malczyk, A. (2016): Unfallgeschehen mit Lkw-Beteiligung unter Berücksichtigung von Leicht-Lkw-Kombinationen. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (FB 45).

Hautzinger, H.; Dürholt, H.; Hörnstein, E.; Tassaux-Becker, B. (1993): Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschaden. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M, Mensch und Sicherheit. Bergisch Gladbach (M 13).

Hautzinger, H.; Manssen, G.; Schlag, B.; Müller, H.; Pfeiffer, M.; Rößger, L. et al. (2011): Regelverstöße im Straßenverkehr. Häufigkeit, Schadenfolge, Sanktionierung, Prävention. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (VV 05).

Hayo, F. (2015): Vermeidung von Unfällen zwischen rechts abbiegenden Güterkraftfahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Masterarbeit. Hochschule Trier, Berlin.

Heinrichs, E.; Scherbarth, F.; Sommer, K. (2016): Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Holz-Rau, C. (2018): Verkehr und Verkehrswissenschaft. Verkehrspolitische Herausforderungen aus Sicht der Verkehrswissenschaften. In: O. Schwedes (Hg.): Verkehrspolitik. Eine interdisziplinäre Einführung. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 115–139.

Hosse, R.; Becker, U. (2015): Entwicklung der Straßenverkehrssicherheit bis ins Jahr 2020 - Eine Prognose mittels Grey Systems Theory. In: *ZVS - Zeitschrift für Verkehrssicherheit, Kirschbaum Verlag* 61 (03/2015), S. 155–161.

Hummel, T. (2016): Typische Unfälle zwischen Pkw und Radfahrern. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (55).

Hummel, T.; Kühn, M.; Bende, J.; Lang, A. (2011): Fahrerassistenzsysteme. Ermittlung des Sicherheitspotentials auf Basis des Schadensgeschehens der Deutschen Versicherer. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (FS 03).

Hyden, C. (1985): Verkehrskonflikttechniken. In: P. A. Mäcke (Hg.): Verkehrskonflikttechnik für den Fahrradverkehr. Seminar vom 12. November 1985 in Aachen. Aachen: Institut für Stadtbauwesen der RTHW Aachen, S. 16–22.

Icke, S. (2006): Untersuchung der Fahrsituation bei rechts abbiegenden Lkw unter besonderer Berücksichtigung der Blickzuwendung. Diplomarbeit. Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin.

Kolrep-Rometsch, H.; Leitner, R.; Platho, C.; Richter, T.; Schreiber, A.; Schreiber, M.; Butterwege, P. (2013): Abbiegeunfälle Pkw/Lkw und Fahrrad. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (21).

Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2012): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter (FZ 15). Flensburg.

Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2015): Bestand an Nutzfahrzeugen, Kraftfahrzeugen insgesamt und Kraftfahrzeuganhängern nach technische Daten (Größeklassen, Motorisierung, Fahrzeugklassen und Aufbauart) (FZ 25). Flensburg.

Kühn, M.; Gelehrt, T. (2015): Ablenkung durch Informations- und Kommunikationssysteme. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (49).

Kühn, M.; Hannawald, L. (2015): Verkehrssicherheit und Potentiale von Fahrerassistenzsystemen. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 55–70.

Langsrud, Ø. (2019): Fisher´s Exact Test. Online verfügbar unter https://www.langsrud.com/stat/Fishertest.htm, zuletzt aktualisiert am 17.06.2019.

Maerschalk, G.; Oertelt, S. (2014): Anforderungen an die Erhaltung von Radwegen. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen S, Straßenbau. Bergisch Gladbach (S 84).

Mages, M.; Stoff, A.; Klanner, F. (2015): Kreuzungsassistent. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, 975-939.

Malczyk, A.; Bende, J. (2017): Crashes between Heavy Vehicles and Bicyclists: Characteristics, Injury, Patterns and Potentials for Driver Assistance Systems. Hg. v. IRCOBI Conference. Antwerpen (IRC-17-24).

Mercedes-Benz (o.J.): Abbiege-Assistent. Online verfügbar unter https://mbs.mercedes-benz.com/de/econic/sicherheits-assistenzsysteme/abbiege-assistent.html?gclid=EAIaIQobChMIk4KossfX4gIVkeR3Ch3ifg5zEAAYASAAEgJm9vD_BwE, zuletzt geprüft am 07.06.2019.

Mercedes-Benz; Effenberger, S. (2017): S1R - Abbiege-Assistent - Der neue Actros. Maastricht, 05.09.2017. E-Mail; PDF-Dokument an Janina Sachs.

MRS Mobile Road Safety GmbH & Co. KG (Hg.): bike flash. der präventive Dialogdisplay. Husum. Online verfügbar unter https://bike-flash.de/img/presse/BIKE-FLASH_Broschuere.pdf, zuletzt geprüft am 21.01.2019.

National Association of City Transportation Officials (2014): Urban Bikeway Design Guide. Cycle Track Intersection Approach. Online verfügbar unter https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/intersection-treatments/cycle-track-intersection-approach/, zuletzt aktualisiert am 18.06.2019.

Natzschka, H. (2011): Straßenbau. Entwurf und Bautechnik. 3. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag; Springer.

Niewöhner, W.; Berg, F. A. (2004): Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F, Fahrzeugtechnik. Bergisch Gladbach (F 54).

Noll, M.; Rapps, P. (2015): Ultraschallsensorik. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 243–258.

Ohm, D.; Fledler, F.; Zimmermann, F.; Kraxenberger, T.; Maier, R.; Hantschel, S.; Otto, M. (2015): Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik. Bergisch Gladbach (V 257).

Ortlepp, J.; Neumann, V.; Utzmann, I. (2008): Verbesserung der Verkehrssicherheit in Münster. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Münster, Köln, Berlin.

Park, S. (2018): Before-After Analysis and Crash Modification Factor Developement for High Friction Surface Treatments in Pennsylvania. RS5C Conference. VTI. Jeju (Südkorea), 16.05.2018.

Pohle, M. (2015): Planung verkehrssicherer Infrastruktur für den zukünftigen Radverkehr. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (48).

Punke, M.; Menzel, S.; Werthessen, B.; Stache, N.; Höpfl, M. (2015): Kamera-Hardware. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 347–368.

Rath, N. (2015): Fahrradfahren in Kopenhagen macht Spaß! Hg. v. ADFC Landesverband Nordrhein-Westfalen e.V. ADFC - Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club. Online verfügbar unter https://adfc-blog.de/2015/08/fahrradfahren-in-kopenhagen-macht-spass/, zuletzt aktualisiert am 30.08.2015, zuletzt geprüft am 21.01.2019.

Reif, K. (2014): Automobilelektronik. Eine Einführung für Ingenieure. 5. Aufl. Wiesbaden: Springer.

Richter, T.; Beyer, O.; Junghans, L.; Kramer, D.; Mross, M. (2018a): Einsatzbereiche von Radfahrstreifen in Mittellage. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin (VB 1506 unveröffentlicht).

Richter, T.; Karrer-Gauß, K.; Sachs, J.; Schreiber, A.; Schreiber M. (2014a): Toter Winkel – Konflikt zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeausfahrendem Radverkehr. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach (FE 82.512/2010 unveröffentlicht).

Richter, T.; Mross, M.; Radom, A.; Sachs, J. (2014b): Beschleunigung des Radverkehrs im Zuge lichtsignalisierter Streckenabschnitte auf Radverkehrsrouten hoher Bedeutung. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin.

Richter, T.; Ruhl, S.; Ortlepp, J.; Schreiber, M. (2018b): Aufhebung der Benutzungspflicht von Radwegen. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (FB 52).

Richter, T.; Sachs, J. (2016): Turning accidents between vehicles and cyclists driving straight ahead. Hg. v. Road Safety on Five Continents. Rio de Janeiro (Brasilien). Online verfügbar unter https://www.vti.se/en/Publications/Publication/turning-accidents-between-vehicles-and-cyclists-dr_925048, zuletzt geprüft am 06.12.2018.

Richter, T.; Schreiber, M.; Sachs, J. (2012): Automatische Datenerfassung des Radverkehrs. Hg. v. Verkehrslenkung Berlin VLB C. Berlin.

Richtlinie 2003/97/EG, 10.11.2003: Richtlinie 2003/97/EG des Europäischen Parlamentes und Rates.

Richtlinie 2007/38/EG, 14.07.2007: Richtlinie 2007/38/EG des Europäischen Parlamentes und Rates.

Richtlinie 70/156/EWG, 06.02.1970: Richtlinie 70/156/EWG des Rates.

Sachs, J. (2018): Prevention of turning accidents between vehicles and cyclists at urban intersections. Hg. v. Road Safety on Five Continents. Jeju (Südkorea). Online verfügbar unter https://www.vti.se/en/Publications/Publication/prevention-of-turning-accidents-between-vehicles-a_1204015, zuletzt geprüft am 06.12.2018.

Schäfer, J. (2017): Sichtfelder rechtsabbiegender Lkw an Radfahrstreifen in Mittellage. Masterarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin. FG Straßenplanung und Straßenbetrieb.

Schiele, B.; Wojek, C. (2015): Kamerabasierte Fußgängerdetektion. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 421–434.

Schleinitz, K.; Petzoldt, T.; Krems, J.; Gelehrt, T.; Krölling, S. (2016): Helmnutzung und regelwidriges Verhalten von Pedelec- und Fahrradfahrern. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (FB 43).

Schmidt, E.; Hoffmann, H.; Krautscheid, R.; Bierbach, M.; Frey, A.; Gail, J.; Lotz-Keens, C. (2016): Ersatz von Außenspiegeln durch Kamera-Monitor-Systeme bei Pkw und Lkw. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F, Fahrzeugtechnik. Bergisch Gladbach (F 112).

Schnabel, W.; Lohse, D. (2011): Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Straßenverkehrsplanung. Straßenverkehrstechnik. Unter Mitarbeit von T. Knote, J. Korn und L. Lätzsch. 3. Aufl. 2 Bände. Berlin: Beuth; Kirschbaum (Straßenverkehrstechnik, 1).

Schnieder, E. (2007): Verkehrsleittechnik. Automatisierung des Straßen- und Schienenverkehrs. Berlin: Springer.

Schnieder, E.; Schnieder, L. (2013): Verkehrssicherheit. Maße und Modelle, Methoden und Maßnahmen für den Straßen- und Schienenverkehr. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.

Schnüll, R.; Lange, J.; Fabian, I.; Kölle, M.; Schütte, F.; Alrutz, D. et al. (1992): Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten. Bergisch-Gladbach (Bericht zum Forschungsprojekt 8925).

Schopf, J. (1992): Beiträge zu einer ökologischen und sozial verträglichen Verkehrsplanung: Die Geschwindigkeiten im Straßenverkehr. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Wien. Wien.

Schreck, B. (2016): Radverkehr - Unfallgeschehen und Stand der Forschung. In: *ZVS - Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 02/2016 (02/2016), S. 63–77.

Schreck, B.; Pöppel-Decker, M. (2014): Unfallgeschehen zwischen rechtabbiegenden Güterkraftfahrzeugen und geradeausfahrenden Radfahrern. In: *ZVS - Zeitschrift für Verkehrssicherheit, Kirschbaum Verlag* 04/2014 (4/2014), S. 239–242.

Schreck, B.; Seiniger, P. (2015): Abbiege-Assistenzsystem für Lkw. Grundlagen eines Testverfahrens. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F, Fahrzeugtechnik. Bergisch Gladbach (F 104).

Schreiber, M. (2013): Innerörtliche Unfälle mit Fußgängern und Radfahrern. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (39).

Schreiber, M.; Ortlepp, J.; Butterwege, P. (2013): Unfälle zwischen Kfz und Radfahrern beim Abbiegen. Unfallforschung kompakt. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (37).

Schwadtke, M. (2015): Untersuchung der Verkehrssicherheit und der Verkehrsqualität von Knotenpunkten mit Radfahrstreifen in Mittellage. Masterarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin. FG Straßenplanung und Straßenbetrieb.

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (o.J.): Umweltzone. Gebiete. Online verfügbar unter https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/umweltzone/de/gebiet.shtml#zoom=0&lat=5821212.84277&lon=378371.84683&layers=TT, zuletzt geprüft am 05.06.2019.

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2013): Mobilität in Städten - SrV. Mobilitätsdaten für Berlin. Online verfügbar unter https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/mobilitaet_2013/index.shtml, zuletzt geprüft am 31.05.2018.

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (Hg.) (2017): Berliner Straßennetz. Erläuterung zur Klassifizierung des übergeordneten Straßennetzes von Berlin. Gruppe IV A 3. Berlin.

Sidor, A. (2014): Erhebung von Radverkehrsgeschwindigkeiten und Ermittlung von Einflussgrößen und deren Auswirkung. Entwicklung eines Steigungsklassendiagramms. Masterarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin. FG Straßenplanung und Straßenbetrieb.

Sommer, K.; Heinrichs, E. (2016): Lärm- und Klimaschutz durch Tempo 30: Stärkung der Entscheidungskompetenzen der Kommunen. Unter Mitarbeit von K. Schormüller und T. Deppner. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (30/2016).

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2016): Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2015. Wiesbaden (Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 12.Juli 2016 in Berlin).

Statistisches Bundesamt (12.07.2018): 2017 starben im Durchschnitt fast 9 Menschen pro Tag im Straßenverkehr. Jede beziehungsweise jeder achte Verkehrstote war eine Radfahrerin oder ein Radfahrer. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2018/verkehrsunfaelle_2017/pm_unfallentwicklung_PDF.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 25.01.2019.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2013a): Körpermaße nach Altersgruppen: Frauen. Ergebnisse des Mikrozensus 2013. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/GesundheitszustandRelevantesVerhalten/Tabellen/KoerpermasseFrauen.html, zuletzt geprüft am 10.07.2018.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2013b): Körpermaße nach Altersgruppen: Männer. Ergebnisse des Mikrozensus 2013. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/GesundheitszustandRelevantesVerhalten/Tabellen/KoerpermasseMaenner.html, zuletzt geprüft am 10.07.2018.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (Hg.) (2017a): Verkehr. Verkehrsunfälle 2016. Wiesbaden (Fachserie 8 Reihe 7).

Statistisches Bundesamt (Destatis) (Hg.) (2017b): Verkehrsunfälle. Kraftrad- und Fahrradunfälle 2016. Wiesbaden.

Stiller, C.; Bachmann, A.; Geiger, A. (2015): Maschinelles Sehen. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 369–394.

Stolz, S. (2015): Untersuchung der Risikofaktoren für Verkehrskonflikte zwischen rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen und Radfahrern anhand von Konfliktanalysen in Berlin. Masterarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin. FG Straßenplanung und Straßenbetrieb.

Süddeutsche Zeitung (18.07.2017): Wir nehmen zusätzliche tote Radfahrer in Kauf. Wer sich im Straßenverkehr an Regeln hält, ist oft der Dumme: Unfallforscher Siegfried Brockmann über zu schmale Radwege und zu breite Egos in Deutschland. Brockmann, S. Online verfügbar unter http://www.sueddeutsche.de/auto/verkehrssicherheit-wir-nehmen-zusaetzliche-tote-radfahrer-in-kauf-1.3592366, zuletzt geprüft am 19.07.2017.

Summerskill, S.; Marshall, R.; Lenard, J. (2014): The design of category N3 vehicles for improved driver direct view. Published Research. Loughborough University, Loughborough. Loughborough Design School.

Terzis, A. (2016): Handbook of Camera Monitor Systems. The Automotive Mirror-Replacement Technology based on ISO 16505: Springer.

Thomas, P.; Talbot, R.; Reed, S.; Barnes, J.; Christie, N. (2015): Fatal urban cyclist collisions with lorries: an in depth sudy of causation factors and countermeasures usng a system-based approach. Hg. v. 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). Loughborough University; University College London. Götheburg (Paper-No. 15-0169).

Trabert, T.; Shevchenko, I.; Müller, G.; Malczyk, A. (2018): In-depth Analyse schwerer Unfälle mit schweren Lkw. Hg. v. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Berlin (FB 54).

Umweltbundesamt (2018): Städtischer Güterverkehr. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/staedtischer-gueterverkehr, zuletzt geprüft am 11.04.2018.

Unfallanalyse Berlin (o.J.): Rechtsabbiegende Lkw und Radfahrer. Berlin. Online verfügbar unter http://www.unfallanalyse.de/unfallforschung/rechtsabbiegender_lkw.html#container5ab, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Verband der Automobilindustrie e.V. (2012): Gemeinsamer Forschungsbericht zur Sicherheit von Kleintransportern. Unter Mitarbeit von Bundesanstalt für Straßenwesen, Unfallforschung der Versicherer und DEKRA. Hg. v. Verband der Automobilindustrie e.V. Berlin.

Verband der Automobilindustrie e.V. (Hg.) (2018): CO2-Regulierung bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen. Regulierung bis 2020. Online verfügbar unter https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nfz/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nutzfahrzeugen.html, zuletzt geprüft am 29.06.2018.

Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre): Signallagepläne der Knotenpunkte. Berlin: Verkehrslenkung Berlin.

Verkehrslenkung Berlin VLB C (Hg.) (2014): Straßenverkehrszählung Berlin 2014. Unter Mitarbeit von Ingenieurbüro statplan. Verkehrslenkung Berlin VLB C. Berlin.

Verkehrslenkung Berlin VLB C (Hg.) (2017): Fahrradverkehr-Pegelzählungen Berlin. Jahresbericht 2016. Unter Mitarbeit von Ingenieurbüro statplan. Berlin.

Vorndran, I. (2011): Unfallstatistik – Verkehrsmittel im Risikovergleich. In: *Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik* 12/2010, S. 1083–1088, zuletzt geprüft am 15.06.2017.

Walser, H. (2011): Statistik für Naturwissenschaftler. 1. Aufl. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag, UTB.

Weitzel, A.; Winner, H.; Peng, C.; Geyer, S.; Lotz, F.; Sefati, M. (2014): Absicherungsstrategien für Fahrerassistenzsysteme mit Umfeldwahrnehmung. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F, Fahrzeugtechnik. Bergisch Gladbach (F 98).

Winner, H. (2015): Radarsensorik. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer (Hg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 259–316.

Zimmermann, G. (1985): Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr. In: P. A. Mäcke (Hg.): Verkehrskonflikttechnik für den Fahrradverkehr. Seminar vom 12. November 1985 in Aachen. Aachen: Institut für Stadtbauwesen der RTHW Aachen, S. 5–9.

11 Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Zeitreihe des Unfallgeschehens nach Verkehrsbeteiligung v
Anlage 2: Verunglückte nach Verkehrsmittel vi
Anlage 3: Beispiel tieferer Seitenscheiben am Lkw vi
Anlage 4: Beispiele Güterkraftfahrzeugarten vi
Anlage 5: Kfz-Tagesganglinie vii
Anlage 6: Lkw-Tagesganglinie vii
Anlage 7: Radverkehrs-Tagesganglinie viii
Anlage 8: Zunahme Radverkehrsstärke Beispiel Berlin viii
Anlage 9: bauartbedingte Unterschiede der direkten Sicht ix
Anlage 10: Mindestsichtfelder Pkw ix
Anlage 11: vorgeschriebene Mindestsichfelder in dreidimensionaler Ansicht ix
Anlage 12: Sicht aus der Fahrerkabine x
Anlage 13: Methodik des Forschungsprojektes toter Winkel von Richter et al. (2014a) x
Anlage 14: Klassifizierung der Infrastruktureigenschaften an Knotenpunkten mit Unfällen bei Richter et al. (2014) xi
Anlage 15: Regressionsanalyse Radverkehrsstärke xi
Anlage 16: Regressionsanalyse Lkw-Verkehrsstärke xii
Anlage 17: Verbindungsfunktionsstufen Straßennetz Berlin xii
Anlage 18: Verteilung der Unfälle und KPA Innenstadtbereich und Randlage xii
Anlage 19: Verteilung nach Ortsteilen xiii
Anlage 20: Verteilung der Unfälle auf die Straßenkategorien xiv
Anlage 21: Lkw-Verkehrsstärkekarte 2014 xiv
Anlage 22: Unfallkarte aller 368 Unfälle mit Hauptverkehrsstraßennetz xv
Anlage 23: Fisher´s exakter Test Heranführung der RVA xvi
Anlage 24: Fisher´s exakter Test Gelbblinklicht xvi
Anlage 25: Fisher´s exakter Test Blockschaltung xvi
Anlage 26: Fisher´s exakter Test Sichtbehinderung xvii
Anlage 27: Vergleich der Verkehrsstärken an KPA mit mindestens drei Unfällen xvii
Anlage 28: Verkehrsstärkeklassen abbiegende Kfz xvii
Anlage 29: Verkehrsstärkeklassen abbiegende Lkw xviii

Anlage 30: KPA mit mindestens drei Unfällen und Verkehrsstärke [n=19] xviii
Anlage 31: Sichtanalyse KP Marienfelder Allee / Hildburghauser Straße xix
Anlage 32: Sichtanalyse KP Frankfurter Allee / Warschauer Straße Ost xix
Anlage 33: Sichtanalyse KP Frankfurter Allee / Warschauer Straße Süd xx
Anlage 34: Sichtanalyse KP Bornholmer Straße / Malmöer Straße xx
Anlage 35: Sichtanalyse KP Friedrichstraße / Kochstraße xxi
Anlage 36: Sichtanalyse KP Klosterstraße / Ruhlebener Straße (rechter FS) xxi
Anlage 37: Sichtanalyse KP Perleberger Straße / Heidestraße xxii
Anlage 38: Sichtanalyse KP Tempelhofer Damm / Bayernring xxii
Anlage 39: Sichtanalyse KP Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer xxiii
Anlage 40: Sichtanalyse KP Petersburger Straße / Landsberger Allee xxiii
Anlage 41: Sichtanalyse KP Modersohnstraße / Rudolfstraße xxiv
Anlage 42: Sichtanalyse KP Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg xxiv
Anlage 43: Sichtanalyse KP Machnower Straße / Teltower Damm xxv
Anlage 44: Sichtanalyse KP Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Straße xxv
Anlage 45: Sichtanalyse KP Frankfurter Allee / Proskauer Straße xxvi
Anlage 46: Sichtanalyse KP Mehringdamm / Tempelhofer Ufer xxvi
Anlage 47: Sichtanalyse KP Scharnweber Straße / Antonienstraße xxvii
Anlage 48: Sichtanalyse KP Gottlieb-Dunkel-Straße / Tempelhofer Weg xxvii
Anlage 49: Sichtanalyse KP Teltower Damm / Berliner Straße xxviii
Anlage 50: Sichtanalyse KP Kiefholzstraße / Elsenstraße xxviii
Anlage 51: Sichtanalyse KP Stromstraße / Alt-Moabit (Ost) xxix
Anlage 52: Sichtanalyse KP Schönhauser Allee / Lottumstraße xxix
Anlage 53: Sichtanalyse KP Klosterstraße / Ruhlebener Straße (linker FS) xxx
Anlage 54: Sichtanalyse KP Mehringdamm / Fidicinstraße xxx
Anlage 55: Sichtanalyse KP Berliner Straße / Eschengraben xxxi
Anlage 56: Sichtanalyse KP Bernauer Straße / Hussitenstraße xxxi
Anlage 57: Sichtanalyse KP Wilhelminenhofstraße / Grundstückszufahrt xxxii
Anlage 58: Sichtanalyse KP Stromstraße / Alt-Moabit (Nord) xxxii
Anlage 59: Zeitdauer RV bei 10 m Heranführung xxxiii
Anlage 60: Bremsparabel Betriebsbremsung xxxiii

Anlage 61: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und nasser Fahrbahn (ohne Luftwiderstand) xxxiv

Anlage 62: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und nasser Fahrbahn (ohne Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten xxxiv

Anlage 63: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 3% Längsneigung (trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) xxxv

Anlage 64: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 3% Längsneigung (trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten xxxv

Anlage 65: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 1,5 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) xxxvi

Anlage 66: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 1,5 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten xxxvi

Anlage 67: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 2,0 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) xxxvii

Anlage 68: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 2,0 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten xxxvii

Anlage 69: Verbesserung der KP in Berlin (ohne kritische KP) xxxviii

Anlage 70: Signaturen der Unfalldiagramme xxxix

Anlage 71: Steckbrief Berliner Straße / Eschengraben xl

Anlage 72: Steckbrief Bernauer Straße / Hussitenstraße xli

Anlage 73: Steckbrief Bornholmer Straße / Malmöer Straße xlii

Anlage 74: Steckbrief Frankfurter Allee / Proskauer Straße xliii

Anlage 75: Steckbrief Frankfurter Allee / Warschauer Straße (Ost) xliv

Anlage 76: Steckbrief Frankfurter Allee / Warschauer Straße (Süd) xlv

Anlage 77: Steckbrief Friedrichstraße / Kochstraße xlvi

Anlage 78: Steckbrief Gottlieb-Dunkel-Straße / Tempelhofer Weg xlvii

Anlage 79: Steckbrief Kiefholzstraße / Elsenstraße xlviii

Anlage 80: Steckbrief Klosterstraße / Ruhlebener Straße xlix

Anlage 81: Steckbrief Machnower Straße / Teltower Damm l

Anlage 82: Steckbrief Marienfelder Allee / Hildburghauser Straße li

Anlage 83: Steckbrief Mehringdamm / Fidicinstraße lii

Anlage 84: Steckbrief Mehringdamm / Tempelhofer Ufer liii

Anlage 85: Steckbrief Modersohnstraße / Rudolfstraße liv

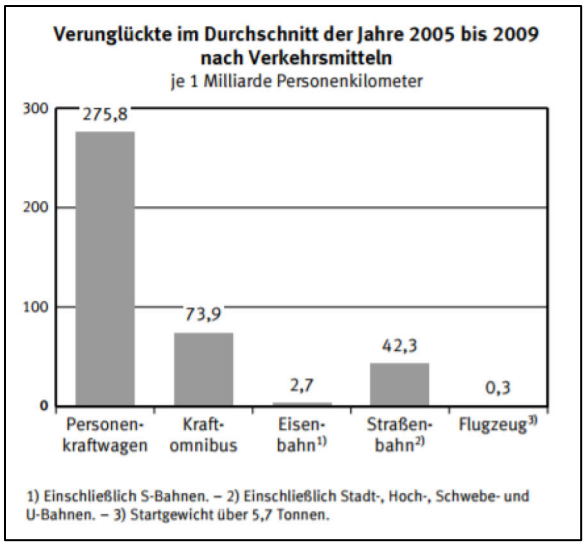
Anlage 86: Steckbrief Perleberger Straße / Heidestraße lv
Anlage 87: Steckbrief Petersburger Straße / Landsberger Allee lvi
Anlage 88: Steckbrief Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Straße lvii
Anlage 89: Steckbrief Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg lviii
Anlage 90: Steckbrief Scharnweber Straße / Antonienstraße lix
Anlage 91: Steckbrief Schönhauser Allee / Lottumstraße lx
Anlage 92: Steckbrief Stromstraße / Alt-Moabit (Nord) lxi
Anlage 93: Steckbrief Stromstraße / Alt-Moabit (Ost) lxii
Anlage 94: Steckbrief Teltower Damm / Berliner Straße lxiii
Anlage 95: Steckbrief Tempelhofer Damm / Bayernring lxiv
Anlage 96: Steckbrief Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer lxv
Anlage 97: Steckbrief Wilhelminenhofstraße / Grundstückszufahrt lxvi

12 Anlagen

Jahr	Pkw	Lkw	Krafträder	Fahrräder	zu Fuß Gehende
1996	5.622	247	998	594	1178
1997	5.249	247	1143	679	1147
1998	4.741	244	1011	637	1084
1999	4.640	269	1128	662	983
2000	4.396	279	1102	659	993
2001	4.023	230	1102	635	900
2002	4.005	244	1044	583	873
2003	3.774	236	1080	616	812
2004	3.238	233	980	475	838
2005	2.833	213	982	575	686
2006	2.683	235	900	486	711
2007	2.625	215	907	425	695
2008	2.368	183	766	456	653
2009	2.110	164	749	462	591
2010	1.840	162	709	381	476
2011	1.986	174	778	399	614
2012	1.791	154	679	406	520
2013	1.588	148	641	354	557
2014	1.575	143	674	396	523
2015	1.620	146	701	383	537
2016	1.531	133	601	393	490

Anlage 1: Zeitreihe des Unfallgeschehens nach Verkehrsbeteiligung

Quelle: eigene Darstellung nach DVR Deutscher Verkehrssicherheitsrat (2018) mit Zahlen von Destatis



Anlage 2: Verunglückte nach Verkehrsmittel

Quelle: Vorndran (2011, S. 1087)



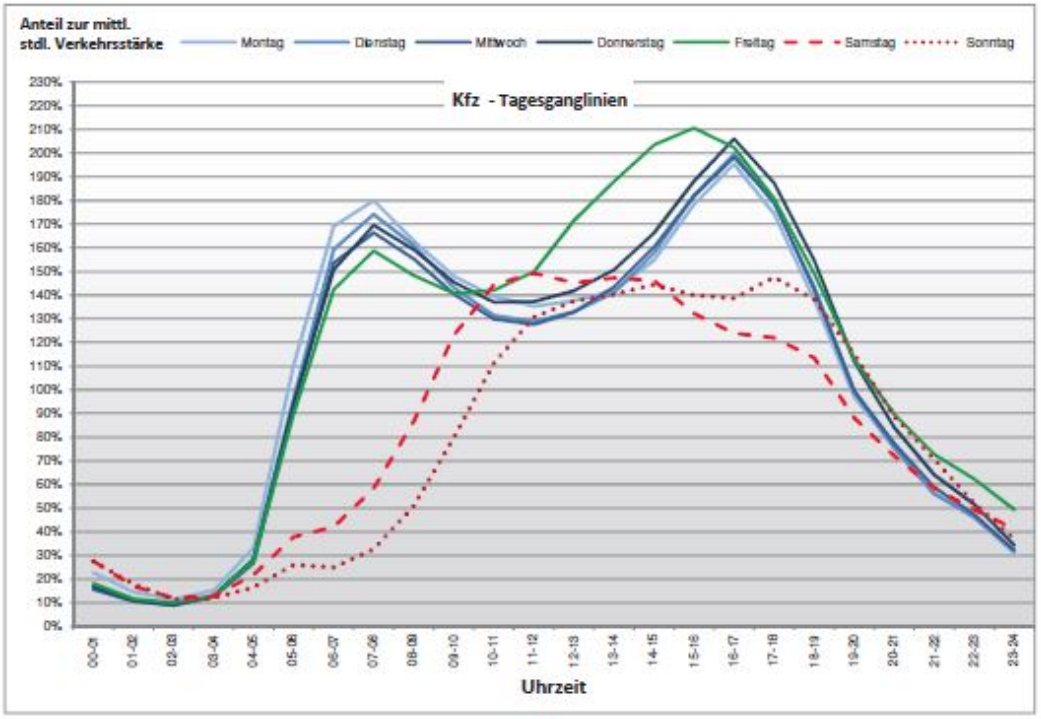
Anlage 3: Beispiel tieferer Seitenscheiben am Lkw

Quelle: eigene Aufnahme



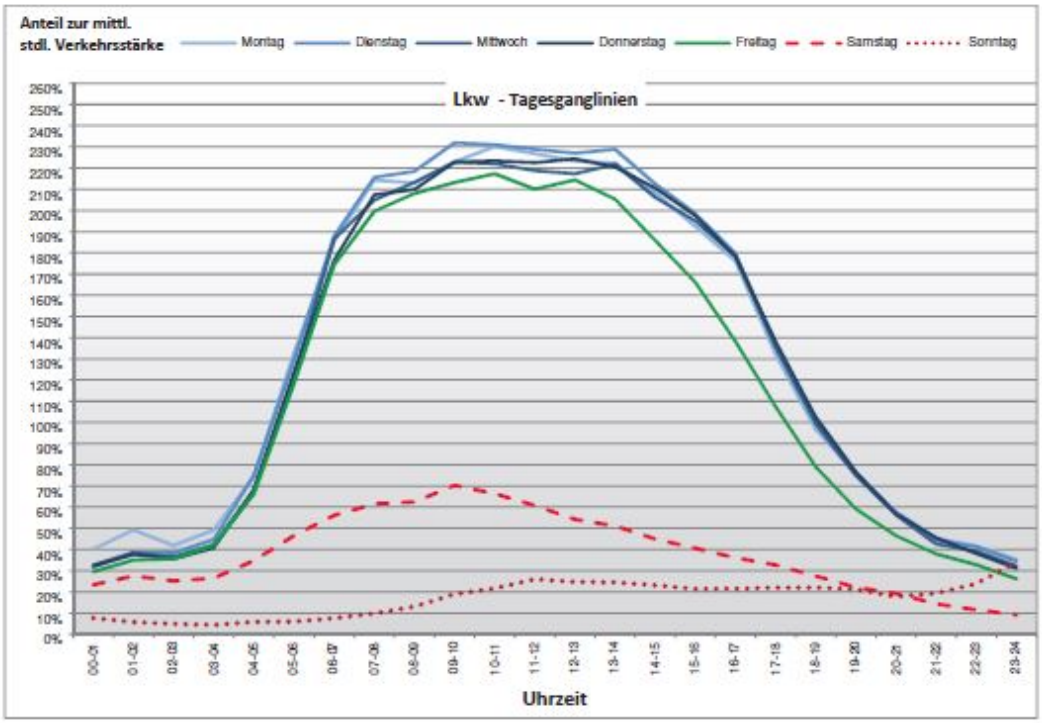
Anlage 4: Beispiele Güterkraftfahrzeugarten

Quelle: Assing (2004, S. 9)



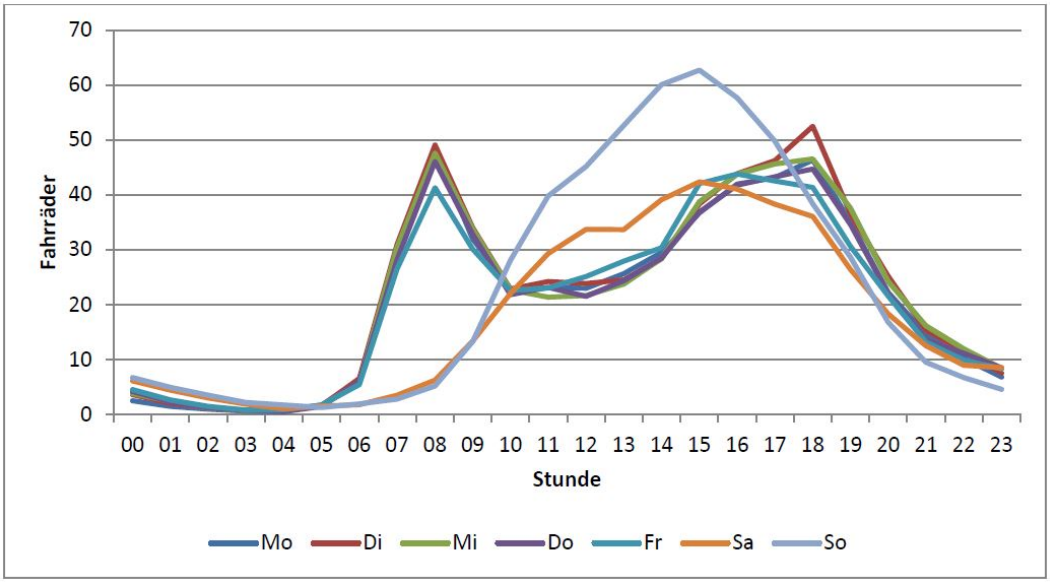
Anlage 5: Kfz-Tagesganglinie

Quelle: Verkehrslenkung Berlin VLB C (2014, S. 3)



Anlage 6: Lkw-Tagesganglinie

Quelle: Verkehrslenkung Berlin VLB C (2014, S. 3)



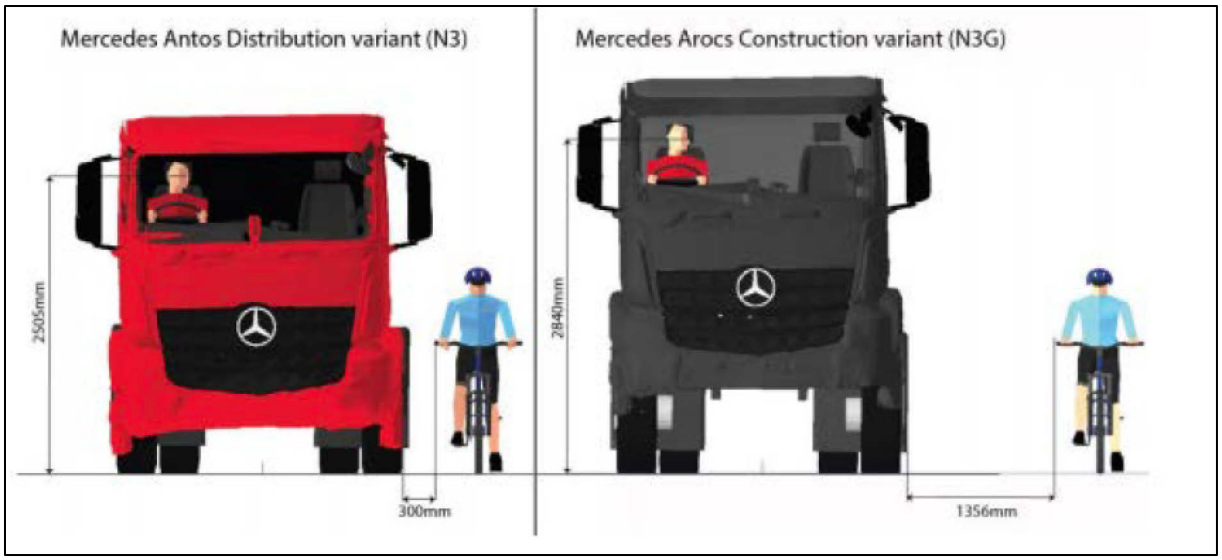
Anlage 7: Radverkehrs-Tagesganglinie

Quelle: Richter et al. (2012)

Jahr	relative Radverkehrsstärke [Basis 2001)	Veränderung zu 2001	Veränderung zum Vorjahr
2001	100,0%	-	-
2002	103,4%	3%	3%
2003	100,9%	1%	-2%
2004	98,4%	-2%	-2%
2005	111,1%	11%	13%
2006	112,6%	13%	1%
2007	116,9%	17%	4%
2008	126,1%	26%	8%
2009	131,5%	32%	4%
2010	130,5%	31%	-1%
2011	130,3%	30%	0%
2012	137,7%	38%	6%
2013	143,6%	44%	4%
2014	150,5%	51%	5%
2015	151,5%	51%	1%
2016	153,0%	53%	1%

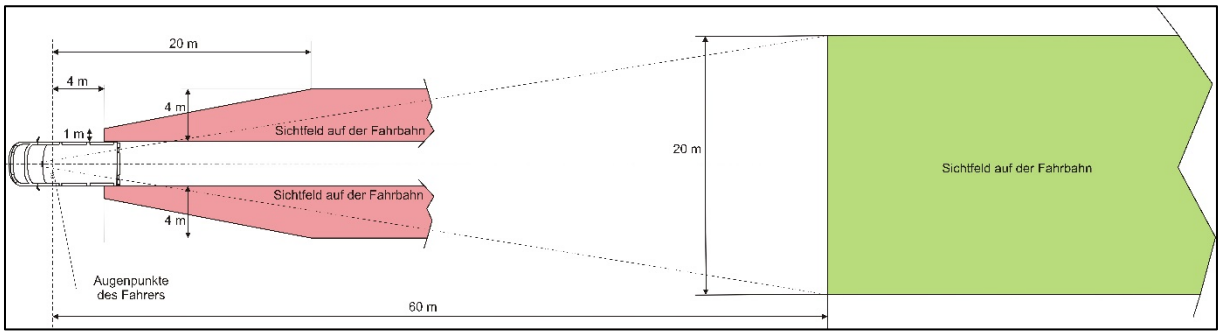
Anlage 8: Zunahme Radverkehrsstärke Beispiel Berlin

Quelle: Verkehrslenkung Berlin VLB C (2017, S. 2)



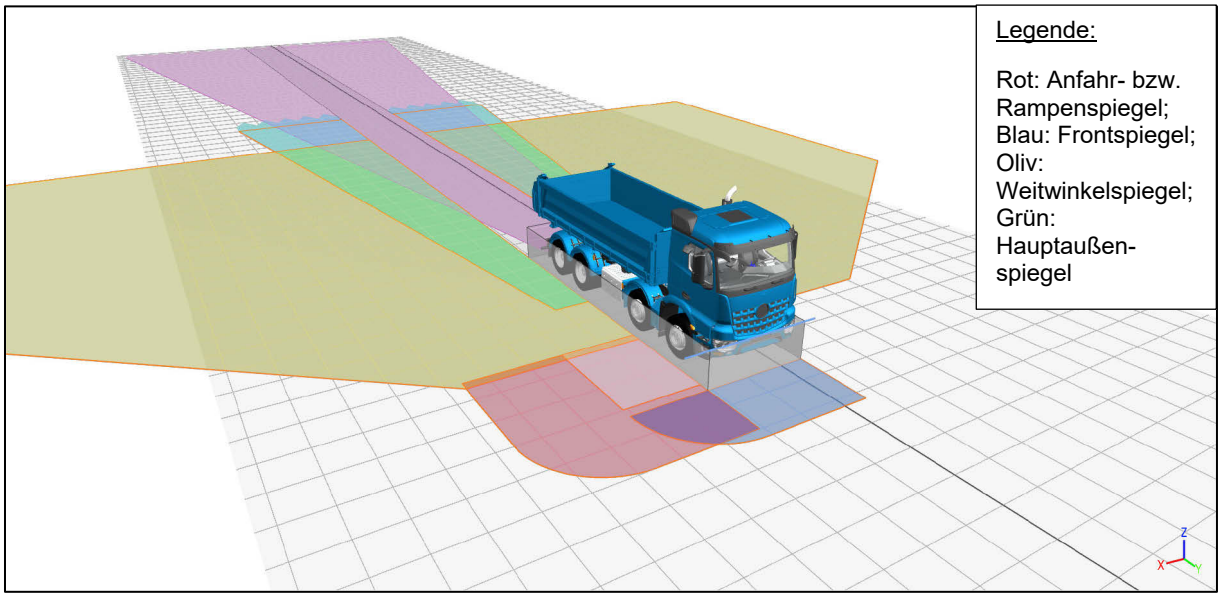
Anlage 9: bauartbedingte Unterschiede der direkten Sicht

Quelle: Cornelius und Todts (2016, S. 9)



Anlage 10: Mindestsichtfelder Pkw

Quelle: eigene Darstellung nach Richtlinie (2003/97/EG)



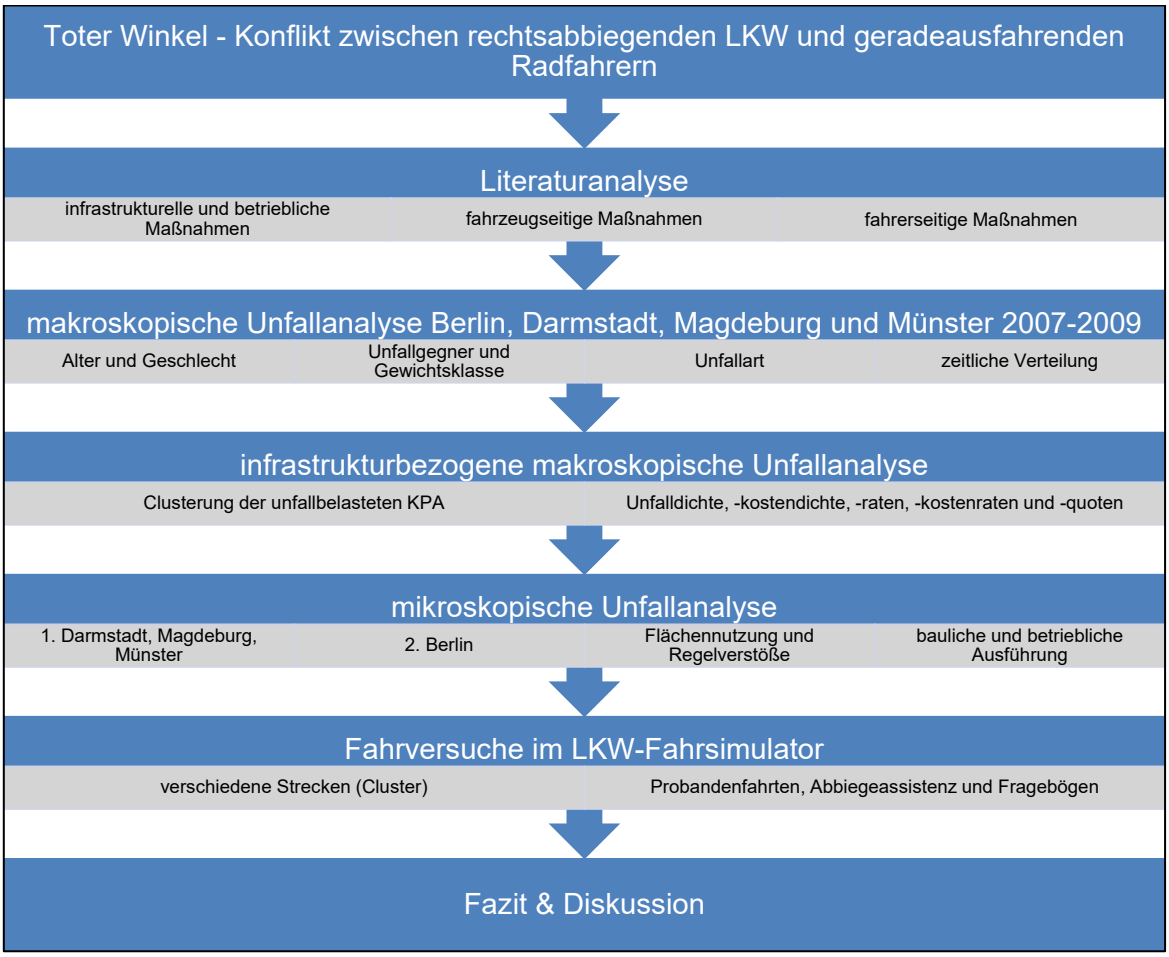
Anlage 11: vorgeschriebene Mindestsichtfelder in dreidimensionaler Ansicht

Quelle: © REKNOW GmbH und Co. KG mit EMM-Check ®



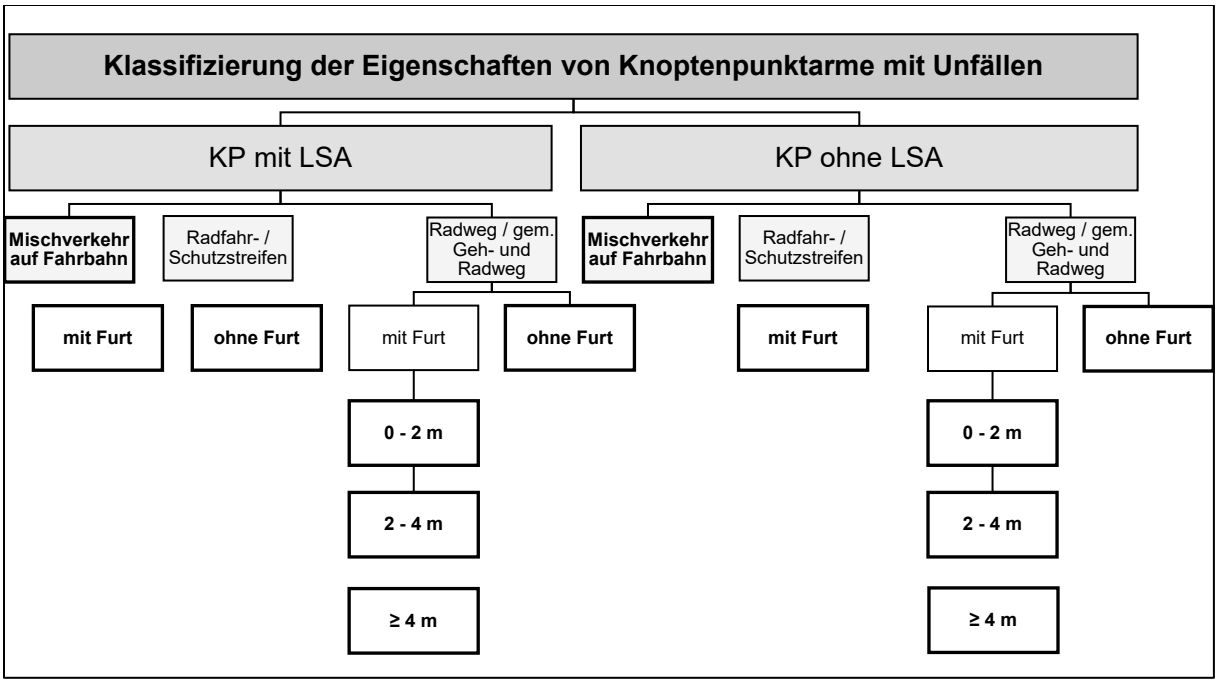
Anlage 12: Sicht aus der Fahrerkabine

Quelle: © REKNOW GmbH und Co. KG mit EMM-Check ®



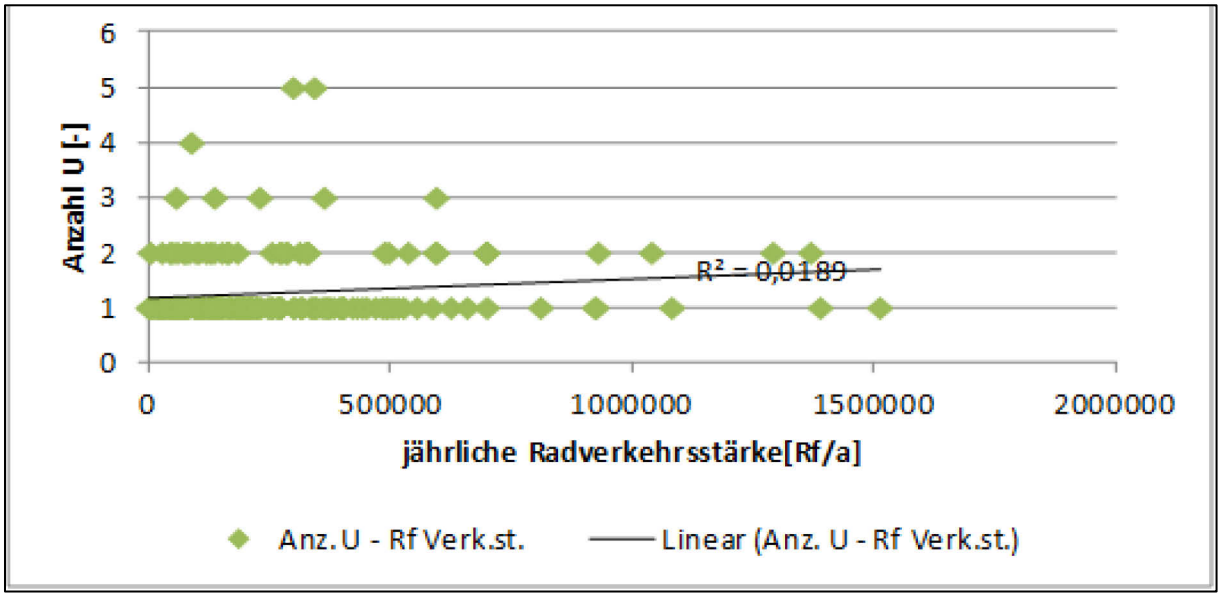
Anlage 13: Methodik des Forschungsprojektes toter Winkel von Richter et al. (2014a)

Quelle: erweiterte Darstellung nach Richter und Sachs (2016)



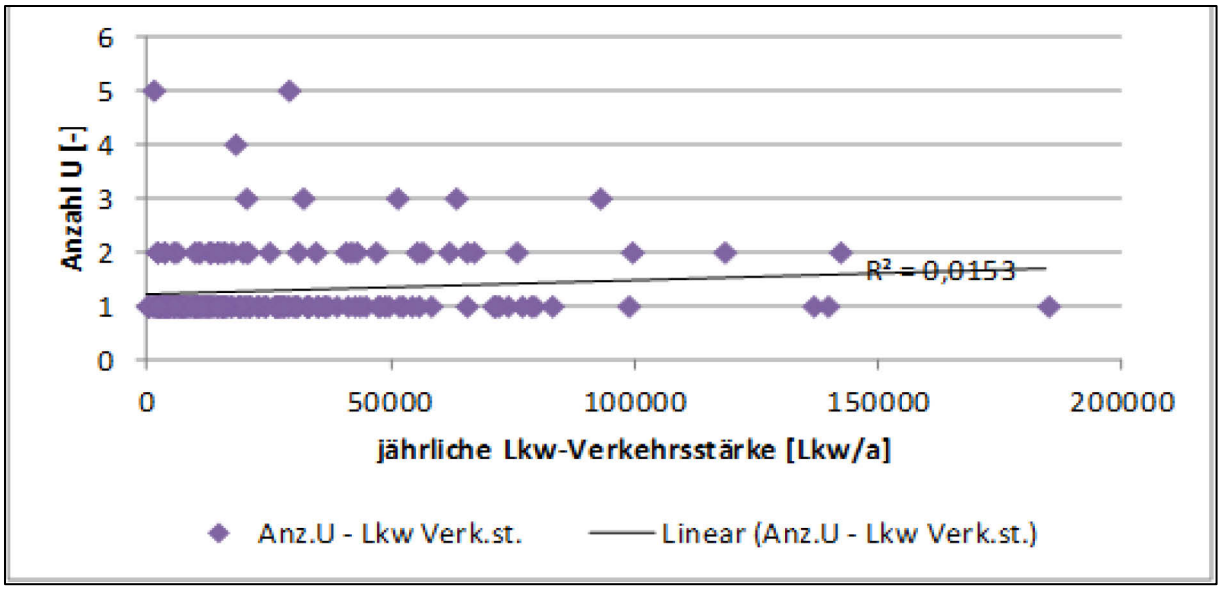
Anlage 14: Klassifizierung der Infrastruktureigenschaften an Knotenpunkten mit Unfällen bei Richter et al. (2014)

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Kolrep-Rometsch et al. (2013); Richter et al. (2014a)



Anlage 15: Regressionsanalyse Radverkehrsstärke

Quelle: Richter et al. (2014a, S. 122)



Anlage 16: Regressionsanalyse Lkw-Verkehrsstärke

Quelle: Richter et al. (2014a, S. 122)

Verbindungsfunktionsstufe	Bezeichnung
0	kontinentale Straßenverbindung
I	großräumige Straßenverbindung
II	übergeordnete Straßenverbindung (überregionale/regionale Straßenverbindung nach RIN)
III	örtliche Straßenverbindung (zwischengemeindliche Straßenverbindung nach RIN)
IV	Ergänzungsstraßen (nahräumige Straßenverbindung nach RIN)

Anlage 17: Verbindungsfunktionsstufen Straßennetz Berlin

Quelle: Auszug und eigene Darstellung nach Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2017, S. 3)

	Anzahl Unfälle	prozentuale Verteilung	Anzahl KPA	prozentuale Verteilung
Innenstadt	66	18 %	43	17 %
Randbezirk	111	30 %	82	32 %
Mischbezirk	191	52 %	131	51 %
Mischbezirk davon Innenstadtlage	97	51 %	64	49 %
Mischbezirk davon Randlage	94	49 %	67	51 %
Summe Innenstadtlage	163	44 %	107	42 %
Summe außerhalb Innenstadtlage	205	56 %	149	58 %

Anlage 18: Verteilung der Unfälle und KPA Innenstadtbereich und Randlage

Bezirk	Ortsteil	Ortslage	Anzahl Unfälle	Anzahl KPA
Mitte	Mitte	Innenstadt	17	12
	Tiergarten	Innenstadt	21	13
	Wedding	Mischbezirk	20	15
		Innenstadtlage	5	3
		Randlage	15	12
Reinickendorf	Reinickendorf	Randbezirk	29	23
Spandau	Spandau	Randbezirk	24	16
Charlottenburg-Wilmersdorf	Charlottenburg	Mischbezirk	17	13
		Innenstadtlage	11	9
		Randlage	6	4
	Wilmersdorf	Mischbezirk	13	12
		Innenstadtlage	10	9
		Randlage	3	3
Steglitz-Zehlendorf	Steglitz	Randbezirk	8	6
	Zehlendorf	Randbezirk	13	8
Tempelhof-Schöneberg	Tempelhof	Mischbezirk	24	17
		Innenstadtlage	5	3
		Randlage	19	14
	Schöneberg	Mischbezirk	11	8
		Innenstadtlage	8	6
		Randlage	3	2
Neukölln	Neukölln	Mischbezirk	12	12
		Innenstadtlage	4	4
		Randlage	8	8
Friedrichshain-Kreuzberg	Friedrichshain	Mischbezirk	37	21
		Innenstadtlage	37	21
		Randlage	0	0
	Kreuzberg	Innenstadt	28	18
Treptow-Köpenick	Treptow	Mischbezirk	18	11
		Innenstadtlage	4	1
		Randlage	14	10
	Köpenick	Randbezirk	12	8
Lichtenberg	Lichtenberg	Randbezirk	11	9
Marzahn-Hellersdorf	Marzahn	Randbezirk	7	6
	Hellersdorf	Randbezirk	4	4
Pankow	Pankow	Randbezirk	1	1
	Prenzlauer Berg	Mischbezirk	39	22
		Innenstadtlage	13	8
		Randlage	26	14
	Weißensee	Randbezirk	2	1

Anlage 19: Verteilung nach Ortsteilen

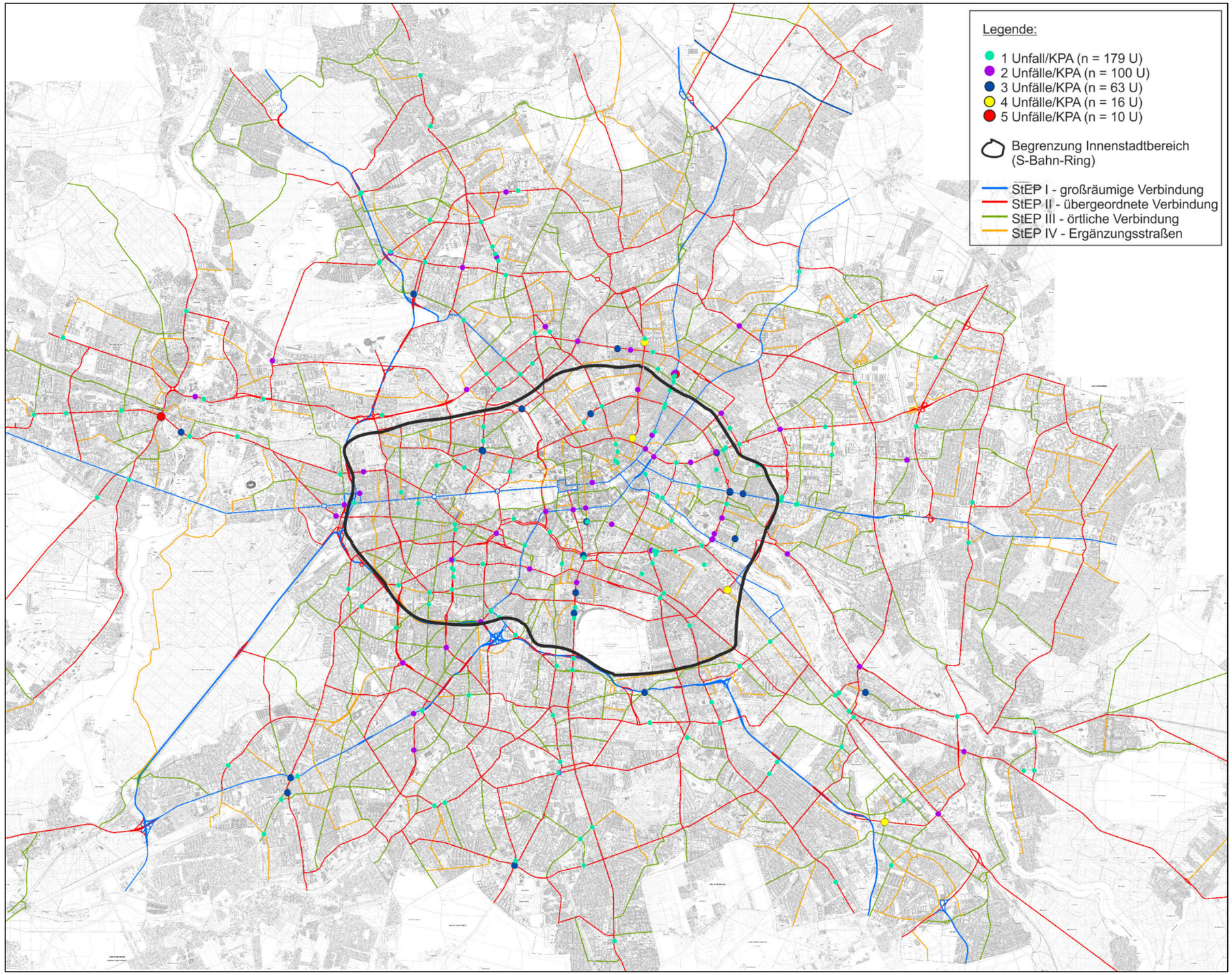
	HVS/HVS	HVS/sonst. Str.	Sonst. Str./ Sonst. Str.	Sonst. Str./ HVS	Summe Unfälle
KPA mit 1 Unfall					
Innenstadt	24 U (24 KPA)	35 U (35 KPA)	6 U (6 KPA)	3 U (3 KPA)	68
Randlage	61 U (61 KPA)	42 U (42 KPA)	1 U (1 KPA)	7 U (7KPA)	111
Summe	85 U (85 KPA)	77 U (77 KPA)	7 U (7 KPA)	10 U (10 KPA)	179
KPA mit 2 Unfällen					
Innenstadt	30 U (15 KPA)	18 U (9 KPA)	-	-	48
Randlage	34 U (17 KPA)	18 U (9 KPA)	-	-	52
Summe	64 U (32 KPA)	36 U (18 KPA)	-	-	100
KPA mit 3 Unfällen					
Innenstadt	27 U (9 KPA)	12 U (4 KPA)	-	-	39
Randlage	15 U (5 KPA)	9 U (3 KPA)	-	-	24
Summe	42 U (14 KPA)	21 U (7 KPA)	-	-	63
KPA mit 4 Unfällen					
Innenstadt	4 U (1 KPA)	4 U (1 KPA)	-	-	8
Randlage	4 U (1 KPA)	4 U (1 KPA)	-	-	8
Summe	8 U (2 KPA)	8 U (2 KPA)	-	-	16
KPA mit 5 Unfällen					
Innenstadt	-	-	-	-	
Randlage	5 U (1 KPA)	5 U (1 KPA)	-	-	10
Summe	5 U (1 KPA)	5 U (1 KPA)	-	-	10
Gesamt	204 U (134 KPA)	147 U (105 KPA)	7 U (7 KPA)	10 U (10 KPA)	368

Anlage 20: Verteilung der Unfälle auf die Straßenkategorien



Anlage 21: Lkw-Verkehrsstärkekarte 2014

Quelle: Verkehrslenkung Berlin VLB C (2014, S. 8)



Anlage 22: Unfallkarte aller 368 Unfälle mit Hauptverkehrsstraßennetz

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage Geoportal Berlin / Karte von Berlin 1:5000 K5 SW-Ausgabe (2018); Geoportal Berlin / Übergeordnetes Straßennetz Bestand (2017)

Merkmalsausprägungen	KPA 1-2 U	KPA mind. 3 U	Summe
Heranführung RVA < 10 m	47	6	53
Heranführung RVA >= 10 m	10	7	17
			70
linksseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,99837	keine Signifikanz
rechtsseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,011036	signifikant mit p < 0.05
zweiseitiger Test	p-Wert	0,011036	signifikant mit p < 0.05
Hypothese: Die Heranführung der RVA hat einen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle am Knotenpunkt			
Signifikanzniveau α=5% (in Naturwissenschaften häufig toleriert (Walser 2011, S. 210))			

Anlage 23: Fisher´s exakter Test Heranführung der RVA

Quelle: eigene Darstellung, Berechnungsgrundlagen nach Langsrud (2019)

Merkmalsausprägungen	KPA 1-2 U	KPA mind. 3 U	Summe
kein Gelbblinklicht	137	18	155
mit Gelbblinklicht	9	4	13
			168
linksseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,9845	keine Signifikanz
rechtsseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,071279	keine Signifikanz
zweiseitiger Test	p-Wert	0,071279	keine Signifikanz
Hypothese: Das Gelbblinklicht hat einen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle am Knotenpunkt			
Signifikanzniveau α=5% (in Naturwissenschaften häufig toleriert (Walser 2011, S. 210))			

Anlage 24: Fisher´s exakter Test Gelbblinklicht

Quelle: eigene Darstellung, Berechnungsgrundlagen nach Langsrud (2019)

Merkmalsausprägungen	KPA 1-2 U	KPA mind. 3 U	Summe
ohne Blockschaltung	68	15	83
mit Blockschaltung	14	0	14
			97
linksseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,07862	keine Signifikanz
rechtsseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	1	keine Signifikanz
zweiseitiger Test	p-Wert	0,11743	keine Signifikanz
Hypothese: Die Blockschaltungen haben einen positiven Einfluss auf die Anzahl der Unfälle am Knotenpunkt			
Signifikanzniveau α=5% (in Naturwissenschaften häufig toleriert (Walser 2011, S. 210))			

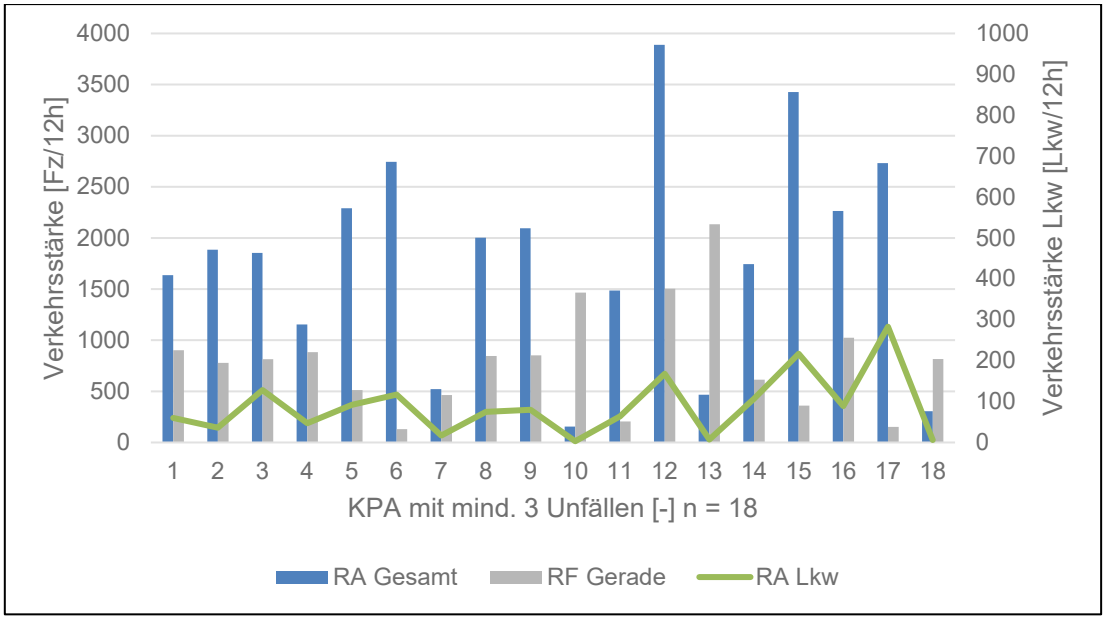
Anlage 25: Fisher´s exakter Test Blockschaltung

Quelle: eigene Darstellung, Berechnungsgrundlagen nach Langsrud (2019)

Merkmalsausprägungen	KPA 1-2 U	KPA mind. 3 U	Summe
Anzahl mit Sichtbehinderung	80	20	100
Anzahl ohne Sichtbehinderung	135	7	142
			242
linksseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,00028	hochsignifikanter Unterschied mit p < 0.001
rechtsseitige Wahrscheinlichkeit	p-Wert	0,99995	keine Signifikanz
zweiseitiger Test	p-Wert	0,00033	hochsignifikanter Unterschied mit p < 0.001
Hypothese: Die Sichtbehinderungen haben einen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle am Knotenpunkt			
Signifikanzniveau α=0.1% (als hochsignifikant bezeichnet (Walser 2011, S. 210))			

Anlage 26: Fisher´s exakter Test Sichtbehinderung

Quelle: eigene Darstellung, Berechnungsgrundlagen nach Langsrud (2019)



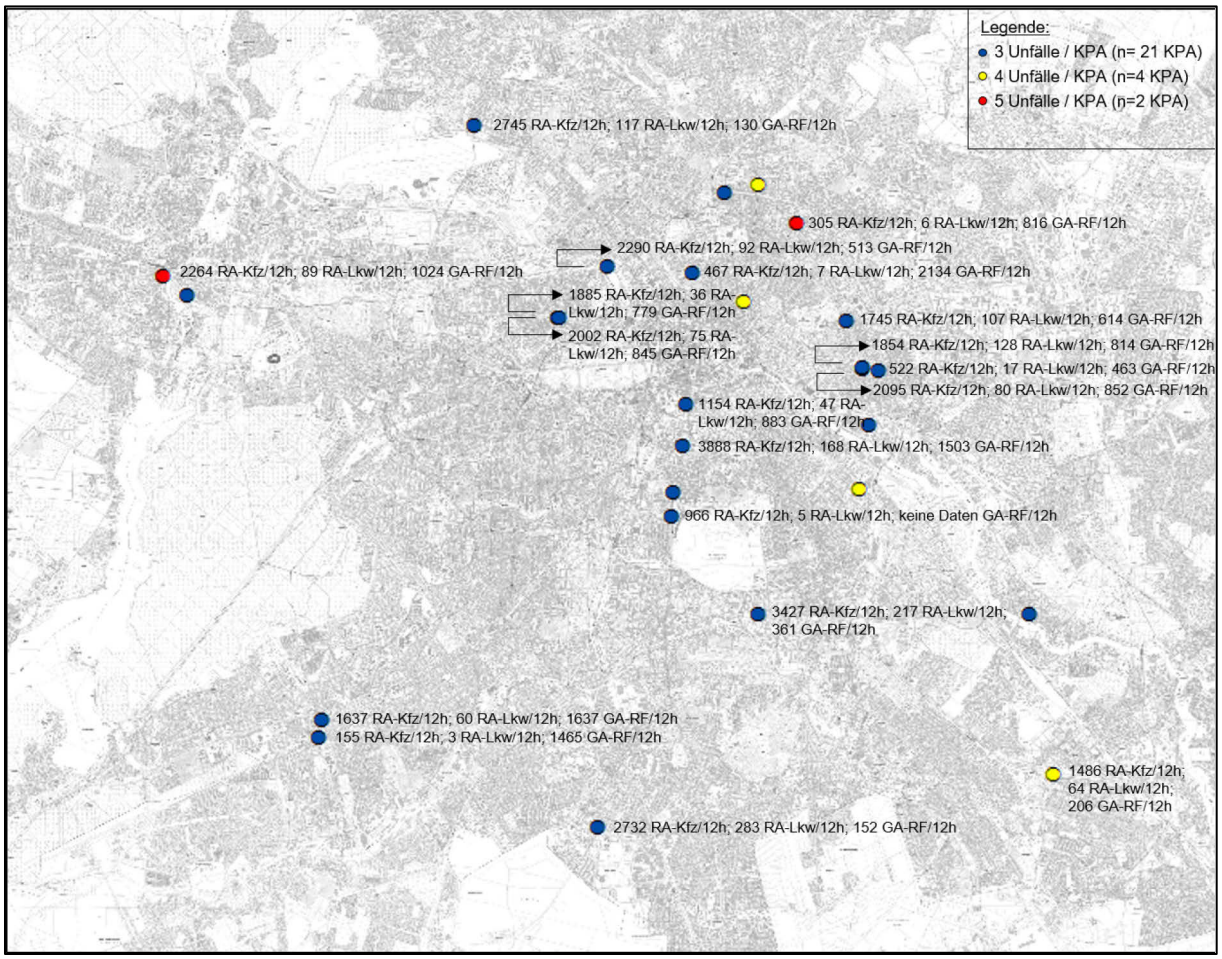
Anlage 27: Vergleich der Verkehrsstärken an KPA mit mindestens drei Unfällen

Verkehrsstärken		Klassen geradeaus fahrender RV [RV/12h]			
		0 - 499	**500 - 999**	**1000 - 1499**	**≥ 1500**
Klassen abbiegende Kfz [Kfz/12h]	**0 - 999**	1 KPA mit 3 U	1 KPA mit 5 U	1 KPA mit 3 U	1 KPA mit 3 U
	1000 - 1999	1 KPA mit 4 U	5 KPA mit je 3 U	-	-
	2000 - 2999	2 KPA mit je 3 U	3 KPA mit je 3 U	1 KPA mit 5 U	-
	≥ 3000	1 KPA mit 3 U	-	-	1 KPA mit 3 U

Anlage 28: Verkehrsstärkeklassen abbiegende Kfz

Verkehrsstärken		Klassen geradeaus fahrender RV [RV/12h]			
		0 - 499	500 - 999	1000 - 1499	≥ 1500
Klassen abbiegender Lkw [Lkw/12h]	0 - 49	1 KPA mit 3 U	2 KPA mit je 3 U; 1 KPA mit 5 U	1 KPA mit 3 U	1 KPA mit 3 U
	50 - 99	1 KPA mit 4 U	4 KPA mit je 3 U	1 KPA mit 5 U	-
	100 - 149	1 KPA mit 3 U	2 KPA mit je 3 U	-	-
	≥ 150	2 KPA mit je 3 U	-	-	1 KPA mit 3 U

Anlage 29: Verkehrsstärkeklassen abbiegende Lkw

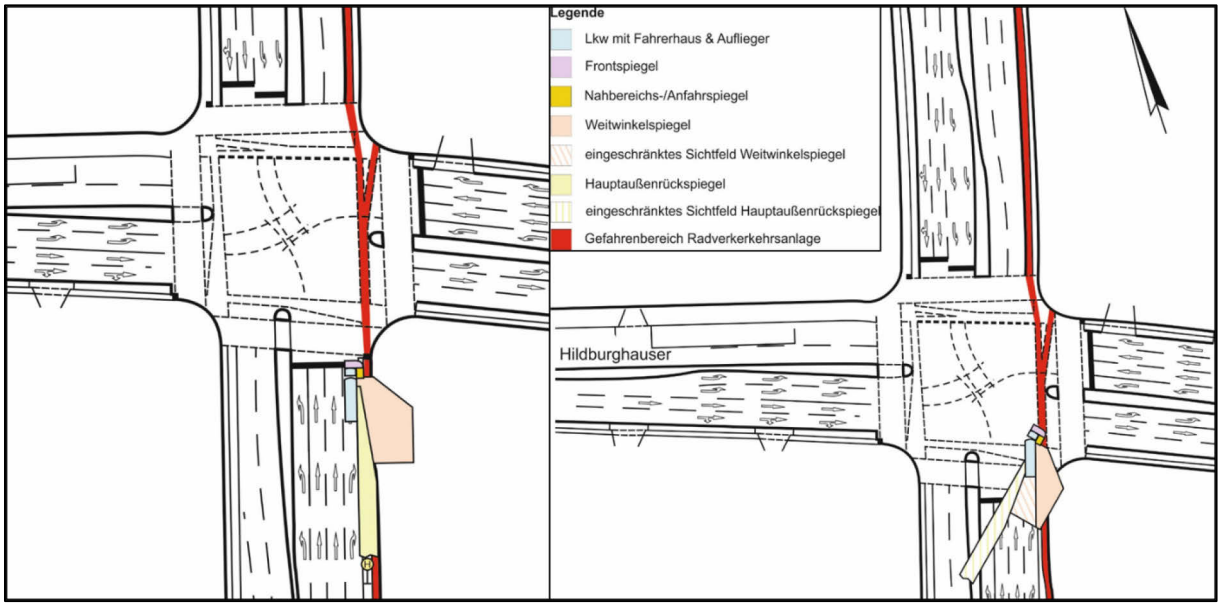


Anlage 30: KPA mit mindestens drei Unfällen und Verkehrsstärke [n=19]

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Geoportal Berlin / Karte von Berlin 1:5000 K5 SW-Ausgabe (2018)

Sichtanalyse der Einstufung *„in Ordnung“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

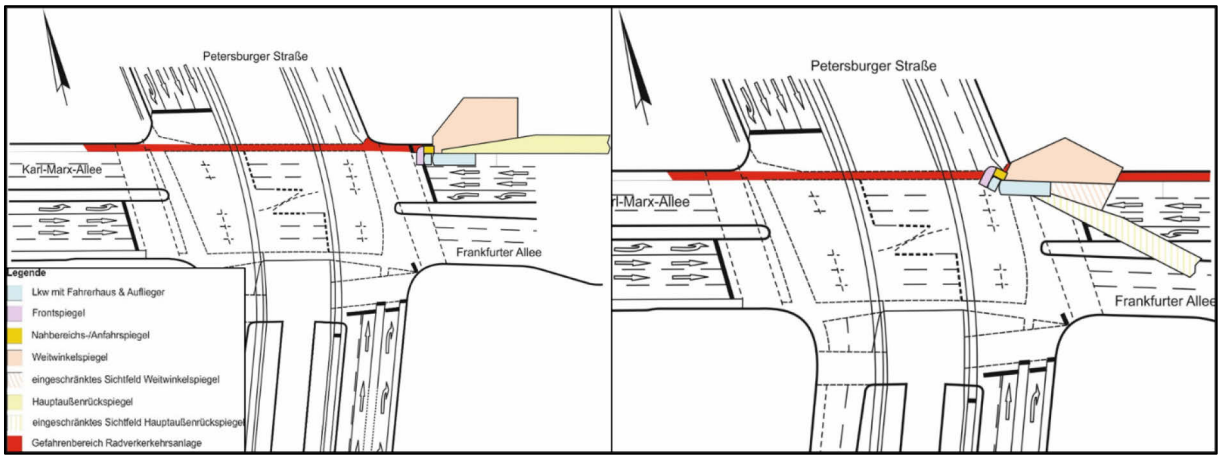


Anlage 31: Sichtanalyse KP Marienfelder Allee / Hildburghauser Straße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„in Ordnung“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

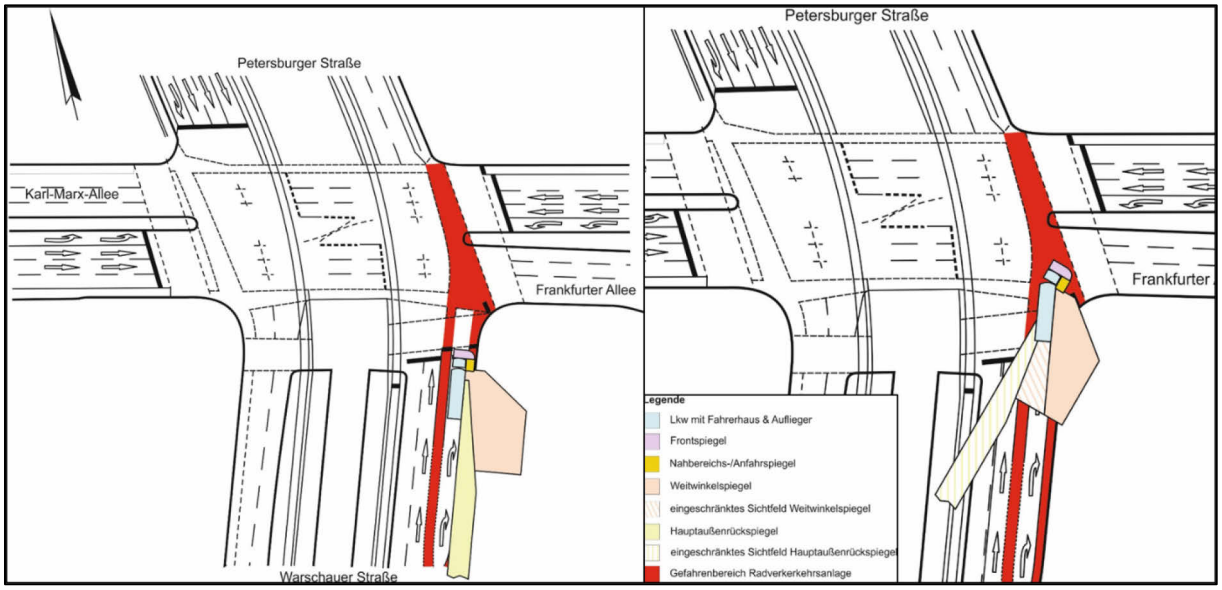


Anlage 32: Sichtanalyse KP Frankfurter Allee / Warschauer Straße Ost

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„in Ordnung“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung



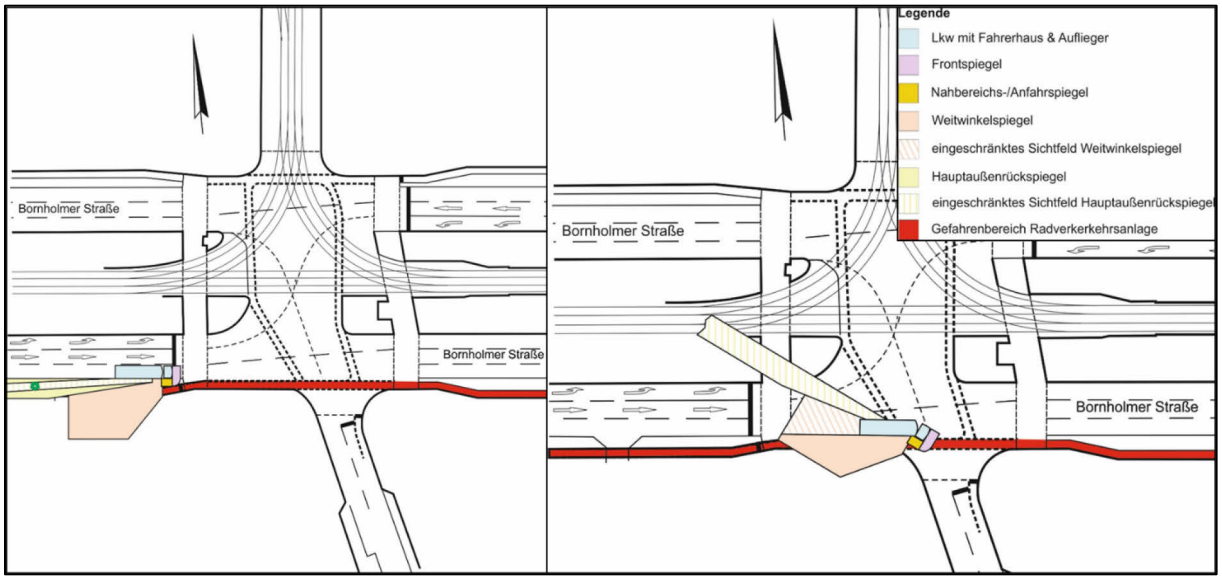
Anlage 33: Sichtanalyse KP Frankfurter Allee / Warschauer Straße Süd

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„in Ordnung“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln* Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

* bis zum Konfliktpunkt liegen noch 20 m, weshalb die Sicht bei der Heranfahrt gegeben ist

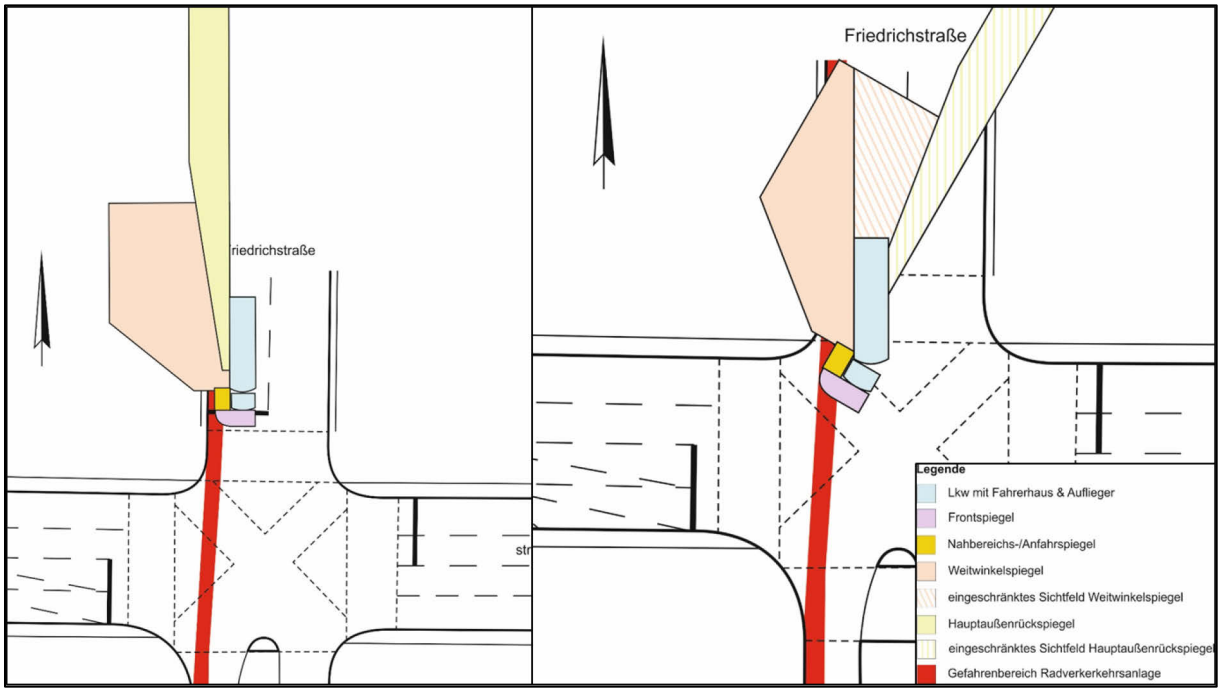


Anlage 34: Sichtanalyse KP Bornholmer Straße / Malmöer Straße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„in Ordnung“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

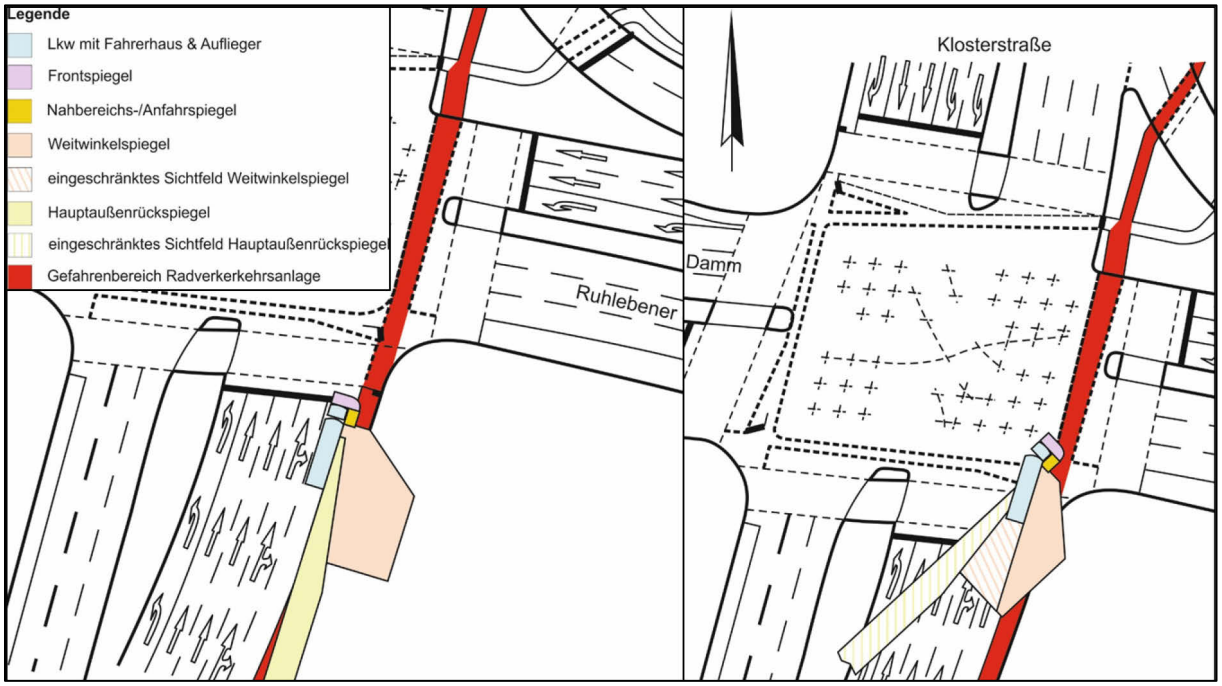


Anlage 35: Sichtanalyse KP Friedrichstraße / Kochstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„in Ordnung“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

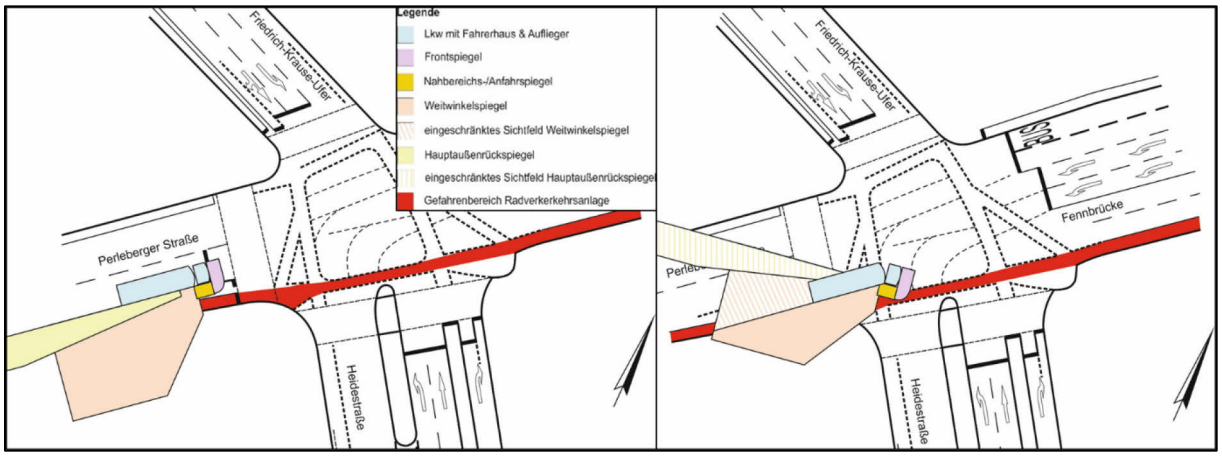


Anlage 36: Sichtanalyse KP Klosterstraße / Ruhlebener Straße (rechter FS)

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

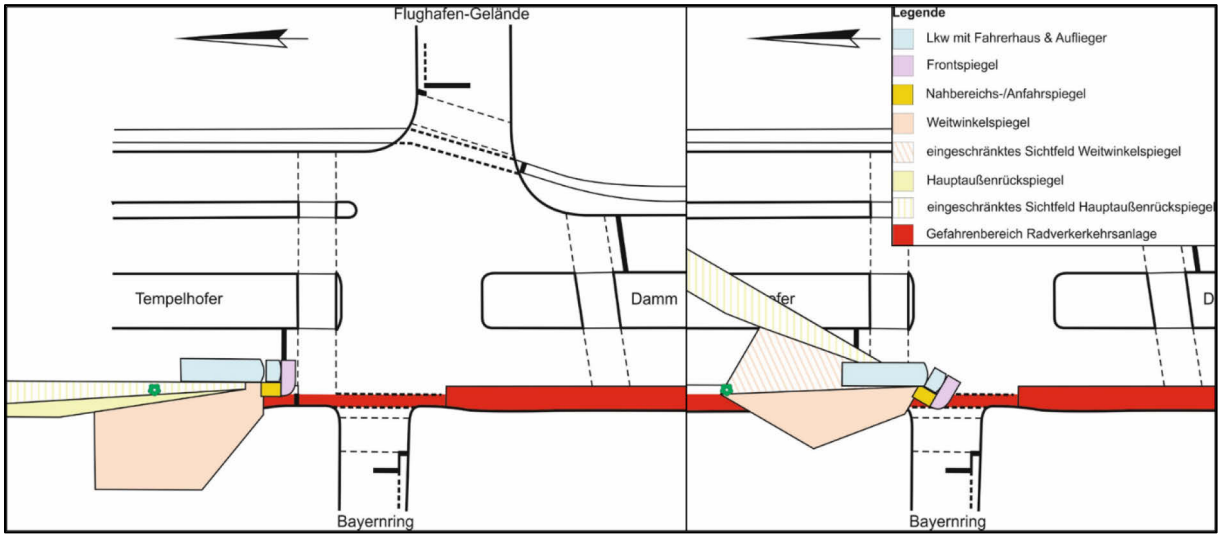


Anlage 37: Sichtanalyse KP Perleberger Straße / Heidestraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht nur im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

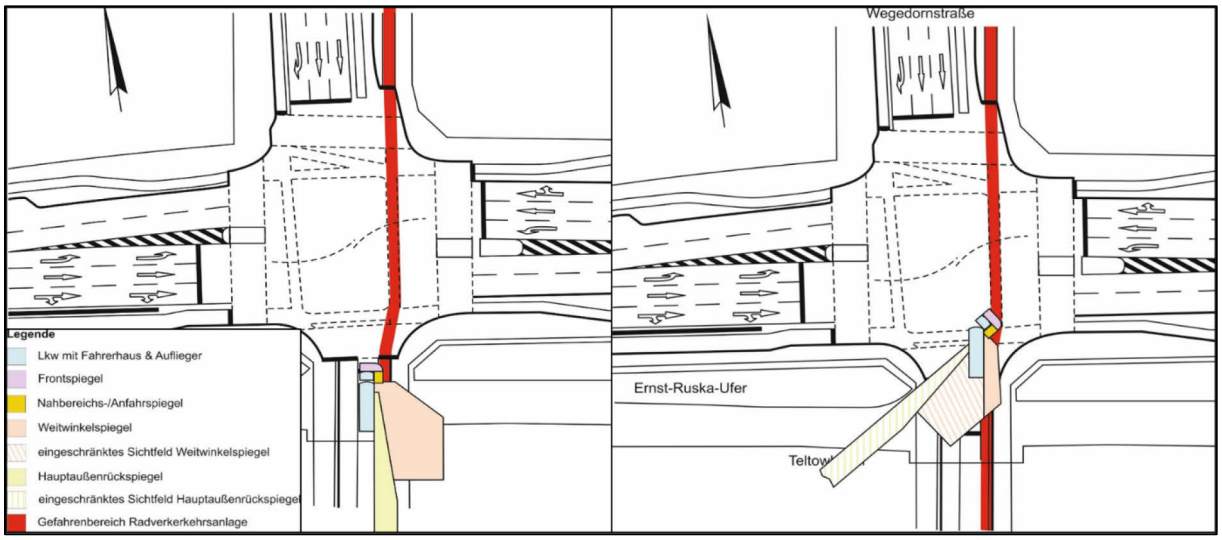


Anlage 38: Sichtanalyse KP Tempelhofer Damm / Bayernring

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

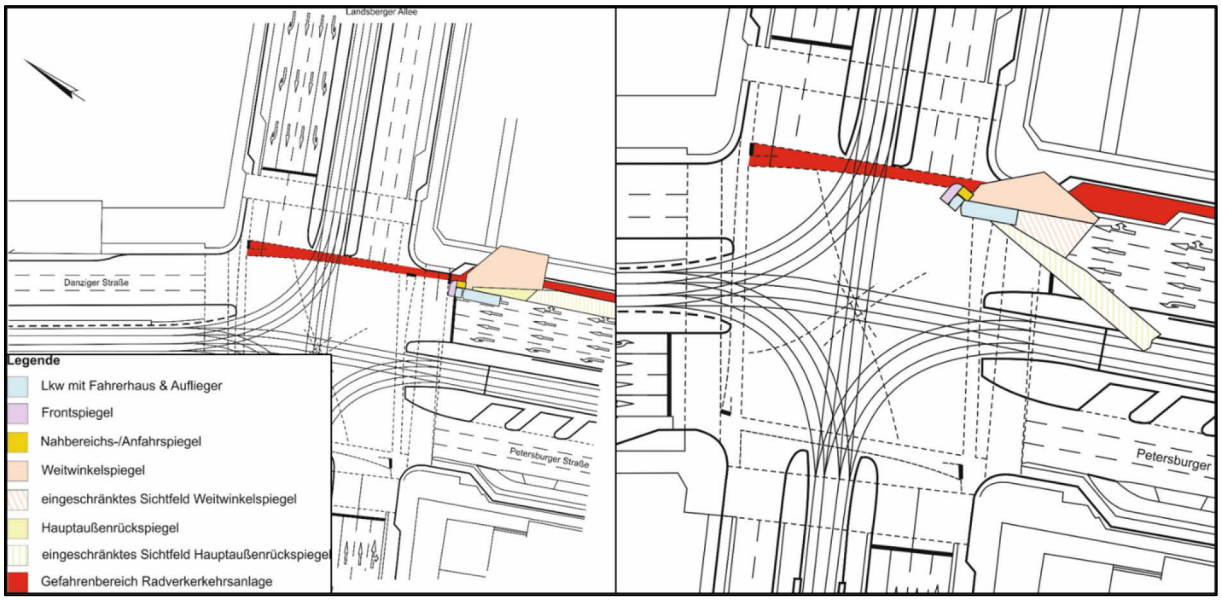


Anlage 39: Sichtanalyse KP Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht nur im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

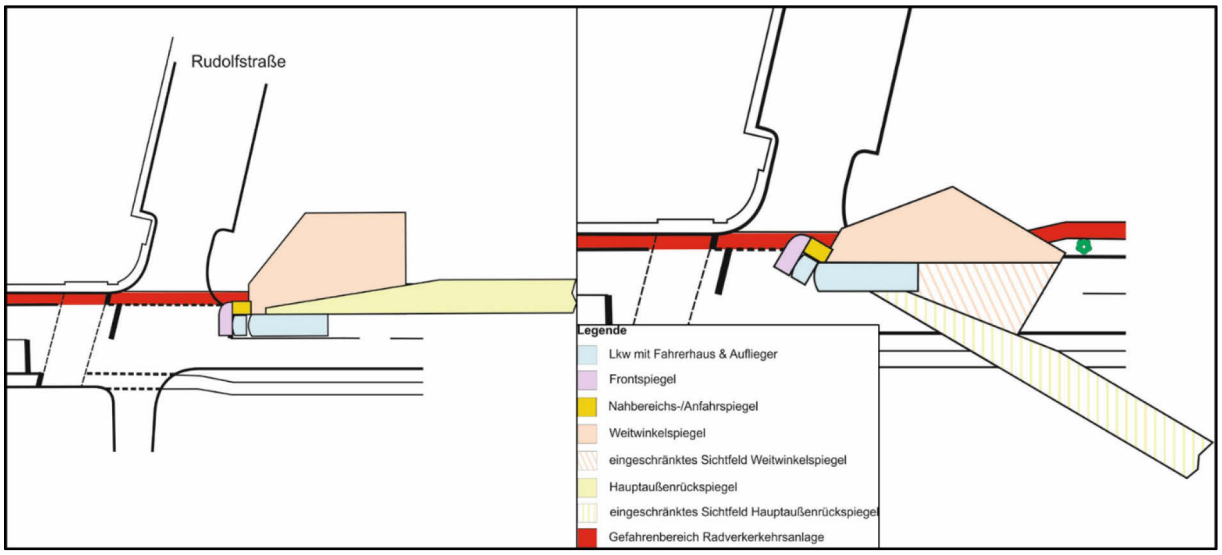


Anlage 40: Sichtanalyse KP Petersburger Straße / Landsberger Allee

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

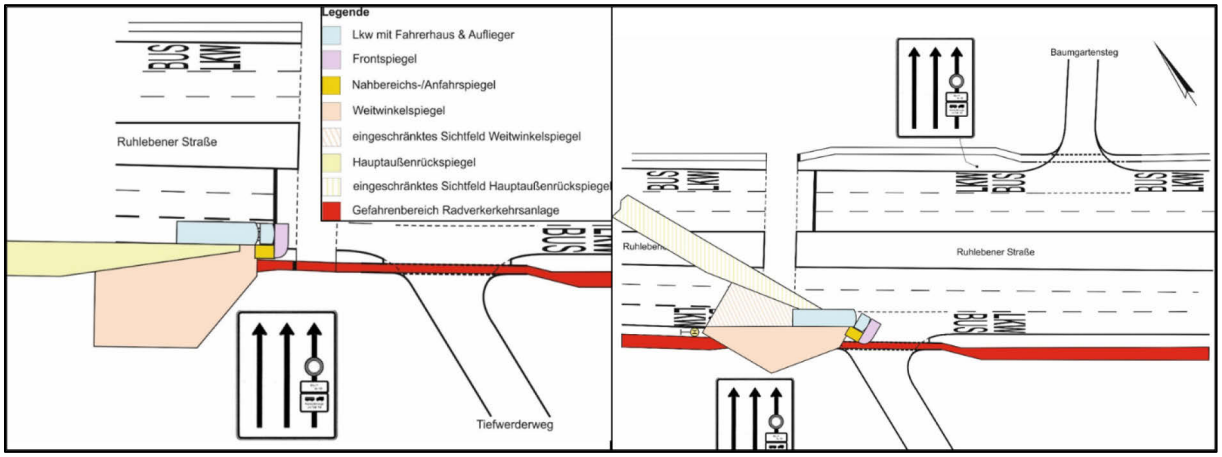


Anlage 41: Sichtanalyse KP Modersohnstraße / Rudolfstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

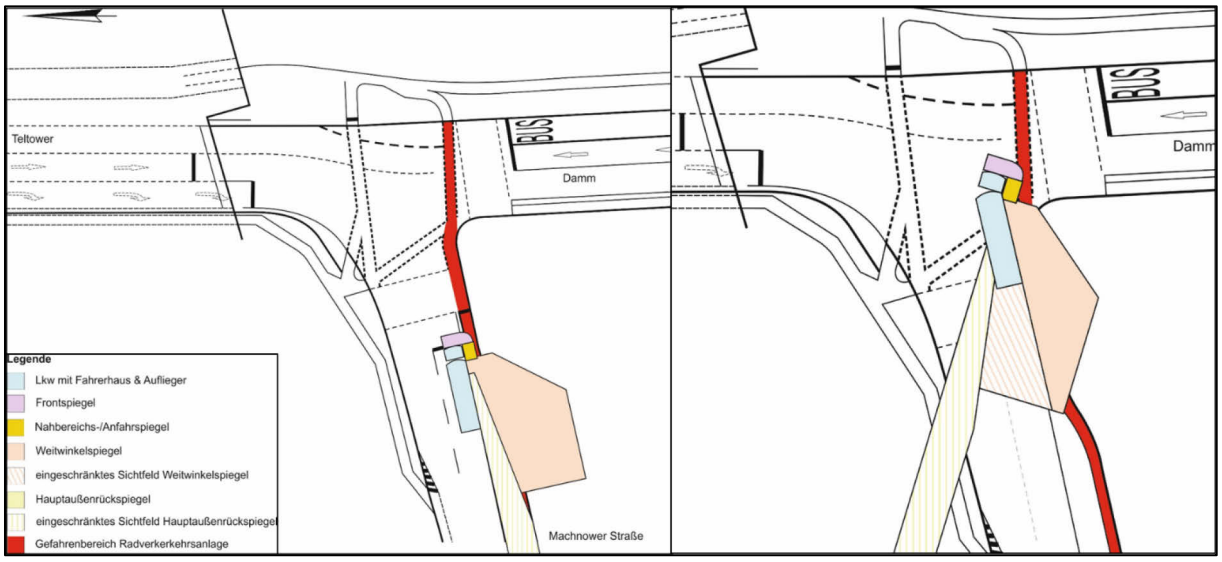


Anlage 42: Sichtanalyse KP Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht nur im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: leichte Sichteinschränkung

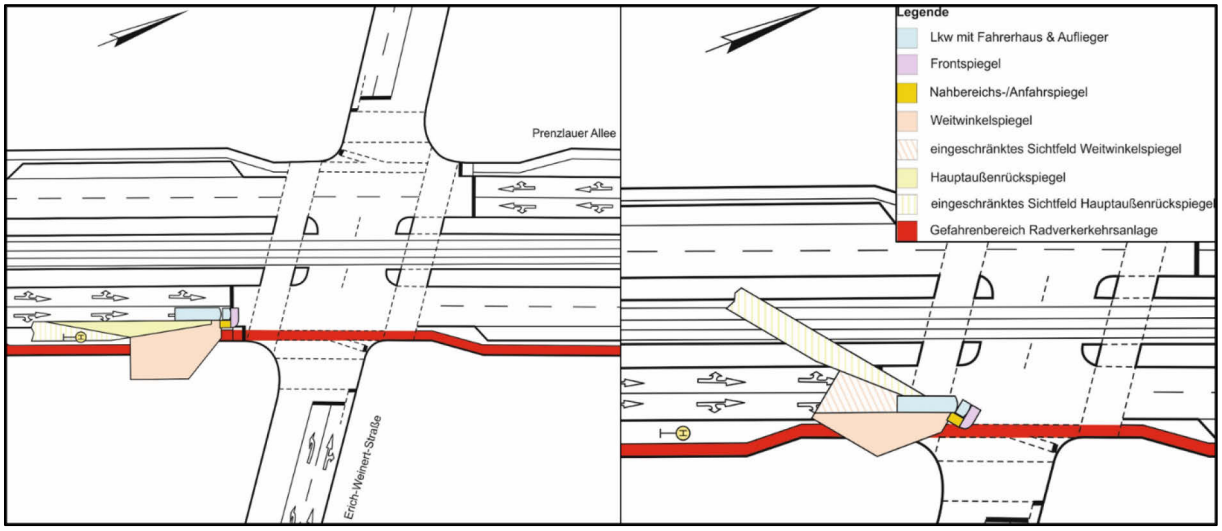


Anlage 43: Sichtanalyse KP Machnower Straße / Teltower Damm

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„ungünstig“*

Heranfahrt: Sicht nur im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

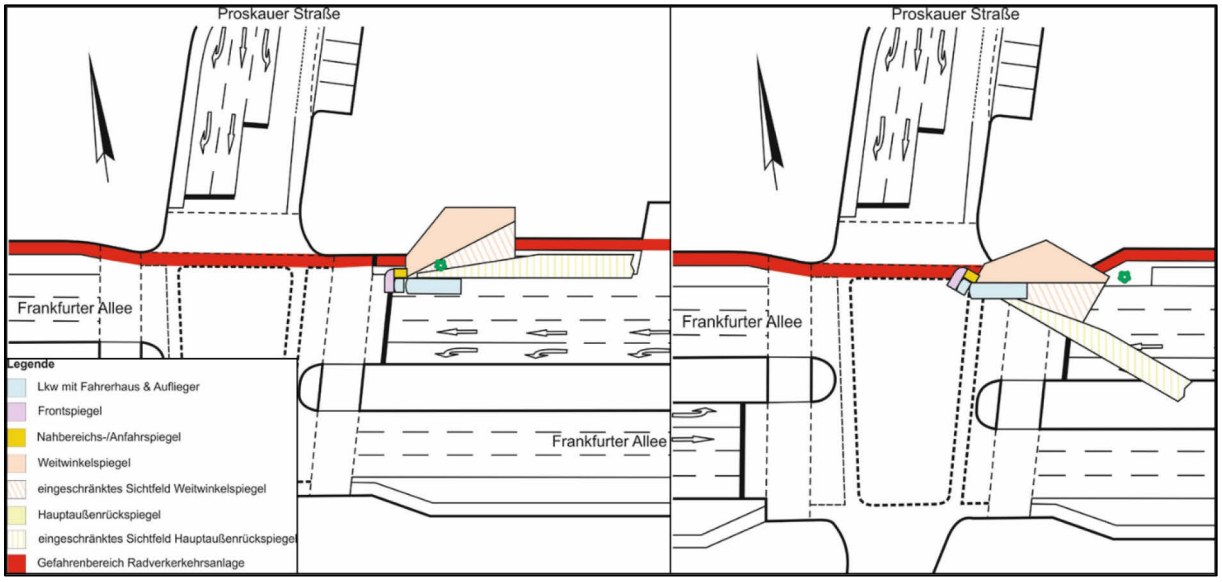


Anlage 44: Sichtanalyse KP Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Straße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

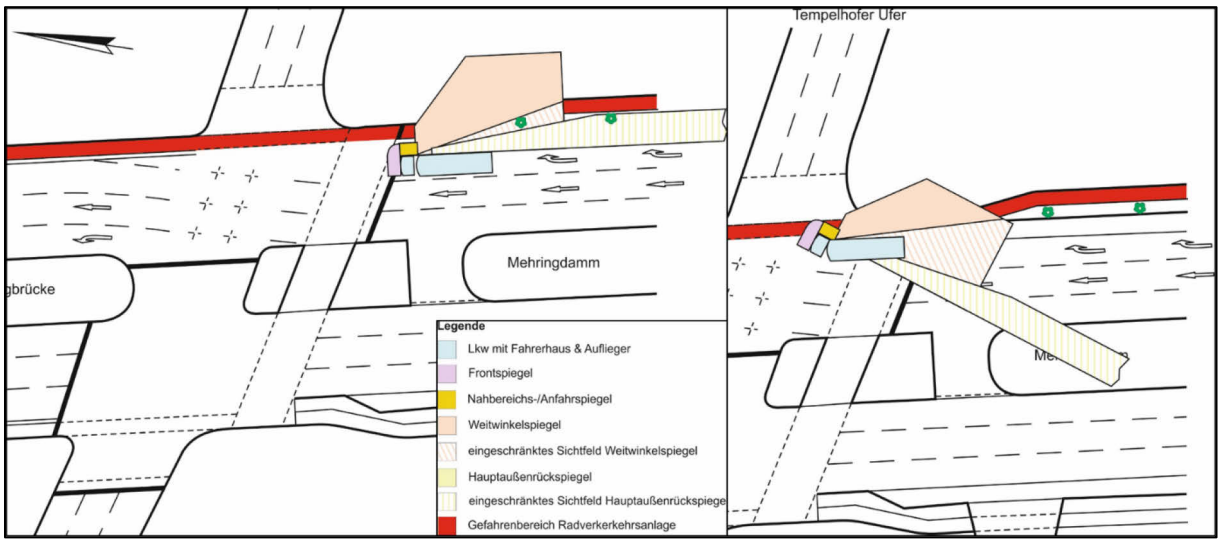


Anlage 45: Sichtanalyse KP Frankfurter Allee / Proskauer Straße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

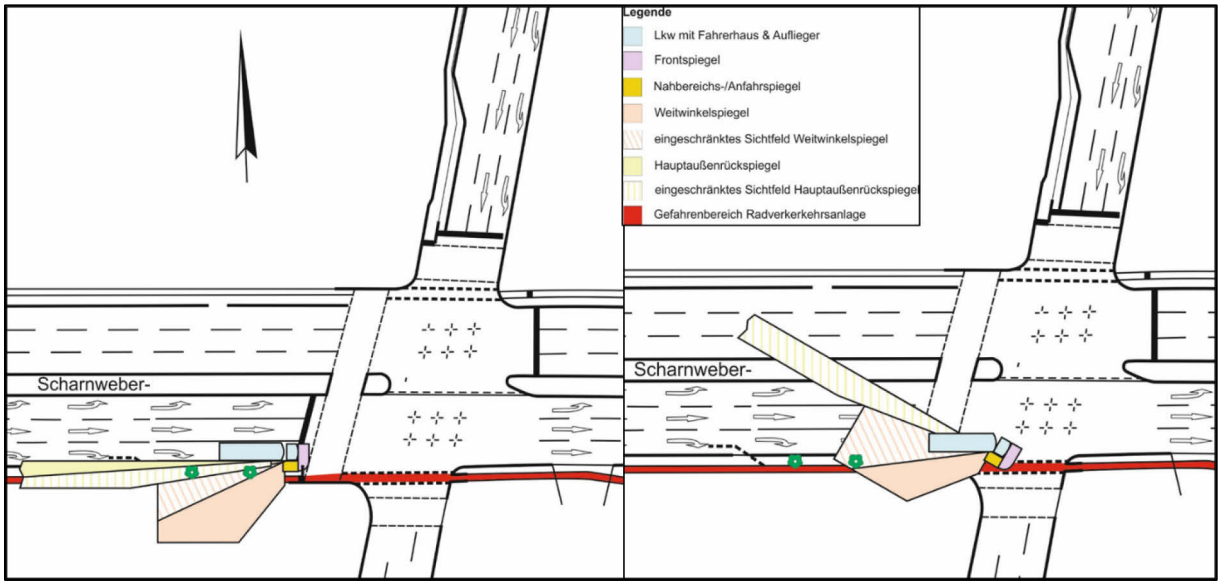


Anlage 46: Sichtanalyse KP Mehringdamm / Tempelhofer Ufer

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

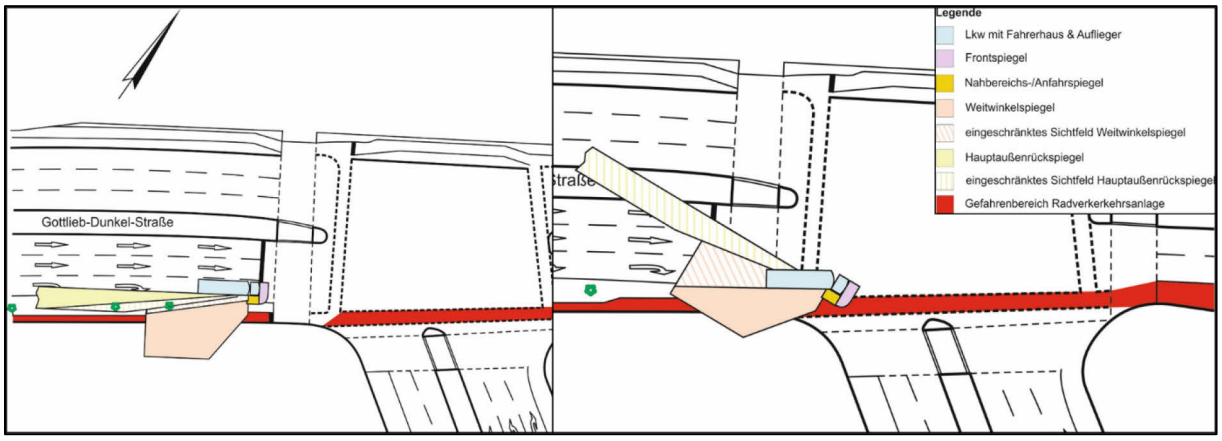


Anlage 47: Sichtanalyse KP Scharnweber Straße / Antonienstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung



Anlage 48: Sichtanalyse KP Gottlieb-Dunkel-Straße / Tempelhofer Weg

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: mittlere Sichteinschränkung

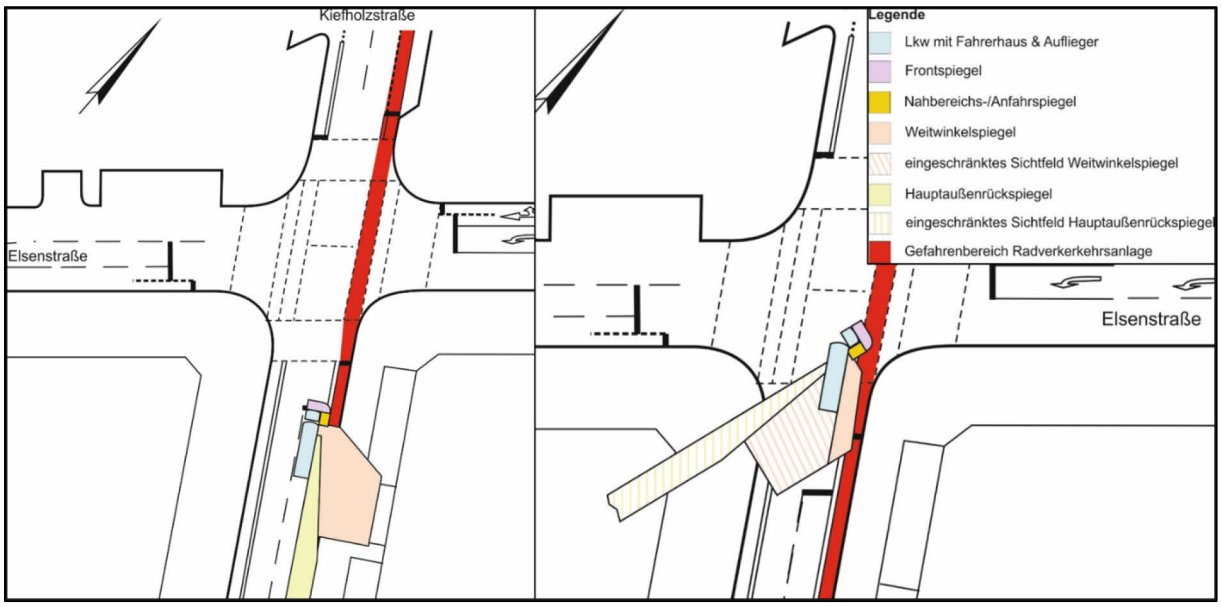


Anlage 49: Sichtanalyse KP Teltower Damm / Berliner Straße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: starke Sichteinschränkung

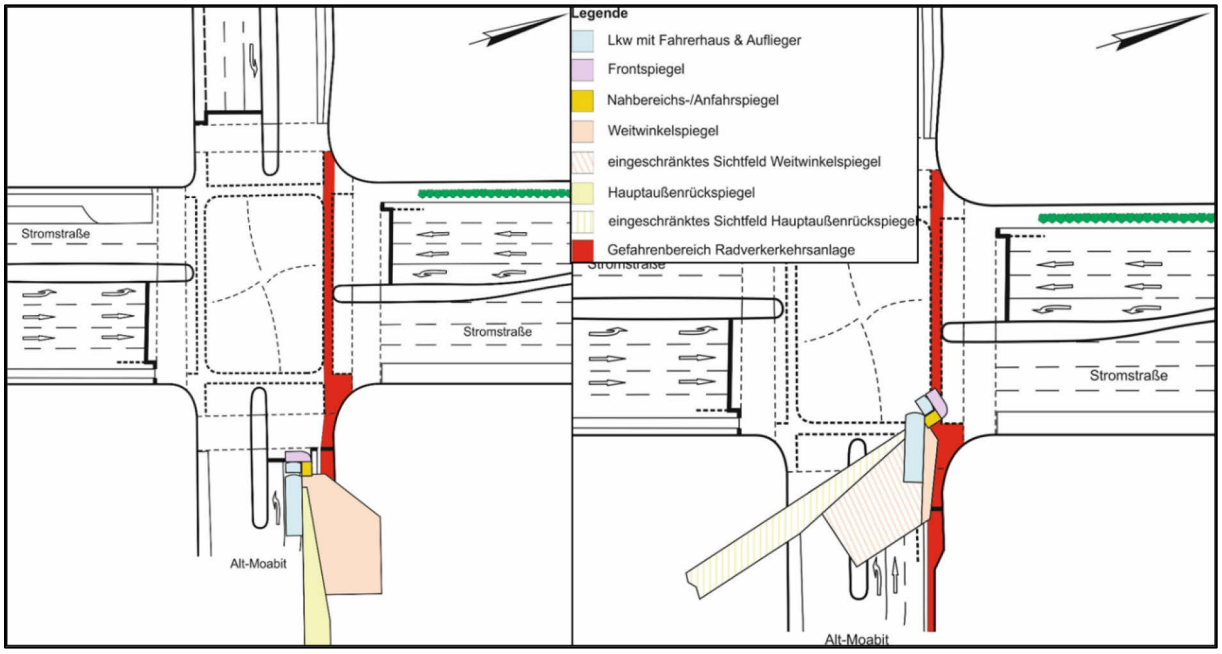


Anlage 50: Sichtanalyse KP Kiefholzstraße / Elsenstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„kritisch“*

Heranfahrt: Sicht in beiden Spiegeln Kurvenfahrt: keine Sicht

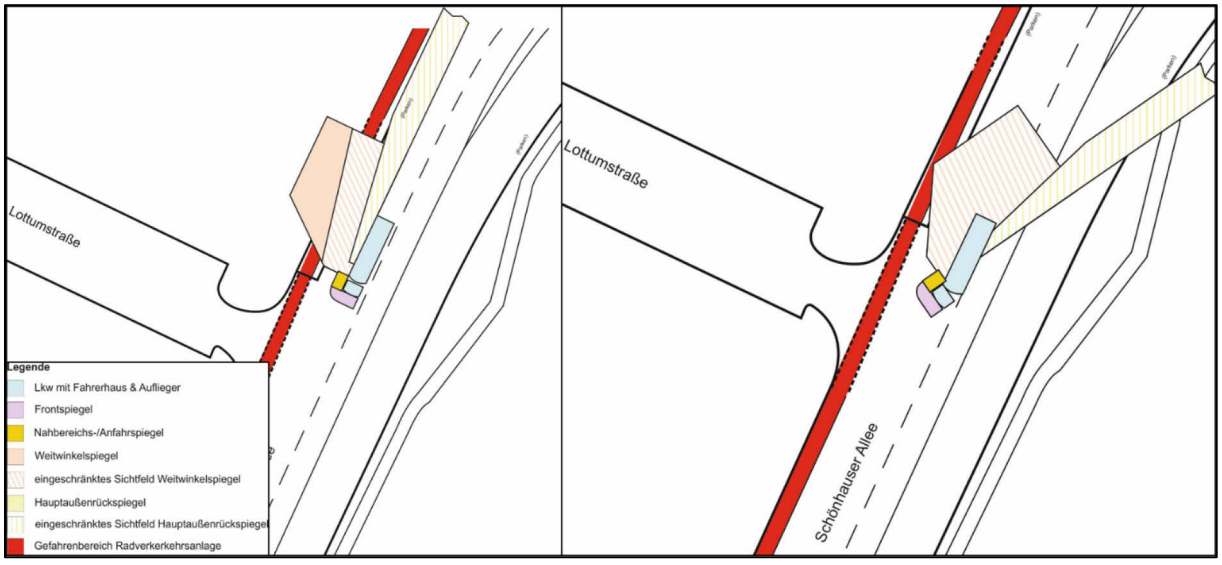


Anlage 51: Sichtanalyse KP Stromstraße / Alt-Moabit (Ost)

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

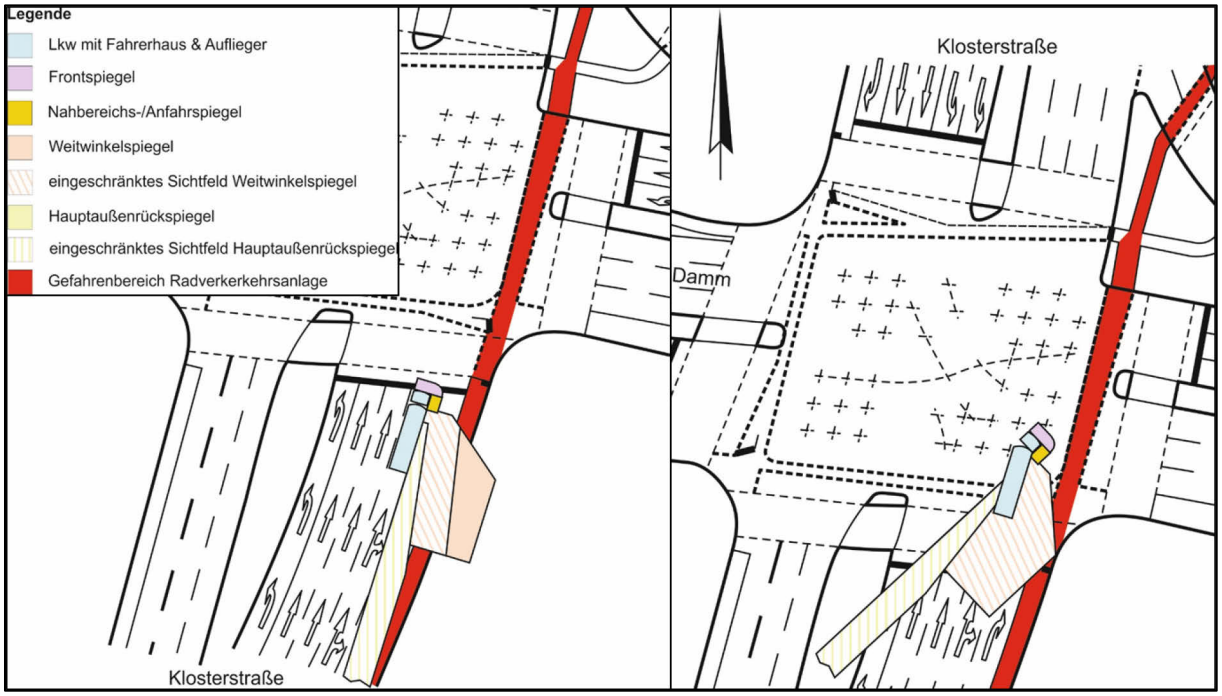


Anlage 52: Sichtanalyse KP Schönhauser Allee / Lottumstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

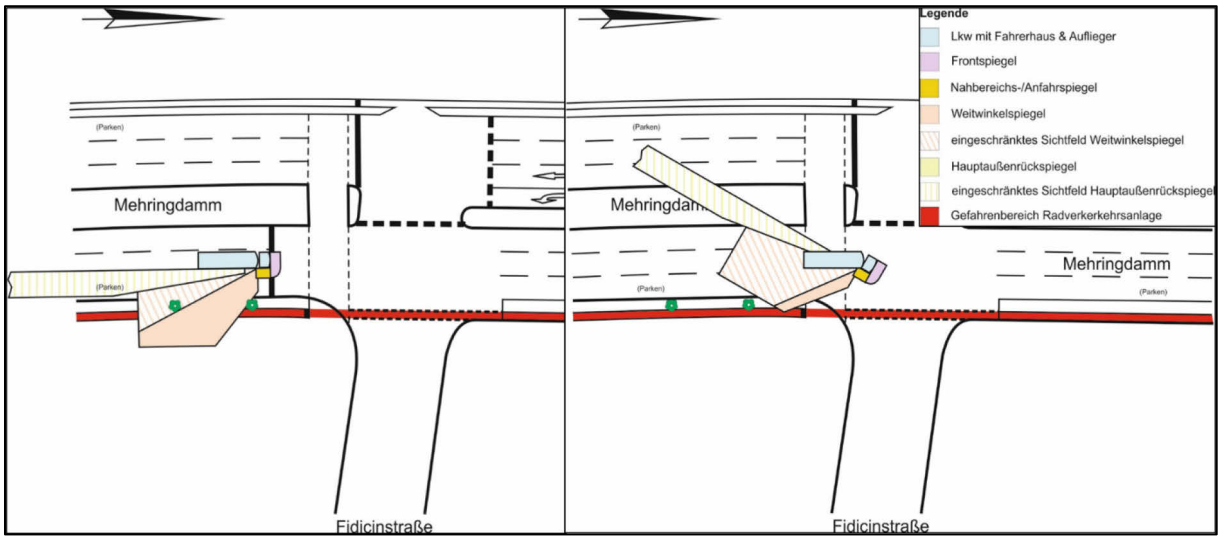


Anlage 53: Sichtanalyse KP Klosterstraße / Ruhlebener Straße (linker FS)

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

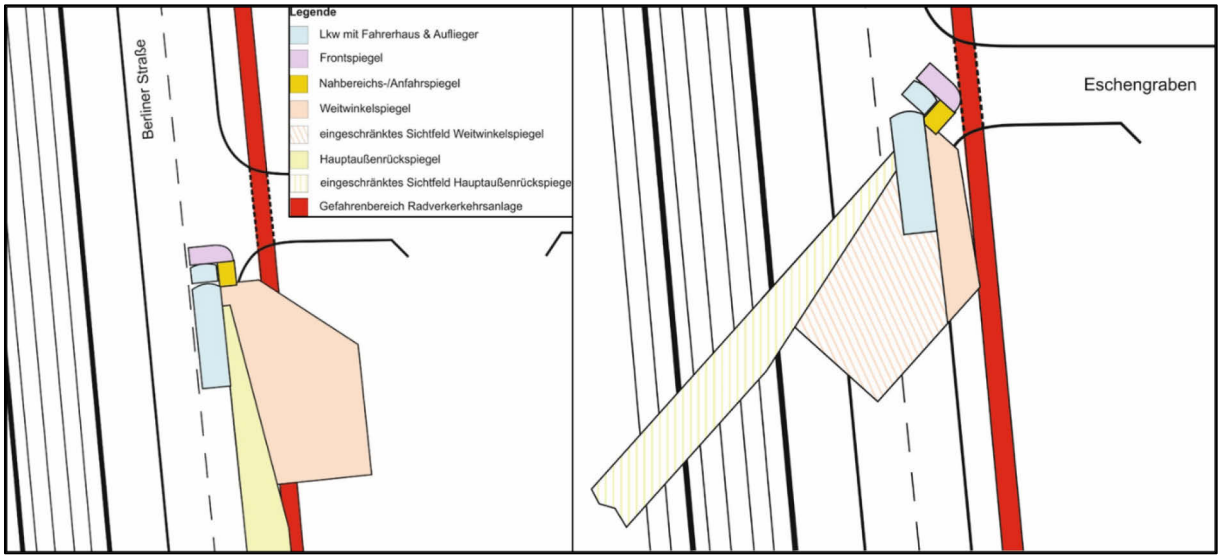


Anlage 54: Sichtanalyse KP Mehringdamm / Fidicinstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht nur im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

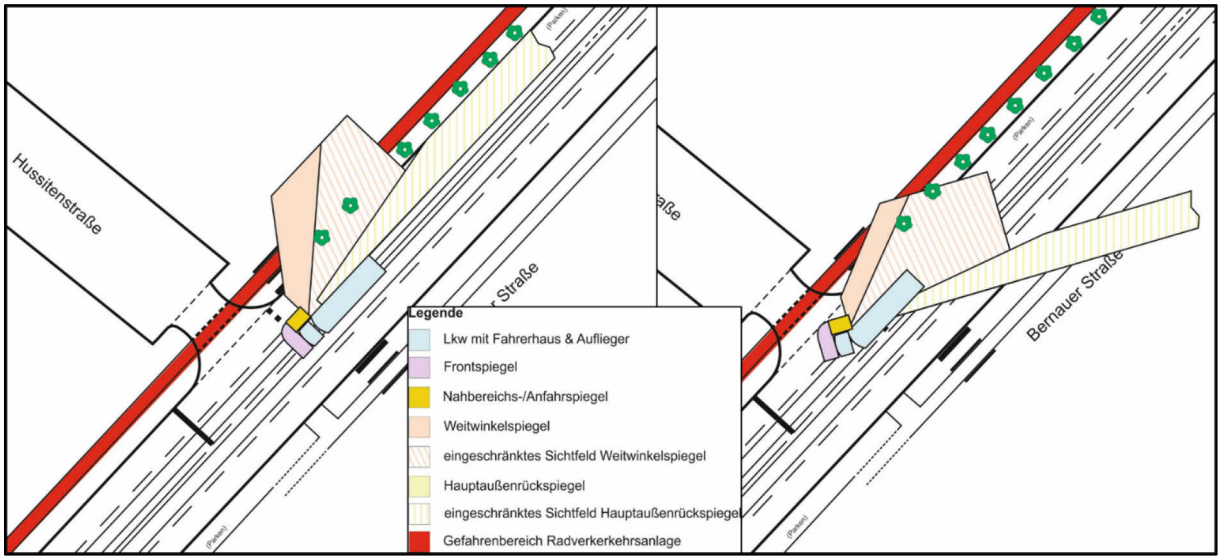


Anlage 55: Sichtanalyse KP Berliner Straße / Eschengraben

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

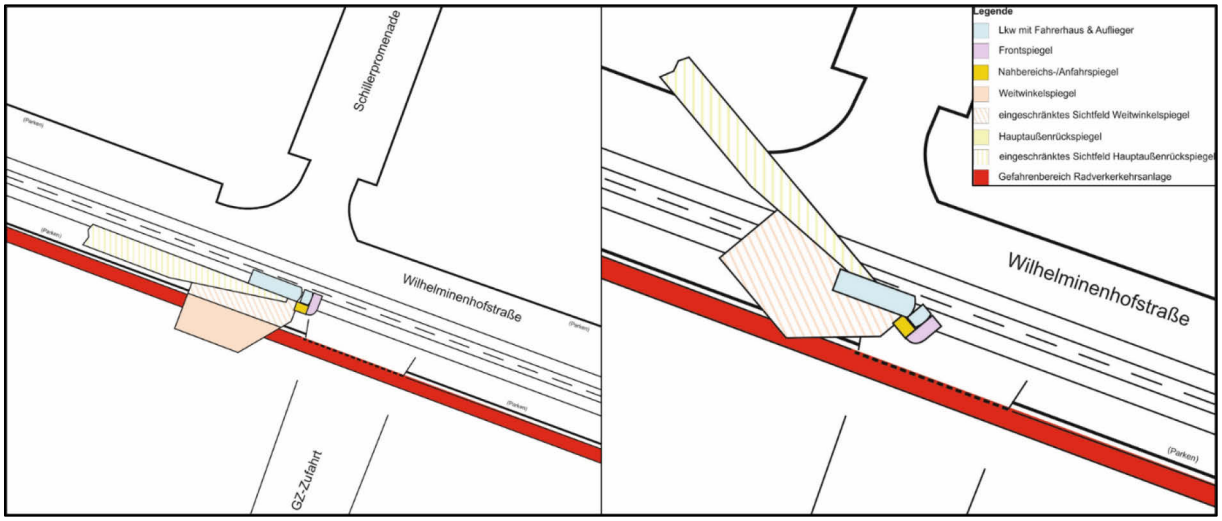


Anlage 56: Sichtanalyse KP Bernauer Straße / Hussitenstraße

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

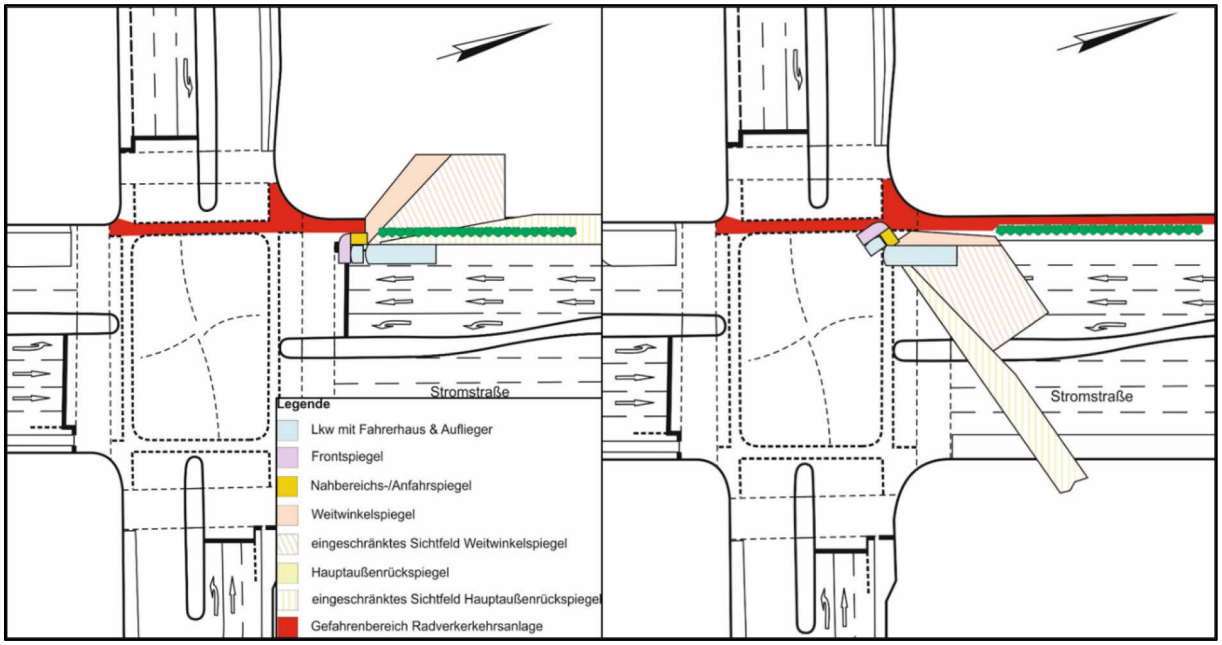


Anlage 57: Sichtanalyse KP Wilhelminenhofstraße / Grundstückszufahrt

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Sichtanalyse der Einstufung *„stark kritisch“*

Heranfahrt: Sicht geringfügig im Weitwinkelspiegel Kurvenfahrt: keine Sicht

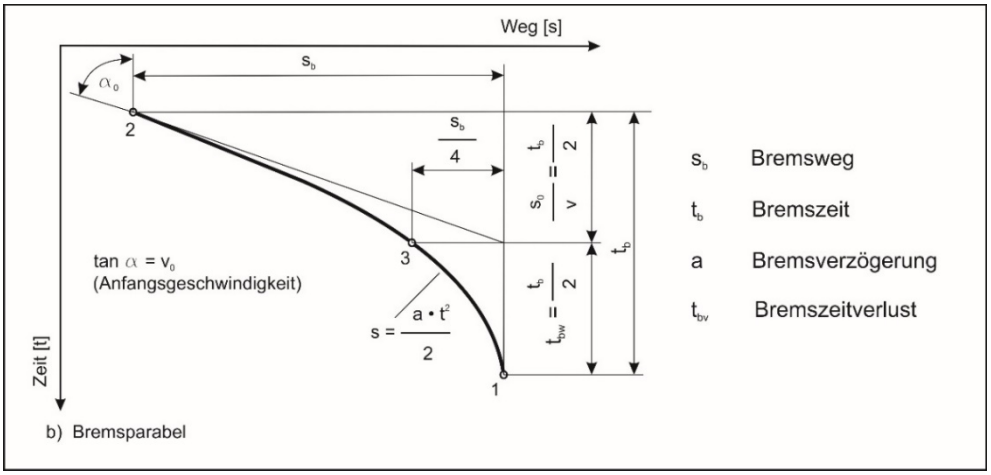


Anlage 58: Sichtanalyse KP Stromstraße / Alt-Moabit (Nord)

Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach Verkehrslenkung Berlin VLB B (verschiedene Jahre)

Geschwindigkeit RV [km/h]	Geschwindigkeit RV [m/s]	Heranführung [m]	Zeitdauer [s]
15	4,167	10	2,40
16	4,444	10	2,25
17	4,722	10	2,12
18	5,000	10	2,00
19	5,278	10	1,89
20	5,556	10	1,80
21	5,833	10	1,71
22	6,111	10	1,64
23	6,389	10	1,57
24	6,667	10	1,50
25	6,944	10	1,44
26	7,222	10	1,38
27	7,500	10	1,33
28	7,778	10	1,29
29	8,056	10	1,24
30	8,333	10	1,20
31	8,611	10	1,16
32	8,889	10	1,13
33	9,167	10	1,09
34	9,444	10	1,06
35	9,722	10	1,03
36	10,000	10	1,00
37	10,278	10	0,97
38	10,556	10	0,95
39	10,833	10	0,92
40	11,111	10	0,90
50	13,889	10	0,72

Anlage 59: Zeitdauer RV bei 10 m Heranführung



Anlage 60: Bremsparabel Betriebsbremsung

Quelle: Schnabel und Lohse (2011, S. 26)

Geschwindigkeit Kfz [km/h]	Geschwindigkeit Kfz [m/s]	mittlere Abbremsung [-]	Bremsweg [m]	Auswirkweg [m]	Gesamtweg [m]	Zeitdauer [s]
20	5,556	0,615	2,56	5,56	8,11	1,46
30	8,333	0,571	6,20	8,33	14,53	1,74
40	11,111	0,529	11,89	11,11	23,01	2,07
50	13,889	0,489	20,11	13,89	33,99	2,45

Anlage 61: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und nasser Fahrbahn (ohne Luftwiderstand)

Quelle: eigene Darstellung nach Schnabel und Lohse (2011)

Geschwindigkeit [km/h]	Zeitdauer Rf [s]	Zeitdauer Kfz [s]	Bremsweg Kfz [m]
15	2,40	1,34	5,56
16	2,25	1,36	6,04
17	2,12	1,39	6,54
18	2,00	1,41	7,05
19	1,89	1,44	7,57
20	1,80	**1,46**	8,11
21	1,71	1,49	8,68
22	1,64	1,52	9,26
23	1,57	1,54	9,86
24	1,50	1,57	10,48
25	1,44	1,60	11,11
26	1,38	1,63	11,76
27	1,33	1,66	12,42
28	1,29	1,68	13,10
29	1,24	1,71	13,79
30	1,20	**1,74**	14,50
31	1,16	1,77	15,27
32	1,13	1,81	16,05
33	1,09	1,84	16,86
34	1,06	1,87	17,68
35	1,03	1,91	18,52
36	1,00	1,94	19,38
37	0,97	1,97	20,26
38	0,95	2,00	21,15
39	0,92	2,04	22,07
40	0,90	**2,07**	23,00
50	0,72	**2,45**	34,03

Anlage 62: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und nasser Fahrbahn (ohne Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten

Quelle: eigene Darstellung mit Berechnungsgrundlage nach Schnabel und Lohse (2011)

Geschwindigkeit Kfz [km/h]	Geschwindigkeit Kfz [m/s]	mittlere Abbremsung [-]	Bremsweg [m]	Auswirkweg [m]	Gesamtweg [m]	Zeitdauer [s]
20	5,556	0,744	2,11	5,56	7,67	1,38
30	8,333	0,731	4,84	8,33	13,18	1,58
40	11,111	0,718	8,76	11,11	19,87	1,79
50	13,889	0,705	13,95	13,89	27,83	2,00

Anlage 63: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 3% Längsneigung (trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand)

Quelle: eigene Darstellung nach Schnabel und Lohse (2011)

Geschwindigkeit [km/h]	Zeitdauer Rf [s]	Zeitdauer Kfz [s]	Bremsweg Kfz [m]
15	2,40	1,28	5,33
16	2,25	1,30	5,78
17	2,12	1,32	6,23
18	2,00	1,34	6,70
19	1,89	1,36	7,18
20	1,80	**1,38**	7,67
21	1,71	1,40	8,17
22	1,64	1,42	8,69
23	1,57	1,44	9,22
24	1,50	1,46	9,76
25	1,44	1,49	10,31
26	1,38	1,51	10,88
27	1,33	1,53	11,45
28	1,29	1,55	12,04
29	1,24	1,57	12,64
30	1,20	**1,58**	13,17
31	1,16	1,60	13,79
32	1,13	1,62	14,42
33	1,09	1,64	15,06
34	1,06	1,66	15,72
35	1,03	1,69	16,38
36	1,00	1,71	17,06
37	0,97	1,73	17,75
38	0,95	1,75	18,45
39	0,92	1,77	19,16
40	0,90	**1,79**	19,89
50	0,72	**2,00**	27,78

Anlage 64: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 3% Längsneigung (trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten

Quelle: eigene Darstellung mit Berechnungsgrundlage nach Schnabel und Lohse (2011)

Geschwindigkeit Kfz [km/h]	Geschwindigkeit Kfz [m/s]	Abbremsung [-]	Bremsweg [m]	Auswirkweg [m]	Gesamtweg [m]	Zeitdauer [s]
20	5,556	0,774	2,03	8,33	10,37	1,87
30	8,333	0,761	4,65	12,50	17,15	2,06
40	11,111	0,748	8,41	16,67	25,08	2,26
50	13,889	0,735	13,38	20,83	34,21	2,46

Anlage 65: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 1,5 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand)

Quelle: eigene Darstellung nach Schnabel und Lohse (2011)

Geschwindigkeit [km/h]	Zeitdauer Rf [s]	Zeitdauer Kfz [s]	Bremsweg Kfz [m]
15	2,40	1,77	7,38
16	2,25	1,79	7,96
17	2,12	1,81	8,55
18	2,00	1,83	9,15
19	1,89	1,85	9,76
20	1,80	**1,87**	10,39
21	1,71	1,89	11,03
22	1,64	1,91	11,67
23	1,57	1,93	12,33
24	1,50	1,95	13,00
25	1,44	1,97	13,68
26	1,38	1,99	14,37
27	1,33	2,01	15,08
28	1,29	2,03	15,79
29	1,24	2,05	16,51
30	1,20	**2,06**	17,17
31	1,16	2,08	17,91
32	1,13	2,10	18,67
33	1,09	2,12	19,43
34	1,06	2,14	20,21
35	1,03	2,16	21,00
36	1,00	2,18	21,80
37	0,97	2,20	22,61
38	0,95	2,22	23,43
39	0,92	2,24	24,27
40	0,90	**2,26**	25,11
50	0,72	**2,46**	34,17

Anlage 66: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 1,5 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten

Quelle: eigene Darstellung mit Berechnungsgrundlage nach Schnabel und Lohse (2011)

Geschwindigkeit Kfz [km/h]	Geschwindigkeit Kfz [m/s]	mittlere Abbremsung [-]	Bremsweg [m]	Auswirkweg [m]	Gesamtweg [m]	Zeitdauer [s]
20	5,556	0,774	2,03	11,11	13,14	2,37
30	8,333	0,761	4,65	16,67	21,32	2,56
40	11,111	0,748	8,41	22,22	30,63	2,76
50	13,889	0,735	13,38	27,78	41,15	2,96

Anlage 67: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 2,0 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand)

Quelle: eigene Darstellung nach Schnabel und Lohse (2011)

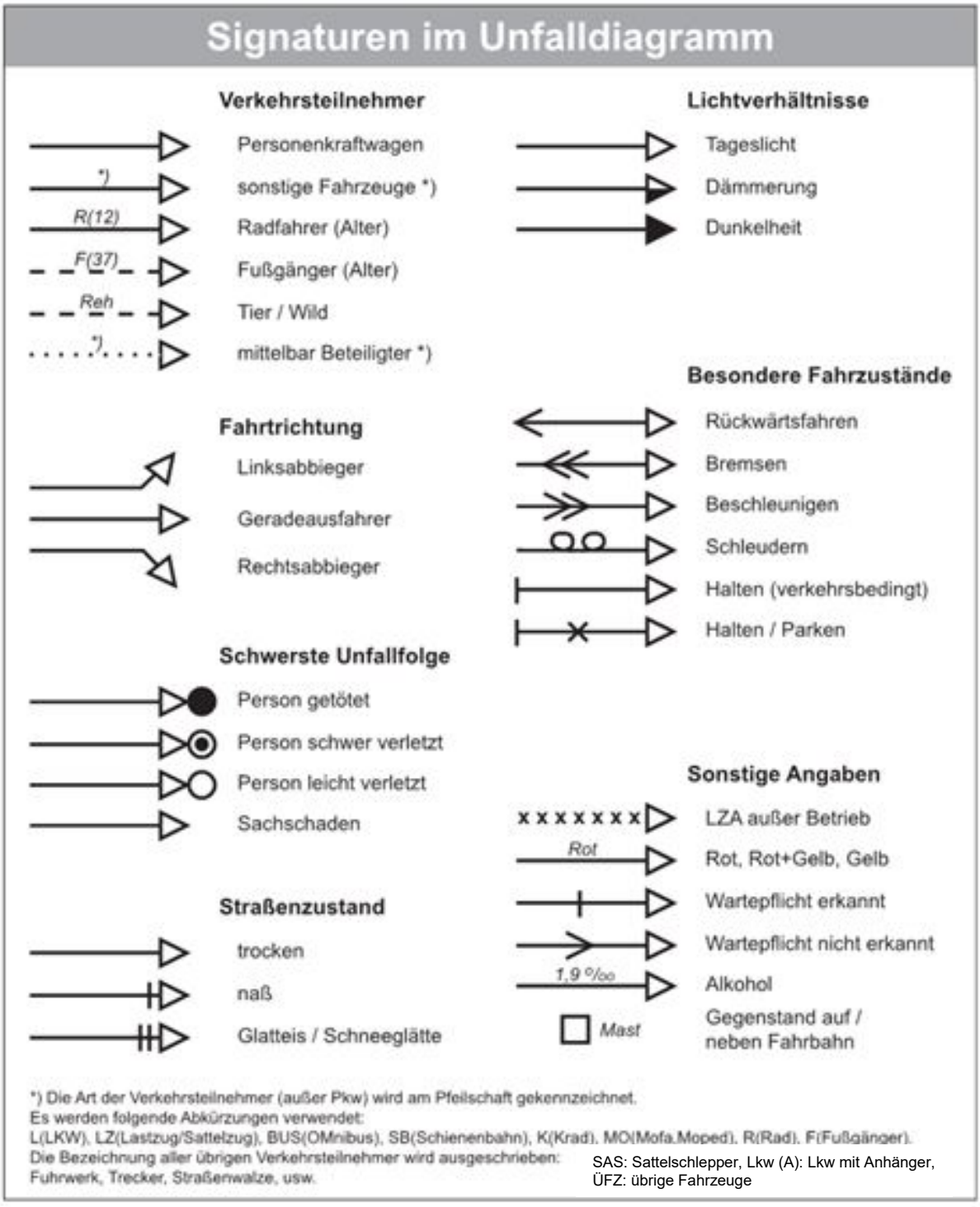
Geschwindigkeit [km/h]	Zeitdauer Rf [s]	Zeitdauer Kfz [s]	Bremsweg Kfz [m]
15	2,40	2,27	9,46
16	2,25	2,29	10,18
17	2,12	2,31	10,91
18	2,00	2,33	11,65
19	1,89	2,35	12,40
20	1,80	**2,37**	13,17
21	1,71	2,39	13,94
22	1,64	2,41	14,73
23	1,57	2,43	15,53
24	1,50	2,45	16,33
25	1,44	2,47	17,15
26	1,38	2,49	17,98
27	1,33	2,51	18,83
28	1,29	2,53	19,68
29	1,24	2,55	20,54
30	1,20	**2,56**	21,33
31	1,16	2,58	22,22
32	1,13	2,60	23,11
33	1,09	2,62	24,02
34	1,06	2,64	24,93
35	1,03	2,66	25,86
36	1,00	2,68	26,80
37	0,97	2,70	27,75
38	0,95	2,72	28,71
39	0,92	2,74	29,68
40	0,90	**2,76**	30,67
50	0,72	**2,96**	41,11

Anlage 68: Bremszeit Kfz bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und 2,0 s Auswirkzeit (keine Längsneigung, trockene Fahrbahn, kein Luftwiderstand) mit interpolierten Zwischenwerten

Quelle: eigene Darstellung mit Berechnungsgrundlage nach Schnabel und Lohse (2011)

Knotenpunkt	vorherige Einstufung	Maßnahme	Einstufung
Marienfelder Allee / Hildburghauser Str.	in Ordnung	keine (Blockschaltung/getrennte Signalisierung)	+++
Frankfurter Allee / Warschauer Straße			
Ost	in Ordnung	keine (getrennte Signalisierung)	+++
Süd	in Ordnung	neu: RIM vorhanden	+++
Bornholmer Straße / Malmöer Straße	in Ordnung	Sichthindernisse entfernen	+++
Friedrichstraße / Kochstraße	in Ordnung	RV-Furten markieren, ggf. Signalisierung anpassen	+++
Klosterstraße / Ruhlebener Straße rechter Fahrstreifen	in Ordnung	keine (Bushaltestelle etwas nach hinten versetzen; generell: getrennte Signalisierung)	+++
Perleberger Straße / Heidestraße	ungünstig	keine (ggf. getrennte Signalisierung, da Gefälle)	++
Tempelhofer Damm / Bayernring	ungünstig	Sichthindernisse entfernen, Abbiegeradien vergrößern	+++
Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer	ungünstig	eindeutige Markierung RW, Blockschaltung / getrennte Signalisierung	+++
Petersburger Straße / Landsberger Allee	ungünstig	keine (ggf. Heranführung ausweiten, obwohl 17 m)	+++
Modersohnstraße / Rudolfstraße	ungünstig	keine (ggf. Heranführung ausweiten, obwohl 15 m)	+++
Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg	ungünstig	keine (Aufmerksamkeit auf RV erhöhen)	
Machnower Straße / Teltower Damm	ungünstig	keine (Heranführung erhöhen, Kontrolle Rechtsabbiegeverbot)	
Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Str.	ungünstig	Heranführung ausweiten, Aufmerksamkeit auf RV erhöhen, Haltestelle versetzen	+++
Legende Fargbegung:	++ leichte Verbesserung	+++ erhebliche Verbesserung	

Anlage 69: Verbesserung der KP in Berlin (ohne kritische KP)

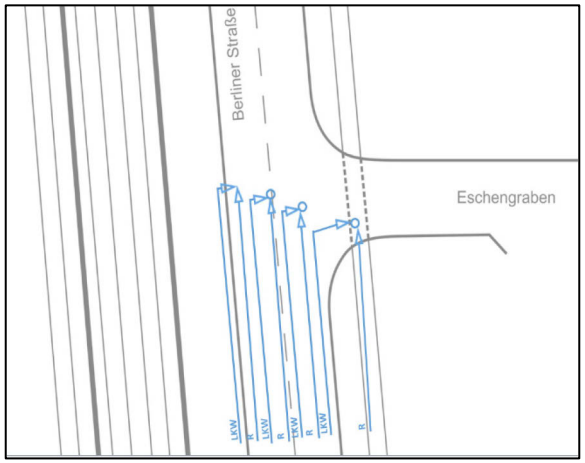


Anlage 70: Signaturen der Unfalldiagramme

Quelle: FGSV (2012b, S. 36) mit eigenen Ergänzungen; Alter der Radfahrenden aus Datenschutzgründen nicht abgebildet

Steckbrief Berliner Straße / Eschengraben

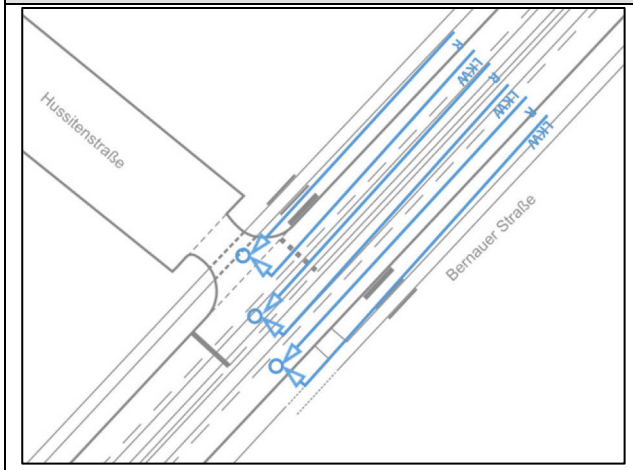
KP-ID	B0086S071			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B96a
Lage	südlich	**Bezirk**	Prenzlauer Berg	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	nein						
Signalgeber	nicht vorhanden	**Vorlauf**	kein Vorlauf	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Aufpflasterung	**Breite RVA**	1,6 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	2,2 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	2,2 m	**HL-Abstand**	keine HL
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	5,8 m	**Breite KP-Ausfahrt**	5,7 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung		**RÄW (Gon)**	106
Sonstiges	Zufahrt zur Tankstelle						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 71: Steckbrief Berliner Straße / Eschengraben

Steckbrief Bernauer Straße / Hussitenstraße

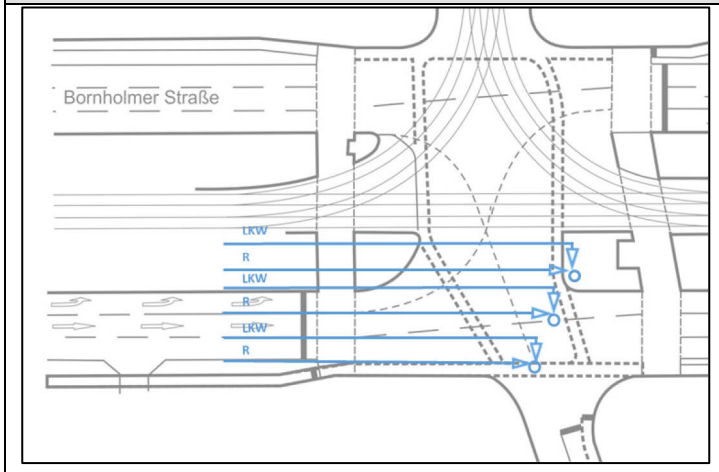
KP	B0268NO202			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	nordöstlich	**Bezirk**	Mitte	**Zähldaten**	06.06.2012, 7-19 Uhr		
RA-Gesamt	467 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	7 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	2134 [Rf/12h]		
Signalisierung	nein						
Signalgeber	nicht vorhanden	**Vorlauf**	kein Vorlauf	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Aufpflasterung	**Breite RVA**	1,8 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	2,5 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	2,5 m	**HL-Abstand**	keine HL
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	6,5 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung, ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	leichtes Gefälle → Radverkehr tendenziell schnell, viel Radverkehr, zeitlich begrenzter ruhender Verkehr						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 72: Steckbrief Bernauer Straße / Hussitenstraße

Steckbrief Bornholmer Straße / Malmöer Straße – Björnsonstraße

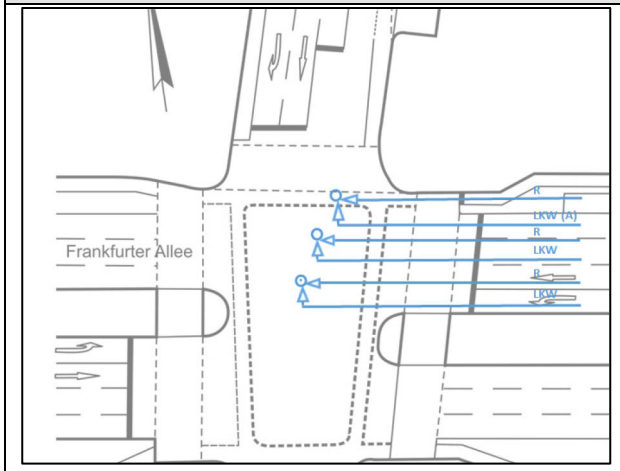
KP-ID	B0511W344			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	westlich	**Bezirk**	Prenzlauer Berg	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,5 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	0,5 m	**Heranführung**	25,0 m	**Absetzung vor KP**	2,25 m	**HL-Abstand**	1,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	4,15
RV/FV-Furt	0,0 m	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	83
Sonstiges	leichtes Gefälle → Radverkehr sehr schnell						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 73: Steckbrief Bornholmer Straße / Malmöer Straße

Steckbrief Frankfurter Allee / Proskauer Straße – Niederbarnimstraße

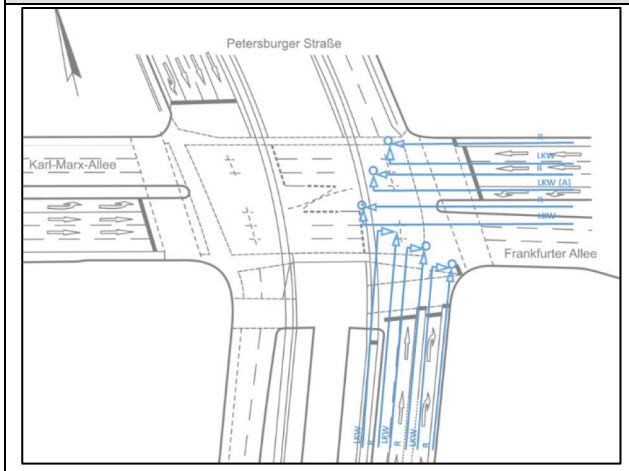
KP-ID	B0083O068			**Straßenkategorie**	StEP I	**Bundesstraße**	B1/B5
Lage	östlich	**Bezirk**	Friedrichshain	**Zähldaten**	30.05.2011, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	552 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	17 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	463 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,4 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	1,0 m	**Heranführung**	4,3 m	**Absetzung vor KP**	2,75 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	2,7 m	**Breite KP-Ausfahrt**	5,95 m
RV/FV-Furt	0,0 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung		**RÄW (Gon)**	106
Sonstiges	viel Radverkehr, viel Rechtsabbiegender Lkw-Verkehr						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 74: Steckbrief Frankfurter Allee / Proskauer Straße

Steckbrief Frankfurter Allee – Karl-Marx-Allee / Warschauer Straße – Petersburger Straße

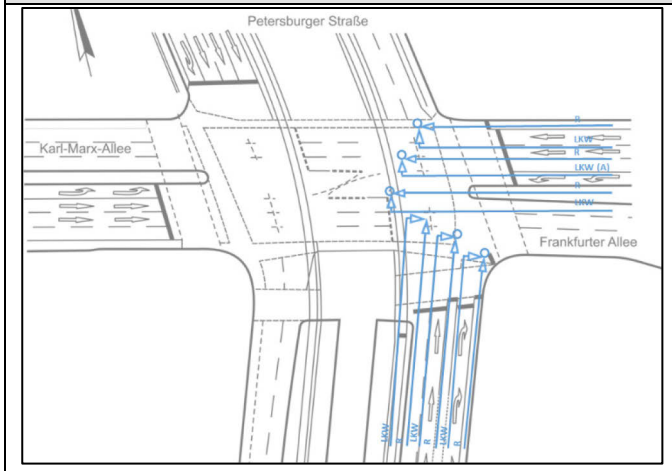
KP-ID	B0125O495			**Straßenkategorie**	StEP I	**Bundesstraße**	B1/B5
Lage	östlich	**Bezirk**	Friedrichshain	**Zähldaten**	15.10.2009, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	2095 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	80 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	852 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	1,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,0 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	0,75 m	**Heranführung**	34,3 m	**Absetzung vor KP**	3,0 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	2,75 m	**Breite KP-Ausfahrt**	6,5 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	72
Sonstiges	Viel RV, sehr viel RA Lkw-Verkehr; Baustellenführung zum Zeitpunkt der Unfälle mit schlechter Sichtbeziehung						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 75: Steckbrief Frankfurter Allee / Warschauer Straße (Ost)

Steckbrief Frankfurter Allee – Karl-Marx-Allee / Warschauer Straße – Petersburger Straße

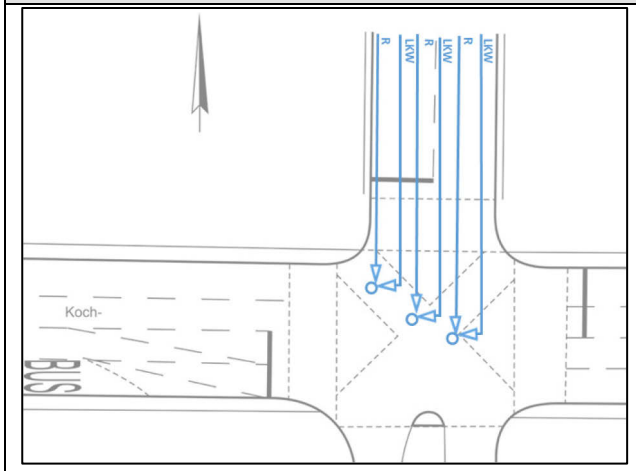
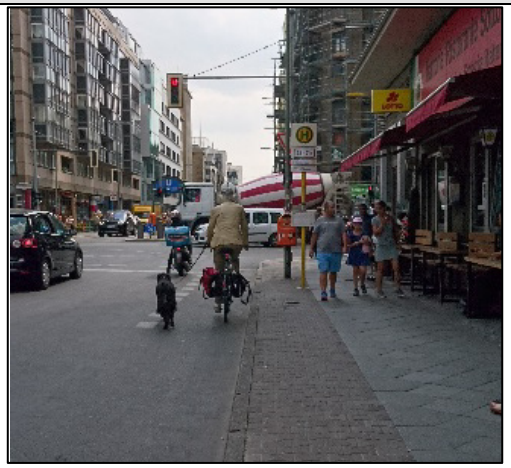
KP-ID	B0041S037			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B1/B5
Lage	südlich	**Bezirk**	Friedrichshain	**Zähldaten**	15.10.2009, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	1854 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	128 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	814 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	7,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,8 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	1,5 m	**Heranführung**	10,8 m	**Absetzung vor KP**	0 m	**HL-Abstand**	1,3 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	9,0 m
RV/FV-Furt	2,3 m	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	sehr viel RV und Fußverkehr, wenn die Sonne tief steht, ist das KFZ-Signal schlecht erkennbar						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 76: Steckbrief Frankfurter Allee / Warschauer Straße (Süd)

Steckbrief Friedrichstraße / Kochstraße – Rudi-Dutschke-Straße

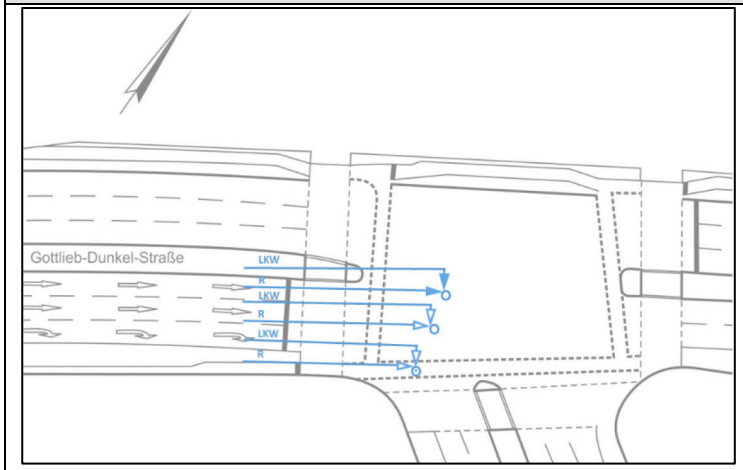
KP-ID	B0059N050			**Straßenkategorie**	StEP III		
Lage	nördlich	**Bezirk**	Kreuzberg	**Zähldaten**	22.05.2008, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	1154 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	47 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	883 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Mischverkehr	**Furtausführung**	keine	**Breite RVA**	keine RVA	**Benutzungspflicht**	keine RVA
Furtabsetzung	keine	**Heranführung**	11,1 m	**Absetzung vor KP**	keine RVA	**HL-Abstand**	keine HL
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	6,05 m	**Breite KP-Ausfahrt**	6,5 m
RV/FV-Furt	3,2 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	Haltestelle, Taxistand		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	keine Radverkehrsinfrastruktur vorhanden → wird im MV geführt; sehr viel Verkehr; keine Furt vorhanden, FV getrennte Phase						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B, Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 77: Steckbrief Friedrichstraße / Kochstraße

Steckbrief Gottlieb-Dunkel-Straße / Tempelhofer Weg

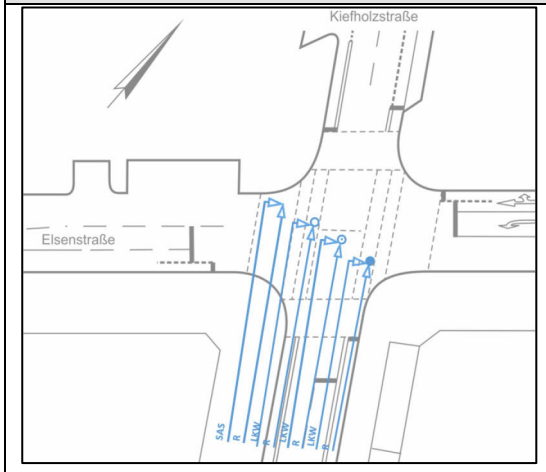
KP-ID	B0395SW279			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	südwestlich	**Bezirk**	Tempelhof	**Zähldaten**	29.04.2009, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	3427 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	217 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	361 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	ja
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,5 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	1,5 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	2,1 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	6,5 m
RV/FV-Furt	1,8 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung, Haltestelle		**RÄW (Gon)**	72
Sonstiges	Viel RA Lkw-Verkehr, großer Radius → hohe Geschwindigkeiten beim Abbiegen						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 78: Steckbrief Gottlieb-Dunkel-Straße / Tempelhofer Weg

Steckbrief Kiefholzstraße / Elsenstraße

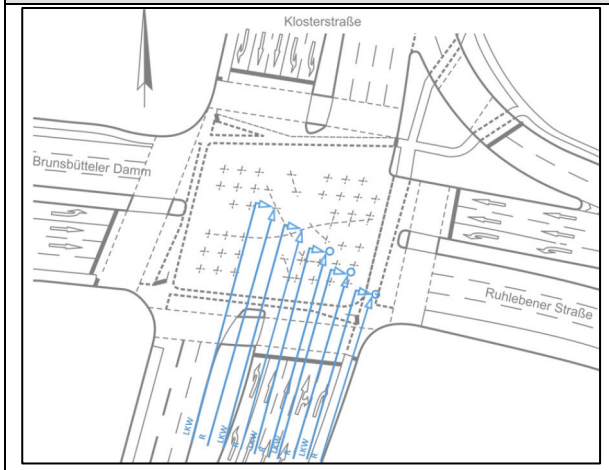
KP-ID	B0135SO110			**Straßenkategorie**	StEP IV		
Lage	südöstlich	**Bezirk**	Treptow	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radfahrstreifen	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,5 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	0,5 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	0,5 m	**HL-Abstand**	6,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,05 m	**Breite KP-Ausfahrt**	4,6 m
RV/FV-Furt	2,5 m	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	89
Sonstiges	Markierung der Furt fehlt im Konfliktbereich komplett						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 79: Steckbrief Kiefholzstraße / Elsenstraße

Steckbrief Klosterstraße / Ruhlebener Straße – Brunsbütteler Damm

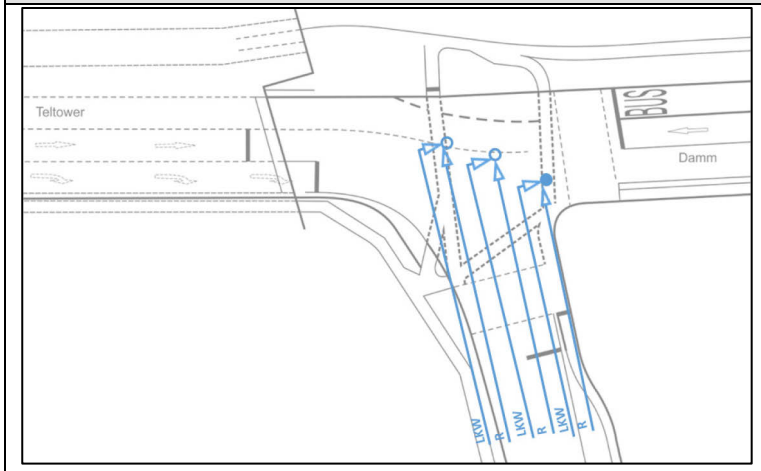
KP-ID	B0503SW534			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	südlich	**Bezirk**	Spandau	**Zähldaten**	07.06.2006, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	2264 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	89 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	1024 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	ja
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,0 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	1,25 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	1,25 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	2	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	10,0 m
RV/FV-Furt	3,8 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	Haltestelle		**RÄW (Gon)**	94
Sonstiges	Sehr hohes Fußgängeraufkommen, viel Busverkehr						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 80: Steckbrief Klosterstraße / Ruhlebener Straße

Steckbrief Machnower Straße / Teltower Damm

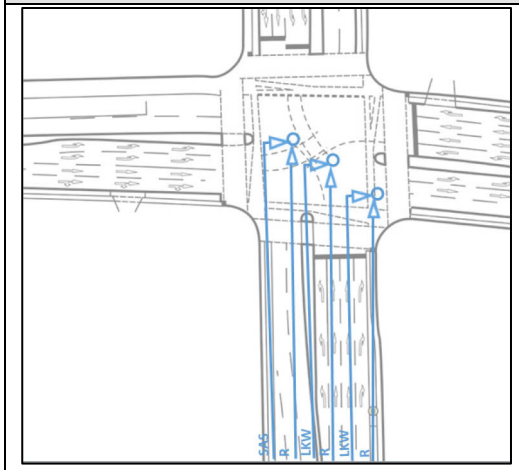
KP-ID	B0167SW131			**Straßenkategorie**	StEP III		
Lage	westlich	**Bezirk**	Zehlendorf	**Zähldaten**	10.04.2004, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	155 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	3 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	1465 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	0,95 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	0,5 m	**Heranführung**	4,5 m	**Absetzung vor KP**	2,65 m	**HL-Abstand**	4,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,5 m	**Breite KP-Ausfahrt**	3,5 m
RV/FV-Furt	0,0 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	106
Sonstiges	leichtes Gefälle → RV tendenziell schnell, Abbiegeverbot für Lkw über 3,5 t						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 81: Steckbrief Machnower Straße / Teltower Damm

Steckbrief Marienfelder Allee – Friedensfelder Straße / Nahmitzer Damm – Hildburghauser Straße

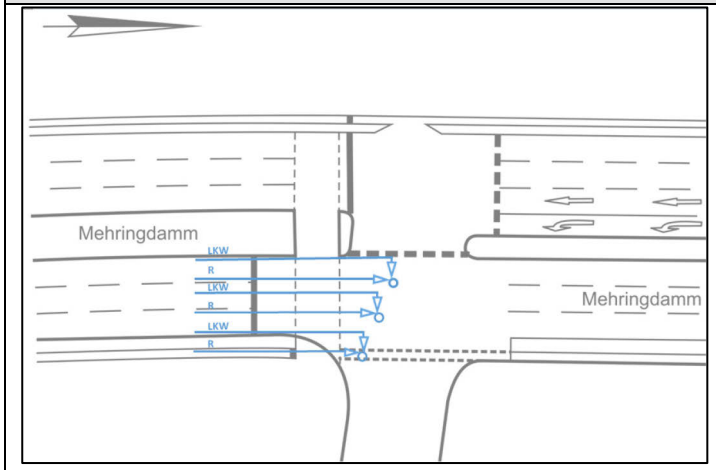
KP-ID	B0642S402			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B 101
Lage	südlich	**Bezirk**	Tempelhof	**Zähldaten**	21.03.2011, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	2732 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	283 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	152 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	3,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,2 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	0,9 m	**Heranführung**	15,5 m	**Absetzung vor KP**	1,6 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	9,0 m
RV/FV-Furt	2,5 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	Haltestelle		**RÄW (Gon)**	106
Sonstiges	viel RA Lkw-Verkehr						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 82: Steckbrief Marienfelder Allee / Hildburghauser Straße

Steckbrief Mehringdamm / Fidicinstraße

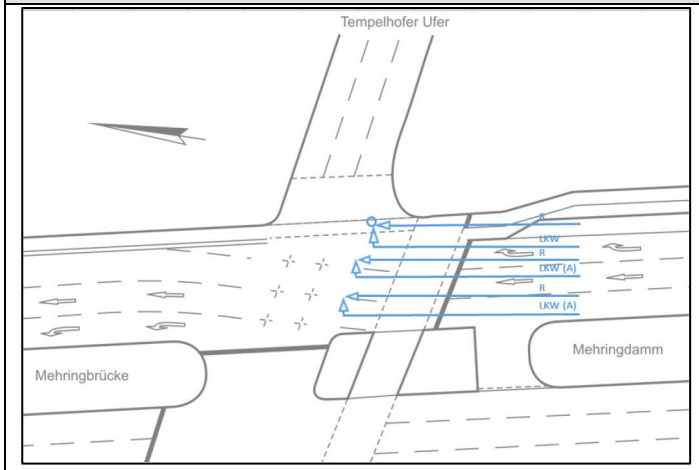
KP-ID	B0274S205			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B 96
Lage	südlich	**Bezirk**	Kreuzberg	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,0 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	4,5 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	4,5 m	**HL-Abstand**	4,9 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	11,0 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung, ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	111
Sonstiges	leichtes Gefälle → Radverkehr tendenziell schnell						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 83: Steckbrief Mehringdamm / Fidicinstraße

Steckbrief Mehringdamm – Wilhelmstraße / Tempelhofer Ufer – Hallesches Ufer

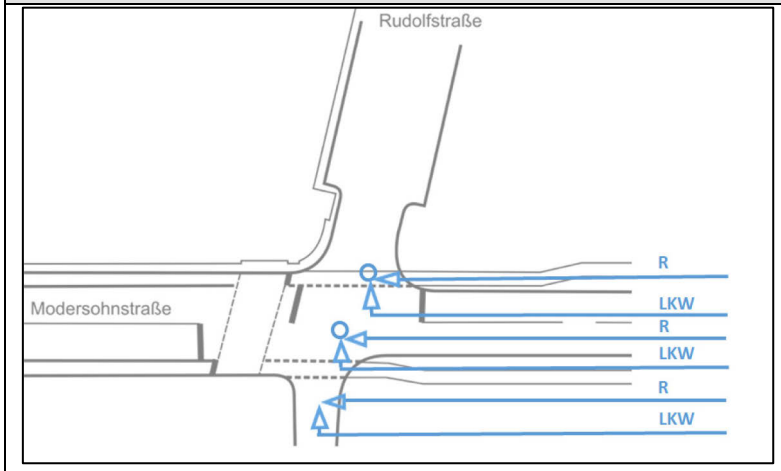
KP-ID	B0232S176			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B 96
Lage	südlich	**Bezirk**	Kreuzberg	**Zähldaten**	27.05.2008, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	3888 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	168 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	1503 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,6 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	1,5 m	**Heranführung**	3,3 m	**Absetzung vor KP**	3,5 m	**HL-Abstand**	0,4 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,5 m	**Breite KP-Ausfahrt**	10,0 m
RV/FV-Furt	0,0 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	117
Sonstiges	sehr viel RA-Verkehr, vor allem Sattelschlepper; viel RV, sehr schlechte Sicht						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 84: Steckbrief Mehringdamm / Tempelhofer Ufer

Steckbrief Modersohnstraße / Rudolfstraße

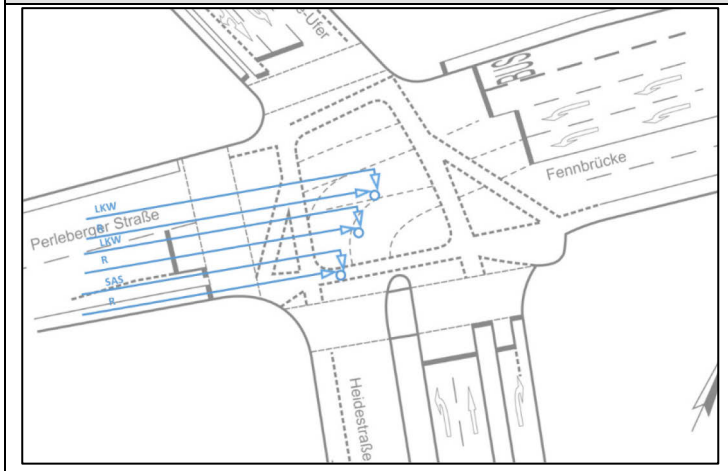
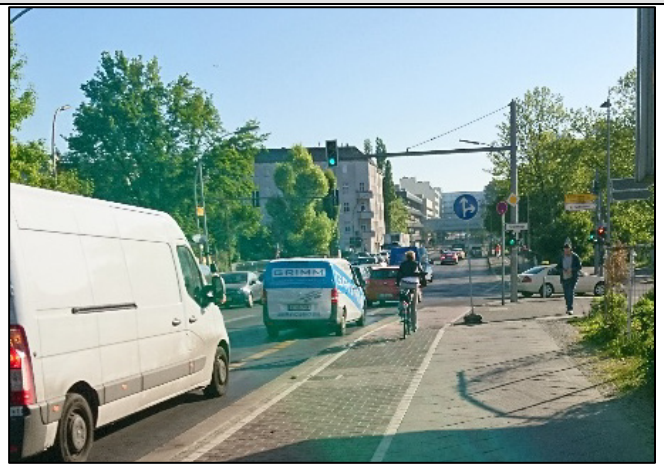
KP-ID	B0149N120			**Straßenkategorie**	StEP III		
Lage	nördlich	**Bezirk**	Friedrichshain	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	nein						
Signalgeber	nicht vorhanden	**Vorlauf**	kein Vorlauf	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,6 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	0,0 m	**Heranführung**	15,5 m	**Absetzung vor KP**	1,5 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	6,8 m	**Breite KP-Ausfahrt**	7,2 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	111
Sonstiges	leichtes Gefälle → Radverkehr tendenziell schnell						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 85: Steckbrief Modersohnstraße / Rudolfstraße

Steckbrief Perleberger Straße – Fennbrücke / Heidestraße – Friedrich-Krause-Ufer

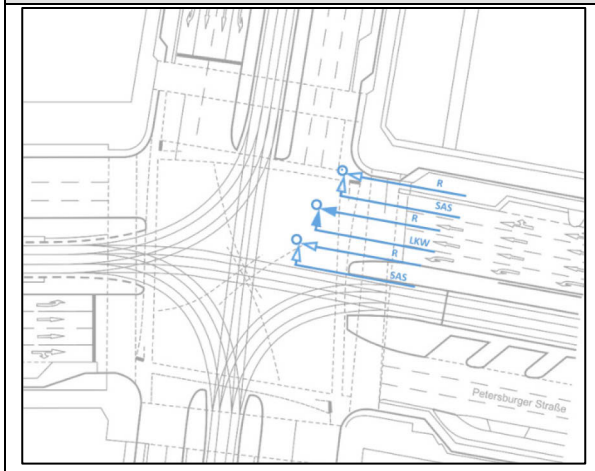
KP-ID	B0076SW061			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	westlich	**Bezirk**	Tiergarten	**Zähldaten**	29.11.2012, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	2290 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	92 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	513 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	2,1 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	0,75 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	0,75 m	**HL-Abstand**	2,9 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	5,3 m	**Breite KP-Ausfahrt**	9,1 m
RV/FV-Furt	2,1 m	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	106
Sonstiges	leichtes Gefälle → Radverkehr tendenziell schnell; viel RA Lkw-Verkehr						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 86: Steckbrief Perleberger Straße / Heidestraße

Steckbrief Petersburger Straße – Danziger Straße / Landsberger Allee

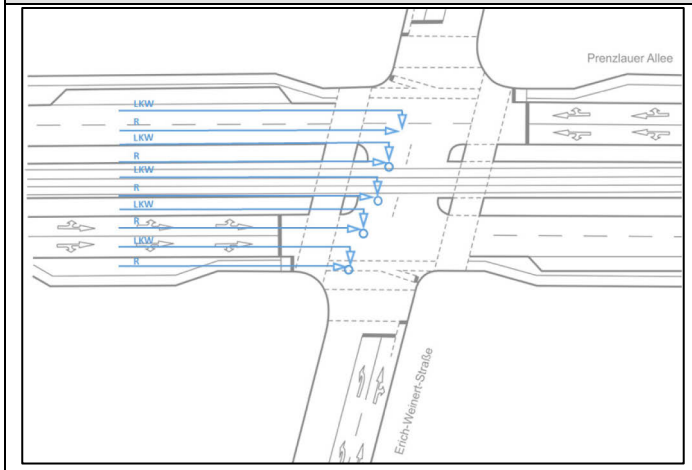
KP-ID	B0294SO218			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B 96a
Lage	südöstlich	**Bezirk**	Friedrichshain	**Zähldaten**	10.07.2008, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	1745 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	107 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	614 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	0,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,5 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	0,0 m	**Heranführung**	17,0 m	**Absetzung vor KP**	3,0 m	**HL-Abstand**	1,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	9,0 m
RV/FV-Furt	12,0 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	viel RA-Verkehr, besonders schwere Lkw						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 87: Steckbrief Petersburger Straße / Landsberger Allee

Steckbrief Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Straße

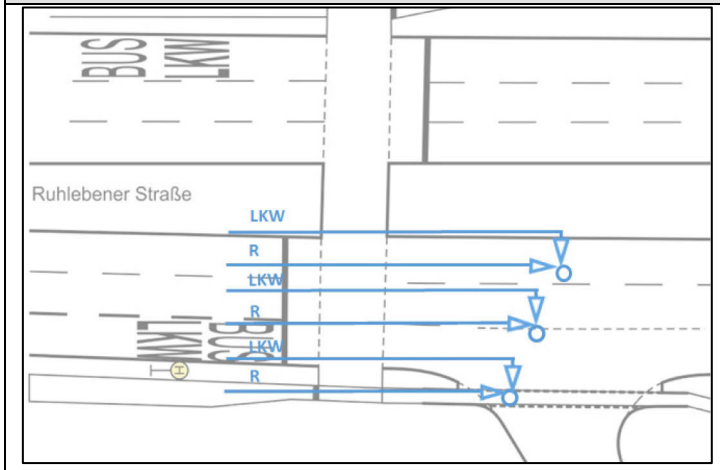
KP-ID	B0779S499			**Straßenkategorie**	StEP I	**Bundesstraße**	B 109
Lage	südlich	**Bezirk**	Prenzlauer Berg	**Zähldaten**	19.03.2009, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	305 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	6 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	816 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	4,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,6 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	0,8 m	**Heranführung**	12,25 m	**Absetzung vor KP**	3,0 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,25 m	**Breite KP-Ausfahrt**	5,75 m
RV/FV-Furt	3,2 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Haltestelle		**RÄW (Gon)**	111
Sonstiges	sehr viel RV, viel RA Lkw-Verkehr; Zufahrt zum Parkplatz Vermietung Klein-Lkw (Umzugswagen)						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 88: Steckbrief Prenzlauer Allee / Erich-Weinert-Straße

Steckbrief Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg

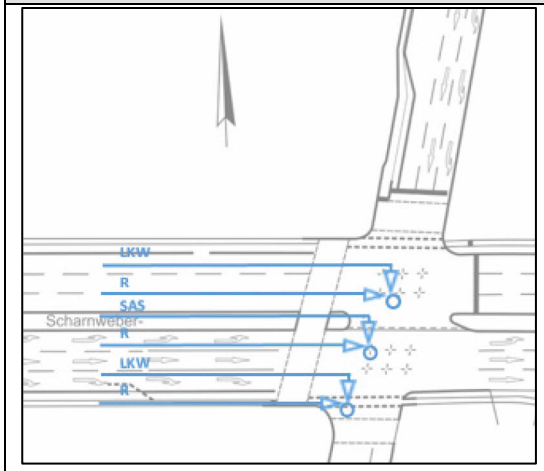
KP-ID	B0020NW018			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	nordwestlich	**Bezirk**	Spandau	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	kein Vorlauf	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	2,0 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	1,5 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	1,5 m	**HL-Abstand**	3,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,25 m	**Breite KP-Ausfahrt**	6,0 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 0			**RÄW (Gon)**	67
Sonstiges	Zufahrt für Lkw über 3,5 t verboten, nur Entsorgungsverkehr; gesonderter Fahrstreifen Bus und Lkw						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 89: Steckbrief Ruhlebener Straße / Tiefwerderweg

Steckbrief Scharnweber Straße / Antonienstraße

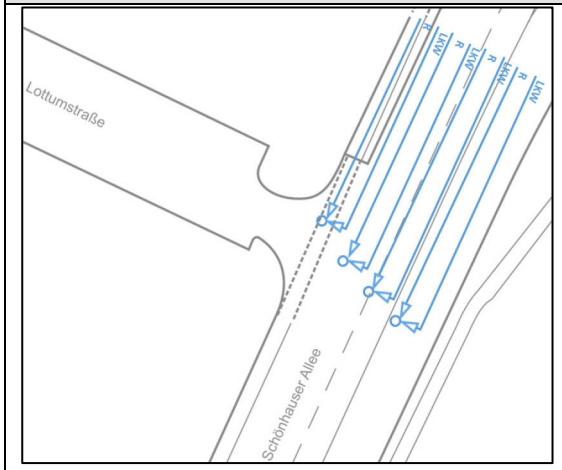
KP-ID	B0077W062			**Straßenkategorie**	StEP III		
Lage	westlich	**Bezirk**	Reinickendorf	**Zähldaten**	17.04.2008, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	2745 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	117 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	130 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	3,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	ja
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,1 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	1,4 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	1,4 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,5 m	**Breite KP-Ausfahrt**	10,35 m
RV/FV-Furt	2,2 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung		**RÄW (Gon)**	111
Sonstiges	viel RA Lkw-Verkehr, da Autobahnauffahrt; Signalgeber für zeitweilig gesicherte Führung vorhanden, aber nicht eingeschaltet						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 90: Steckbrief Scharnweber Straße / Antonienstraße

Steckbrief Schönhauser Allee / Lottumstraße

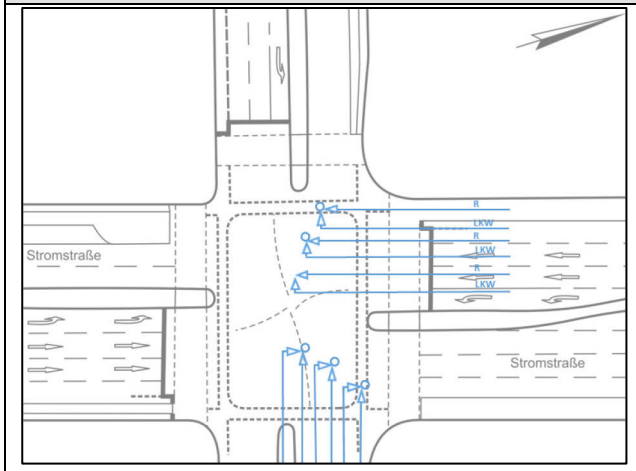
KP-ID	B0078NO063			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	nordöstlich	**Bezirk**	Prenzlauer Berg	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	nein						
Signalgeber	nicht vorhanden	**Vorlauf**	nein	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,8 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	2,0 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	2,0 m	**HL-Abstand**	keine HL
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	5,2 m	**Breite KP-Ausfahrt**	5,5 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 2	ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	leichtes Gefälle → Radverkehr tendenziell schnell, eher wenig RV						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 91: Steckbrief Schönhauser Allee / Lottumstraße

Steckbrief Stromstraße / Alt-Moabit (Nord)

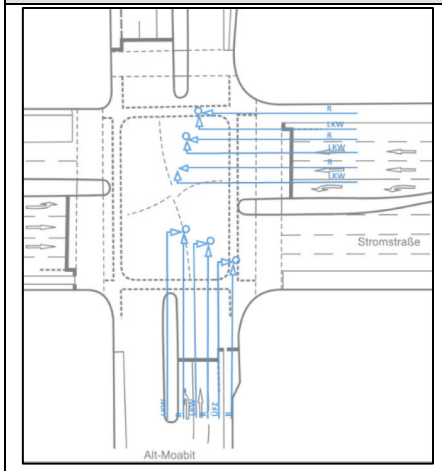
KP-ID	B0036N030			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	nördlich	**Bezirk**	Tiergarten	**Zähldaten**	06.09.2011, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	1885 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	36 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	779 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,0 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	1,0 m	**Heranführung**	5,0 m	**Absetzung vor KP**	2,0 m	**HL-Abstand**	1,3 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	7,0 m
RV/FV-Furt	4,8 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Begrünung		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	Nichtbenutzungspflicht kann irritierend sein, sehr starke Sichtbehinderung, schmale RVA						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 92: Steckbrief Stromstraße / Alt-Moabit (Nord)

Steckbrief Stromstraße / Alt-Moabit (Ost)

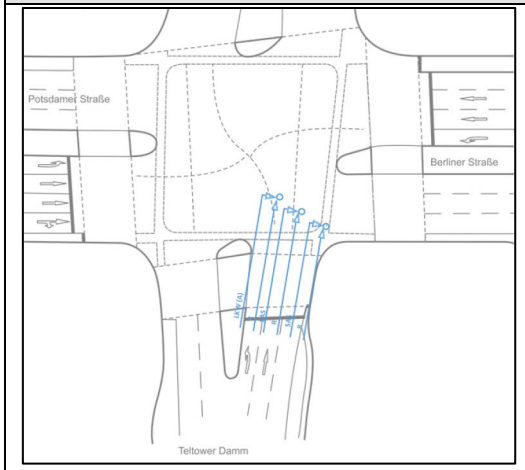
KP-ID	B0115O493			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	östlich	**Bezirk**	Tiergarten	**Zähldaten**	06.09.2011, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	2002 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	75 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	845 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,0 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	0,65 m	**Heranführung**	35,0 m	**Absetzung vor KP**	4,8 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	RA	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	9,05 m
RV/FV-Furt	3,5 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	Begrünung		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	Nichtbenutzungspflicht könnte irritierend wirken						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 93: Steckbrief Stromstraße / Alt-Moabit (Ost)

Steckbrief Teltower Damm – Clayallee / Berliner Straße – Potsdamer Straße

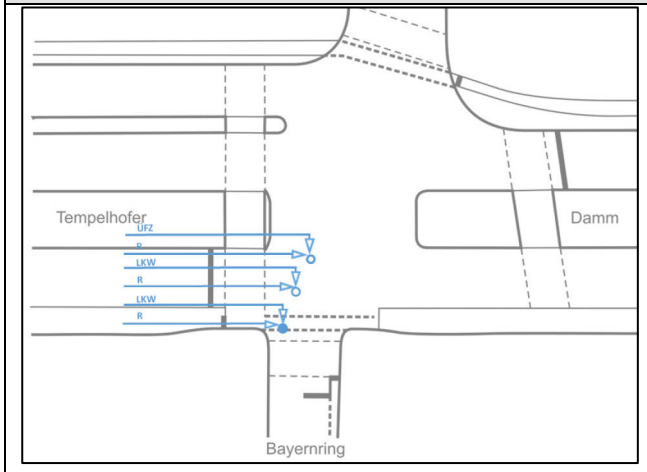
KP-ID	B0008SW009			**Straßenkategorie**	StEP II		
Lage	südlich	**Bezirk**	Zehlendorf	**Zähldaten**	22.05.2007, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	1637 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	60 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	902 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Radverkehr	**Vorlauf**	2,0 s	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	ja
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,0 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	0,0 m	**Heranführung**	2,8 m	**Absetzung vor KP**	2,25 m	**HL-Abstand**	1,8 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,0 m	**Breite KP-Ausfahrt**	9,0 m
RV/FV-Furt	6,5 m	**Sichtbehinderung**	Grad 2	Haltestelle		**RÄW (Gon)**	89
Sonstiges	viele abbiegende Kfz, auch Lkw und Busse, sehr viel Busverkehr (viele Haltevorgänge)						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 94: Steckbrief Teltower Damm / Berliner Straße

Steckbrief Tempelhofer Damm / Bayernring

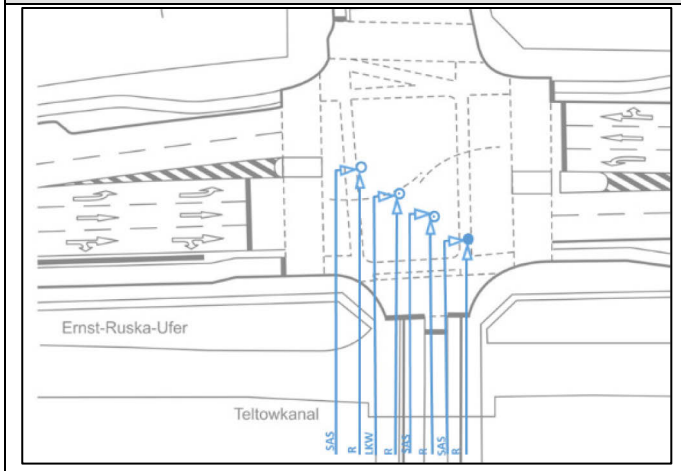
KP-ID	B0079N064			**Straßenkategorie**	StEP II	**Bundesstraße**	B 96
Lage	nördlich	**Bezirk**	Tempelhof	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Rot eingefärbt	**Breite RVA**	1,5 m	**Benutzungspflicht**	nein
Furtabsetzung	1,2 m	**Heranführung**	2,0 m	**Absetzung vor KP**	1,8 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	7,6 m	**Breite KP-Ausfahrt**	4,5 m
RV/FV-Furt	1,2 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	Begrünung		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	leichtes Gefälle → RV tendenziell schnell, Zufahrt zur Tankstelle; viel Lkw-Verkehr, überbreite Fahrbahn						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 95: Steckbrief Tempelhofer Damm / Bayernring

Steckbrief Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer

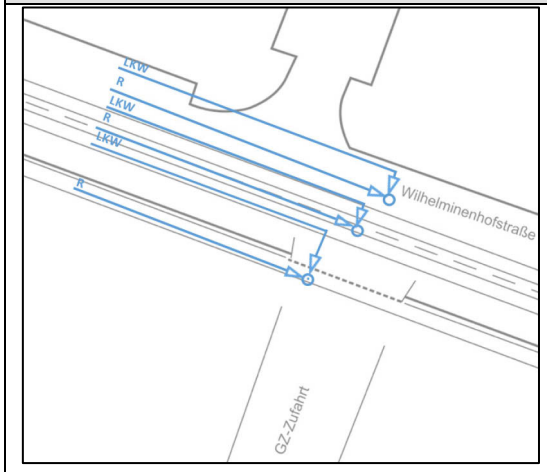
KP-ID	B0182S143			**Straßenkategorie**	StEP III		
Lage	südlich	**Bezirk**	Treptow	**Zähldaten**	07.04.2011, 7 - 19 Uhr		
RA-Gesamt	1486 [Kfz/12h]	**RA-Lkw**	64 [Lkw/12h]	**geradeaus RV**	206 [Rf/12h]		
Signalisierung	ja						
Signalgeber	Kfz	**Vorlauf**	Kfz Signal	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	strichmarkiert	**Breite RVA**	1,6 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	0,0 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	0,0 m	**HL-Abstand**	2,0 m
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,6 m	**Breite KP-Ausfahrt**	6,0 m
RV/FV-Furt	5,5 m	**Sichtbehinderung**	Grad 1	starke Kuppe		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	RVA nicht eindeutig erkennbar, Markierung stark verschlissen; Gefälle						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 96: Steckbrief Wegedornstraße / Ernst-Ruska-Ufer

Steckbrief Wilhelminenhofstraße / Grundstückszufahrt

KP-ID	B0402NW283			**Straßenkategorie**	StEP III		
Lage	nordwestlich	**Bezirk**	Köpenick	**Zähldaten**	keine vorhanden		
Signalisierung	nein						
Signalgeber	nicht vorhanden	**Vorlauf**	kein Vorlauf	**Blockschaltung**	nein	**Gelbblinklicht**	nein
Führung RV	Radweg	**Furtausführung**	Aufpflasterung	**Breite RVA**	1,6 m	**Benutzungspflicht**	ja
Furtabsetzung	2,0 m	**Heranführung**	0,0 m	**Absetzung vor KP**	2,0 m	**HL-Abstand**	keine HL
FS-Kfz	MFS	**Anzahl FS zum RA**	1	**Breite FS**	3,25 m	**Breite KP-Ausfahrt**	7,8 m
RV/FV-Furt	keine FV-Furt	**Sichtbehinderung**	Grad 2	ruhender Verkehr		**RÄW (Gon)**	100
Sonstiges	Industriegelände, viel abbiegender Lkw-Verkehr						

Unfalldiagramm	**rückwärtige Sicht**	**Sicht auf den KPA**
		
Quelle: eigene Darstellung mit Kartengrundlage nach VLB-B (verschiedene Jahre), Legende siehe Anlage 70	*Quelle: eigene Aufnahme*	*Quelle: eigene Aufnahme*

Anlage 97: Steckbrief Wilhelminenhofstraße / Grundstückszufahrt