



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

LEHRSTUHL FÜR VERKEHRSTECHNIK

Masterarbeit im Studiengang Bauingenieurwesen

**Analyse und Auswertung von
Verkehrsunfalldaten zur Bewertung der
Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen im
urbanen Raum**

Vera Schaffhäuser





TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

LEHRSTUHL FÜR VERKEHRSTECHNIK

Masterarbeit im Studiengang Bauingenieurwesen

**Analyse und Auswertung von
Verkehrsunfalldaten zur Bewertung der
Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen im
urbanen Raum**

Verfasser: Vera Schaffhäuser

Matrikelnummer: 03642541

Aufgabensteller: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch

Betreuer: M.Sc. Sabine Krause, M.Sc. Fabian Fehn

Abgabedatum: 23. November 2018



Ich versichere hiermit, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen Quellen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben. Die Arbeit wurde noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt.

München, 23. November 2018

Vera Schaffhäuser

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich zunächst bei all denjenigen bedanken, die mich im Rahmen dieser Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen Betreuern, Frau Celikkaya und Herrn Dr. Klug, für die Bereitstellung des Themas, die fachliche Betreuung und die kontinuierliche Motivation während der Bearbeitung, für ihre kompetente Unterstützung und die unkomplizierte Beantwortung all meiner Fragen.

Daneben gilt mein Dank meinem Freund Nikolai, der viel Zeit in die Korrektur meiner Arbeit investiert hat und mir bei sämtlichen Fragen bezüglich der Formatierung und Strukturierung zur Seite stand.

Darüber hinaus möchte ich meinen Eltern dafür danken, dass sie mir mein Studium ermöglicht haben.

Kurzfassung

Abstract

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Kurzfassung	iv
Abstract	v
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Zielstellung	2
1.3. Struktur der Arbeit	2
2. Grundlagen	3
2.1. Definitionen und wichtige Begriffe der Unfallforschung	3
2.1.1. Risiko	3
2.1.2. Gefahr	4
2.1.3. Sicherheit	4
2.1.4. Verkehrssituation	6
2.1.5. Verkehrskonflikt/Unfallentstehung	7
2.1.6. Unfallschwerpunkte/Unfallhäufungen	8
2.1.7. Begriffe der Unfallaufnahme	9
2.1.8. Fahrmanöver an Knotenpunkten	11
2.2. Verkehrsunfälle in Deutschland	11
2.2.1. Unfälle im urbanen Raum	12
2.2.2. Verkehrsbe teiligung an Unfällen im urbanen Raum	13
2.2.3. Innerorts auftretende Unfalltypen und Unfallarten	15
2.2.4. Charakteristiken und Besonderheiten von Unfällen im Urbanen Raum	15
2.2.5. Häufige Unfallursachen innerhalb geschlossener Ortschaften . .	16
2.3. Urbane Fahrsituationen und ihre Sicherheitsbewertung	17
2.3.1. Konfliktpunkte an Knotenpunkten	17
2.3.2. Urbane Fahrsituationen mit geringen Geschwindigkeiten . . .	22
2.3.3. Konfliktpunkte zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern . .	23
2.3.4. Konflikte außerhalb von Knotenpunkten	24
2.3.5. Konfliktpunkte bei Nacht	25

2.4. Menschliches Verhalten im Straßenverkehr	25
2.4.1. Der Mensch als Fahrzeugführer	25
2.4.2. Fehler des Menschen bei der Verkehrsbeteiligung	27
2.5. Ansätze zur Bewertung von Fahrsituationen	28
2.5.1. Risikoverteilung auf Unfalltypen	29
2.5.2. Relatives Risiko	29
2.5.3. Risikograph	30
2.5.4. Gefährdungs- und Risikoanalyse	31
2.5.5. Konfliktschweregrade und Komplexität von Verkehrssituationen	32
2.6. Weiterer Forschungsbedarf	34
3. Methodik	35
3.1. Hypothesen	35
3.2. Kritikalitätsskala zur Bewertung von urbanen Fahrsituationen	37
4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets	38
4.1. Überblick	38
4.1.1. Unfälle in München	38
4.1.2. Vorstellung der Teststrecke	41
4.1.3. Vorstellung der vorhandenen Daten	46
4.2. Allgemeine Auswertung der Daten	47
4.3. Überprüfung der Hypothesen	50
4.3.1. Abbiegeunfälle	50
4.3.2. Unfälle während der Hauptverkehrszeiten	55
4.3.3. Unfälle durch ruhenden Verkehr	58
4.3.4. Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern	60
4.3.5. Unfälle mit Radfahrerbeteiligung beim Abbiegen	63
4.3.6. Fehlverhalten der Fußgänger	68
4.3.7. Besonderheiten der Unfallstelle	71
4.3.8. Einfluss allgemeiner Unfallursachen	74
4.4. Unfallhäufungsstellen/Unfallschwerpunkte	75
4.5. Zuordnung der Unfälle zu Fahrsituationen	76
4.6. Zwischenfazit	76
4.7. Sonstiges	76
4.7.1. Unfallursachen	76
5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrzeuge	77
5.0.1. Rechtlichehintergründe	82
6. Fazit und Ausblick	84

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	84
Abbildungsverzeichnis	86
Tabellenverzeichnis	89
Anhang	90

1. Einleitung

Die Verkehrssicherheit auf deutschen Straßen ist in den letzten Jahren immer wieder in den Fokus der Öffentlichkeit geraten und spielt eine wichtige Rolle. Die Sicherheit betreffend werden sowohl Infrastrukturmaßnahmen als auch Maßnahmen an den Fahrzeugen selbst diskutiert. Da über 90% [DEKRA, 2017, S.48] der Verkehrsunfälle durch menschliche Fehler verursacht werden liegt der Fokus aktuell auf der Einführung und Entwicklung unterstützender Fahrerassistenzsystemen (FAS). Hier ist es bereits gelungen, dass dieses Systeme zum Teil schon serienreif sind und zunehmend Einzug in die Fahrzeuge nehmen. Bereits vorhandenen Systeme adressieren überwiegend Fahrsituationen in Außerortsbereichen, der urbane Raum wurde bisher nur in wenigen Fällen betrachtet und bietet daher erhöhtes Potential die Verkehrssicherheit zu verbessern. Zudem sind urbane Fahrsituationen weitaus komplexer als Situationen auf Autobahnen und Landstraßen weshalb sie häufiger zu Unfällen führen. Eine weitere Vision ist es Unfälle, durch automatisiertes Fahren, komplett zu verhindern.

1.1. Motivation

Die Zahl der Verkehrstoten auf deutschen Straßen war im Jahr 2016 so gering wie noch nie seit Beginn der Aufzeichnungen [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018b, S.5]. Bei der gesamt Anzahl an Verkehrsunfällen ist jedoch kein Rückgang zu verzeichnen. Es kommt zwar seltener zu Unfällen mit Getöteten, dafür steigt die Anzahl der Unfälle mit Personenschäden und Sachschäden [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018b, S.5]. Dies kann zum einen an der steigenden Zahl zugelassener Pkw liegen [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018b, S.5], zum anderen an der zunehmenden Urbanisierung. Die Urbanisierung führt dazu, dass immer mehr Menschen in die Städte ziehen, was zu einer steigenden Verkehrsdichte führt. In den Städten kommt es daher häufiger zu Konfliktsituationen, meist mit geringeren Geschwindigkeiten, die zu Unfällen führen.

Besonders an Knotenpunkten kommt es innerorts häufig zu Unfällen, 2017 ereigneten sich fast 16% der Unfälle mit Personen- und schwerwiegendem Sachschaden beim Abbiegen und 28% beim Einbiegen/Kreuzen [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S.68]. Fahrsituationen an Knotenpunkten sind komplex und führen häufig zu kritischen Situationen, da der Fahrer nicht alle Informationen aufnehmen kann [GERSTENBERGER, 2015, S.2] und das durchfahren eines Knotenpunktes durch ein komplexes Zusammenspiel von vielen Einzelaufgaben gekennzeichnet ist [ZADEMACH, 2015, S.51]. Diese Situationen bieten ein besonders hohes Potential bei der Entwicklung von FAS oder automatisierten

Fahrzeugen. Gelingt es anhand von Einrichtungen im Fahrzeug komplexe Situationen schnell und richtig zu erkennen kann dies den Fahrer unterstützen bzw. ihn komplett von seiner Fahraufgabe befreien und die Unfallzahlen können reduziert werden.

Aufgrund der Komplexität von innerstädtischen Verkehrssituationen gibt es aktuell noch keine serienreifen Systeme, es sind jedoch viele verschiedene Ansätze und Prototypen zu erkennen. Bei der Entwicklung spielt die Unfallforschung eine wichtige Rolle. Anhand existierender Unfalldaten kann herausgearbeitet werden, in welchen Situationen es häufig zu Unfällen kommt und was die Ursachen für diese Unfälle waren. Häufig stehen jedoch nur die Endpositionen der Fahrzeuge und Aussagen der Fahrer zur Verfügung und der Verlauf des Unfalls muss mühsam rekonstruiert werden. Ebenso gibt es eine hohe Anzahl an Unfällen, die nicht bei der Polizei gemeldet werden und somit nicht in die Unfallstatistiken mit einfließen. Der Faktor des Dunkelfelds der nicht polizeilich erfassten Unfälle befindet sich zwischen drei und zehn [HUGUENIN et al., 2017, S.151].

1.2. Zielstellung

„Um einen Unfall verhindern zu können, ist es wesentlich zu verstehen, wie die entsprechende Situation unfallfrei bewältigt werden kann“ [VOLLRATH et al., 2006, S.8].

Das Ziel dieser Arbeit stellt die Bewertung unterschiedlicher Fahrsituationen auf einer Testroute im Münchner Norden im Hinblick auf ihre Sicherheitsrelevanz dar. Hierzu werden Unfalldaten, die von der Polizei für die Leopoldstraße, Ungererstraße und Schenkendorfstraße zur Verfügung gestellt wurden, aufbereitet und ausgewertet. Die Daten reichen über einen Zeitraum von fünf Jahren (2012 bis 2016) und dienen als Grundlage für die Ermittlung von Stellen und Fahrsituationen die häufig zu Unfällen führen. Die markanten Punkte im Netz werden genauer betrachtet, um ein besseres Verständnis über die auftretenden Konfliktsituationen, die zu Unfällen führen, zu erhalten. Die Ergebnisse der Unfalldatenanalyse werden den Fahrsituationen im Testgebiet gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung ermöglicht eine Bewertung der Situationen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz.

Fahrsituationen die besonders sicherheitskritisch sind sollen bei der Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen priorisiert und noch genauer analysiert werden. Im Hinblick auf die Entwicklung automatisierter Fahrzeuge werden die ermittelten sicherheitsrelevanten Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrzeuge abgeglichen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen bei der Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen helfen und zur Steigerung der Verkehrssicherheit sowie zur Reduzierung von Verkehrsunfällen beitragen.

1.3. Struktur der Arbeit

2. Grundlagen

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse einer umfassenden Literaturrecherche dar. Zunächst wird auf Definitionen eingegangen, die für die Unfallforschung relevant sind. Darauf folgt ein Überblick über Unfallzahlen in Deutschland innerhalb geschlossener Ortschaften. Des weiteren werden urbane Fahrsituationen hinsichtlich ihrer Komplexität und möglichen Konfliktpunkten genauer betrachtet. Im Verlauf der Arbeit soll eine Bewertungsskala für urbane Fahrsituationen erstellt werden, weshalb am Ende des Kapitels bereits vorhandene Skalen zur Bewertung vorgestellt werden. Der Übersichtlichkeit halber sind unter dem Begriff Fahrer bzw. Fahrzeugführer sowohl Fahrer als auch Fahrerinnen zu verstehen. Gleiches gilt für Fußgänger/Fußgängerinnen sowie Radfahrer/Radfahrerinnen.

2.1. Definitionen und wichtige Begriffe der Unfallforschung

Dieses Kapitel dient dazu Begriffe, die im Verlauf dieser Arbeit häufig genannt werden, zu erläutern. Im Fokus stehen vor allem Begriffe, die in der Unfallforschung und bei der polizeilichen Unfallaufnahme eine Rolle spielen.

2.1.1. Risiko

Der Begriff Risiko wird im Duden als „möglicher negativer Ausgang bei einer Unternehmung, mit dem Nachteile, Verlust, Schäden verbunden sind; mit einem Vorhaben, Unternehmen o.Ä. verbundenes Wagnis“ definiert. Im Straßenverkehr wird das Risiko häufig etwas konkreter als das Produkt von Auftretenswahrscheinlichkeiten und Gefahr angegeben. Die Gefahr kann anhand der Verletzungsschwere [HUGUENIN et al., 2017, S. 151f.] oder Schadenhöhe [GSCHWENDTNER, 2015, S. 60] angegeben werden. Das Grenzrisiko stellt dabei „das größte noch vertretbare Risiko eines bestimmten technischen Vorgangs oder Zustands“ dar [HILLENBRAND, 2011, S. 43].

Der Begriff Risiko und dessen Wahrnehmung kann in drei verschiedene Richtungen interpretiert werden. Hierbei entspricht das „Objektive (statische) Risiko“ der Wahrscheinlichkeit in einen Unfall verwickelt zu sein, das „Subjektive Risiko“ gibt an, wie der Fahrer es selbst abschätzt in einen Unfall verwickelt zu werden und das „Gefühlte Risiko“ gibt Auskunft darüber, wie der Fahrer die Bedrohlichkeit emotional beurteilt [FULLER, 2005, S. 461f].

2.1.2. Gefahr

Gefahr beschreibt einen Zustand oder Vorgang aus dem ein Schaden für Personen und / oder Sachgüter zwangsläufig oder zufällig entsteht, ohne das ausreichende Gegenmaßnahmen gewährleistet sind. „Der Begriff bezeichnet eine Bedrohung durch ein zukünftiges Schadensereignis, das unter bestimmten Bedingungen eintreten kann“ [HOFFMANN, 2013, S. 8]. Gefahr kann auch als Sachlage, bei der das Risiko größer als das Grenzrisiko ist verstanden werden. Die Gefährdung hingegen beschreibt eine Situation, in der eine tatsächliche oder mögliche Gefahr für Personen oder die Umwelt eines betrachteten Systems besteht [HILLENBRAND, 2011, S. 43f].

2.1.3. Sicherheit

Nach FRICKE et al. [2006, S. 40] wird das Maß an Sicherheit beschrieben als das Risiko, unerwünschte Konsequenzen materiellen oder personellen Schaden zu erleiden. Unter dem Begriff Risiko ist in diesem Zusammenhang die Wahrscheinlichkeit zu verstehen, dass sich ein potentiell gefährlicher Zustand einstellt, bzw. sich eine potentiell gefährliche Situation ergibt. Häufig wird Sicherheit auch durch Gleichungen beschrieben:

- Sicherheit = $1 - \text{Unfallwahrscheinlichkeit}$ [HOFFMANN, 2013, S. 24]
- Sicherheit = $1 - \text{Gefahr}$ [HILLENBRAND, 2011, S. 42]

Zusammenfassend kann Sicherheit als das Nichtvorhandensein einer Gefahr für Menschen oder Sachwerte verstanden werden [HILLENBRAND, 2011, S. 42]. Es kann zwischen Betriebssicherheit (Schutz der Umgebung vor einer Sache) und Angriffsicherheit (Schutz einer Sache vor der Umgebung) unterschieden werden. Betrachtet man den Verkehrsbereich geht man Häufig von Betriebssicherheit aus. Ein Beispiel hierfür wäre, dass die Fußgänger oder Radfahrer, in der Umgebung eines Kfz, besonders Schutzbedürftig bei einer Kollision mit diesem sind.

Bei dem Begriff der Verkehrssicherheit wird oft vom Kontinuum des Verkehrsverhaltens vom Normalverhalten bis zum Unfall ausgegangen [HOFFMANN, 2013, S. 9]. Wenn man von der Sicherheit einer gewissen Einheit im Verkehrswesen, z.B. einer bestimmten Kreuzung, spricht kann die Sicherheit der Einheit durch die Anzahl der Unfälle die in einer spezifischen Zeitspanne auftreten beschrieben werden. Es wird nicht nur die Anzahl der Unfälle gezählt, sondern auch aufgenommen um was für einen Unfalltyp oder Unfallart es sich handelt und was der Unfall für Folgen hatte [ANTONIOU et al., 2018, S. 3].

„Im Bereich der Fahrzeugsicherheit wird mit dem Begriff ‚Sicherheit‘ eine Situation beschrieben, bei der das erzielbare Risiko kleiner ist als das größte noch vertretbare Risiko (Grenzrisiko) eines bestimmten technischen Vorgangs oder Zustands. Je größer aber das Risiko ist, desto geringer ist die Sicherheit, und umgekehrt gilt, je höher

die Sicherheit gesteigert werden soll, desto geringer darf das Risiko nur sein“ [BURG et al., 2017, S. 743]. Bei dem Begriff der Sicherheit kann zwischen aktiv und passiv unterschieden werden. Während aktive Maßnahmen, Maßnahmen darstellen, die Unfälle vermeiden, werden unter passiver Sicherheit Maßnahmen verstanden, die die Unfallfolgen mindern. Obwohl durch eine Verbesserung der aktiven Sicherheit die Anzahl der Unfälle reduziert werden kann kam es in den letzten Jahren, im Bereich der Fahrzeugsicherheit, überwiegend zu Neuerungen der passiven Sicherheit.

Bei aktuellen Entwicklungen im Bereich der Fahrerassistenzsystem (FAS) wird der Fokus vermehrt auf aktive Maßnahmen gelegt. Zu den aktiven Maßnahmen gehören jedoch nicht nur Neuerungen am Fahrzeug und unterstützende Systeme, sondern auch die entsprechende Schulung der Verkehrsteilnehmer z.B. mit Fahrsicherheitstrainings oder eine entsprechende Gestaltung der Verkehrswege um Unfallschwerpunkte zu vermeiden.

Häufig wird auch der Begriff der Sicherheitsrelevanz verwendet. „Als sicherheitsrelevant werden Systeme bezeichnet, die entweder selbst Gefahren verursachen können, oder aber für die Reduzierung von Risiken eingesetzt werden“ [HILLENBRAND, 2011, S. 44]. Als sicherheitskritisch werden dahingegen technische Systeme beschrieben, „bei welchen Aktuatoren von Kontrolleinheiten angesteuert werden. Durch die Tatsache, dass Aktuatoren die Bedienungen der physikalischen Umgebung verändern können, besteht die Möglichkeit der Gefahr für Leib und Leben“ [HILLENBRAND, 2011, S. 44]. Eine Situation wird also kritisch, wenn sie zu Verletzungen führen kann.

HOFFMANN [2013, S. 10] stellt fest, dass die Grenzen zwischen „sicher“ und „unsicher“ fließend, subjektiv und variabel sind. In Abbildung 2.1 wird der Übergang einer sicheren Situation in eine Unsichere, die zum Unfallführen kann dargestellt. Zusätzlich ist zu erkennen, dass mit höherem Risiko die Sicherheit abnimmt.

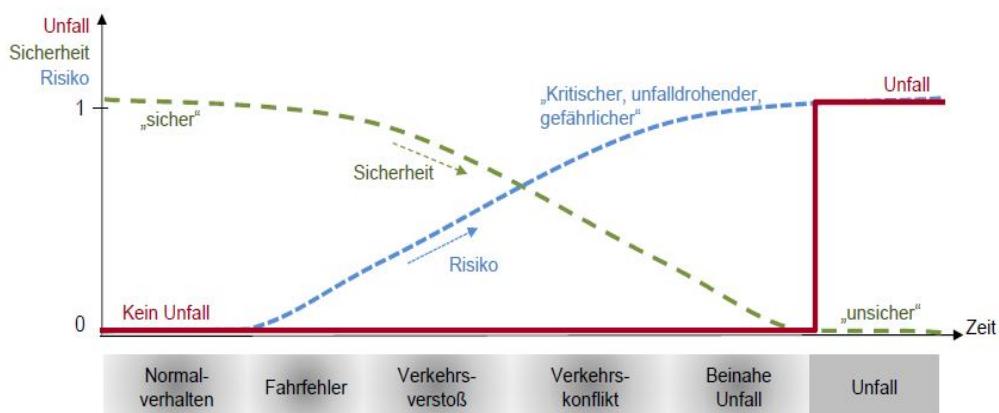


Abbildung 2.1.: Darstellung zur Beschreibung von Verkehrssicherheit und -unsicherheit [HOFFMANN, 2013, S. 10]

2.1.4. Verkehrssituation

Laut HOFFMANN [2013, S. 6-8] gibt es keine allgemeingültige Definition für den Situationsbegriff im verkehrswissenschaftlichen Zusammenhang. Dies gilt auch für die Grenze zwischen zwei Situationen. Es wird häufig zwischen objektiv gegebenen Situationen und subjektiv wahrgenommenen Teilen einer Situation unterschieden. Der Unterschied der beiden Situationen kann das Verhalten der Verkehrsteilnehmer stark beeinflussen.

REICHART [2001, S.43] gibt verschiedene Perspektiven auf Situationen im Straßenverkehr an. Neben der Verkehrssituation unterscheidet er zwischen Fahrsituation und Fahrersituation. Unter dem Begriff „Verkehrssituation“ versteht man die objektiv gegebene räumliche und zeitliche Konstellation der verkehrsbezogenen Einflussgrößen der Umgebung aus der Perspektive des Verkehrsteilnehmers. Hierunter sind z.B. Umfeldgegebenheiten, wie die Art der Verkehrsregelung, die Gestaltung der Fahrbahn oder die Art des Knotenpunktes zu verstehen. Die „Fahrsituation“ beschreibt den aus Fahrersicht prinzipiell wahrnehmbaren Ausschnitt der Verkehrssituation in Abhängigkeit des geplanten Fahrmanövers und des umgebenden Verkehrs. Auch in dieser Situation wird die Umgebungsgestaltung rein objektiv beschrieben. Neben der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer wird hier auch die Vorfahrtssituation (Wartepflichtig oder Vorfahrtsberechtigt) betrachtet. Unter der „Fahrersituation“ ist die tatsächlich vom Fahrer wahrgenommene Sichtweise auf die Fahr- und Verkehrssituation zu verstehen. Die Art der Fahrersituation wird stark von den momentanen physischen und psychischen Eigenschaften des Fahrers bestimmt. Im Hinblick auf die folgende Auswertung der Unfalldaten sind vor allem die Begriffe Verkehrssituation und Fahrsituation wichtig. Sie können bei der Einordnung und Klassifizierung der verschiedenen Unfällen hilfreich sein. Die vorliegenden Daten geben leider keine Auskunft über bestimmte Eigenschaften des Fahrers vor dem Unfall, es ist z.B. nicht bekannt ob er durch die Nutzung eines Handys abgelenkt war. Deshalb wird auf diese Situation im Folgenden nicht näher eingegangen.

Kritische Verkehrssituationen

„Eine kritische Verkehrssituation ist eine Verkehrssituation, bei der ein Eingreifen notwendig wird um die Gefahr eines Verkehrsunfall auszuschließen oder zumindest zu vermindern“ [MOCK-HECKER, 1994, S. 4]. Hierbei kann die kritische Situation nicht allein an äußerer Umständen festgemacht werden. Jede normale Fahrsituation kann sich zu einer kritischen Situation entwickeln, wenn der Fahrer sich überfordert oder seine Kompensationsfähigkeit plötzlich überschritten wird [BOCK, 1989, S. 76]. Sobald der Fahrer nicht in der Lage ist alle relevanten Informationen aufzunehmen und bei seinen Entscheidungen zu berücksichtigen kann eine kritische Situation entstehen [GERSTENBERGER, 2015, S. 2]. Um im Vorfeld einschätzen zu können, ob es sich um eine kritische Situation handelt muss man über das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer Bescheid wissen [MOCK-HECKER, 1994, S. 3]. Ein Beispiel hierfür stellt das

Überholen bei Gegenverkehr dar. Wenn bekannt ist, dass das überholende Fahrzeug rechtzeitig wieder einscheren kann ist die Situation unkritisch. Das entgegenkommende Fahrzeug schätzt die Lage je nach Fahrer voraussichtlich unterschiedlich ein. Die Entscheidung, wann es sich um eine kritische Situation handelt hängt also im Endeffekt von der subjektiven Einschätzung der einzelnen Personen ab [GERSTENBERGER, 2015, S. 39].

Nach SCHMIDT [2010, S. 30] ist eine Verkehrssituation immer dann kritisch, wenn es zu einer Kollision zwischen Fahrzeuge und Hindernis kommt oder ein definierter Mindestabstand zwischen Fahrzeug und Hindernis unterschritten wird, ohne dass es zur Kollision kommt. Die Gefährlichkeit einer Verkehrssituation kann durch die Kritikalität beschrieben werden. Die Grundlage zur Beurteilung der Kritikalität stellen meist zeitliche Größen dar [GERSTENBERGER, 2015, S. 39]. Kritische Fahrmanöver sind Bremsen, Beschleunigen und Ausweichen bzw. eine Kombination aus diesen drei Fahrmanövern. Je kürzer die Zeit für ein kritisches Fahrmanöver, desto schwerer der Konflikt [ERKE et al., 1978, S. 26].

Komplexe Verkehrssituationen

Die Komplexität einer Verkehrssituation kann als Zusammensetzung aus den Anforderungen an die Informationsverarbeitung des Fahrers und den Anforderungen aus der Fahrzeugbedienung beschrieben werden. Bei einer innerstädtischen Kreuzung mit einer Lichtsignalanlage ist die Anforderung an die Informationsverarbeitung gering, während die Anforderung an die Fahrzeugbedienung hoch ist. Handelt es sich dagegen um eine beschädigte Kreuzung sind beide Anforderungen hoch [GERSTENBERGER, 2015, S. 36f].

2.1.5. Verkehrskonflikt/Unfallentstehung

„Ein Verkehrskonflikt ist eine Gefahrensituation, in der Verkehrsteilnehmer sich räumlich oder zeitlich so annähern, dass eine erhöhte Kollisionsgefahr besteht“ [ERKE et al., 1978, S. 26]. Das bedeutet, dass nicht jeder Verkehrskonflikt zwangsläufig zu einem Unfall führt. Werden jedoch notwendige Manöver zur Unfallvermeidung nicht oder falsch ausgeführt kommt es zur Kollision [FRICKE et al., 2006, S. 43]. „Im Allgemeinen wird bei Verkehrskonflikten von voneinander entgegen gerichteten Verhaltenstendenzen von Verkehrsteilnehmern ausgegangen, die bei Einhaltung der Verkehrsregeln nicht stattfinden würden und die bei Beibehaltung des Verhaltens zu einem Unfall führen“ [HOFFMANN, 2013, S. 10]. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Unfall aus einem Verkehrskonflikt ereignet liegt schätzungsweise bei $1 * 10^{-4}$ [REICHART, 2001, S. 99].

Erst wenn ein Verhaltensfehler tatsächlich zu einer Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer oder einem Hindernis führt spricht man von einem Verkehrsunfall. Abbildung 2.2 zeigt ein Unfallentstehungsmodell. Kommt es zu einem Verkehrskonflikt

der nicht erfolgreich bewältigt werden kann führt die zu einem Unfall. Verkehrsunfälle stellen seltene Ereignisse dar und unterliegen wenn man sie statistisch betrachtet einer Poisson-Verteilung [GRÜNDL, 2005, S. 18]. Das Risiko in einen Unfall verwickelt zu sein ist nach der statistischen Betrachtung für jeden Verkehrsteilnehmer gleich und inhärent. Unfälle sind in der Regel durch mehrere Unfallursachen und Risikofaktoren bedingt und werden durch ein gelegentliches Zusammentreffen dieser Faktoren verursacht [GRÜNDL, 2005, S. 20].

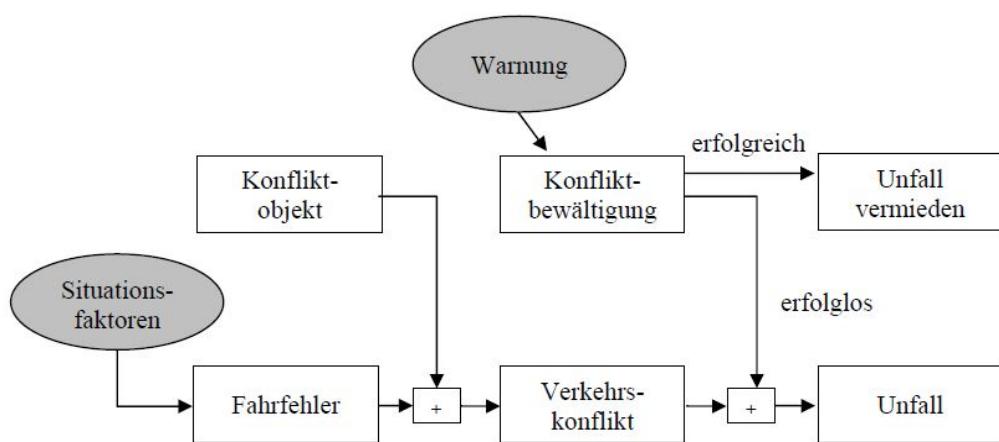


Abbildung 2.2.: Unfallentstehungsmodell [FRICKE et al., 2006, S. 44]

Um den Ablauf eines Verkehrsunfalls zu beschreiben werden oft der Unfalltyp und die Unfallart verwendet. Darüber hinaus ist die Unfallursache ein weiteres wichtiges Klassifizierungsmerkmal, das vor allem in der Unfallforschung genutzt werden kann [GSCHWENDTNER, 2015, S. 16]. Um Unfälle genau analysieren zu können müssen jedoch viele Einzelursachen und Risikofaktoren betrachtet werden. Bei den Einzelursachen kann z.B. in Haupt- und Mitursachen bzw. direkte oder indirekte Ursachen unterschieden werden. Eine Hauptursache stellt z.B. das Abgelenkt sein dar, als Nebenursache kann z.B. die Eile oder Stimmung des Verkehrsbeteiligten genannt werden [GRÜNDL, 2005, S. 65-72].

2.1.6. Unfallschwerpunkte/Unfallhäufungen

Ein Unfallschwerpunkt ergibt sich, wenn in einem gewissen Zeitraum eine große Anzahl an Unfällen mit einer bestimmten Unfallkategorie auftreten. Unfallschwerpunkte hängen nicht allein von den Zahlen der Getöteten oder Verletzten ab, eine Stelle die sehr oft zu Unfällen mit Sachschaden führt kann auch ein Unfallschwerpunkt sein [HUGUENIN et al., 2017, S. 145-151].

Unfallhäufungen sind Bereiche im Straßennetz, in denen sich wiederholt Unfälle ereignen. Innerorts beträgt der Grenzwert für leichte Unfallhäufungsstellen (UHS) laut FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN [2012b, S. 13-16] fünf Unfälle des gleichen Unfalltyps in 12 Monaten. Wird der Grenzwert deutlich (15 Unfälle in 12 Monaten) überschritten, handelt es sich um eine Massenunfallhäufungsstelle. Massen-UHS treten innerorts häufig an Knotenpunkten auf, die nicht richtig Dimensioniert wurden. SCHREIBER [2014, S. 221] dagegen bezeichnet eine Stelle als unfallauffällig, wenn sich im Fünfjahreszeitraum mindesten zehn Unfälle ereignen. BERGER [2017, S. 325] bezeichnet einen Unfalltyp als maßgebend, wenn sich im Analysezeitraum mindestens 3 Unfälle einem Typ zuordnen lassen. Der Analysezeitraum beträgt dabei in den meisten Fällen drei Jahre, in einzelnen Fällen wird er auf ein Jahr verkürzt.

2.1.7. Begriffe der Unfallaufnahme

Sobald ein Unfall von der Polizei aufgenommen wird erstellt diese ein Verkehrsunfallprotokoll. Dieser Arbeit liegen Daten von polizeilichen Unfallaufnahmen zugrunde, die analysiert werden sollen. Um besser verstehen zu können, welche Eigenschaften und Charakteristiken eines Unfalls aufgenommen wurden, werden die wichtigsten Begriffe hier kurz erläutert.

Unfalltyp

Der Unfalltyp beschreibt im Allgemeinen die Konfliktsituation, die zum Entstehen des Unfalls geführt hat, d.h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Art der Konfliktauslösung vor diesem eventuellen Zusammenstoß [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 16]. Die Unfalltypen sind in sieben Kategorien eingeteilt und wurden vom Institut für Straßenwesen entwickelt, um Polizeibeamten eine Klassifizierungsmöglichkeit des Unfallgeschehens zu ermöglichen [GSCHWENDTNER, 2015, S. 16]. Es kann zwischen den Typen Fahrunfall, Abbiege-Unfall, Einbiegen/Kreuzen-Unfall, Überschreiten-Unfall, Unfall des ruhenden Verkehr, Unfall im Längsverkehr und Sonstiger Unfall unterschieden werden.

Jede der sieben Kategorien kann in viele weitere einzelne Konfliktsituationen aufgeteilt werden. Häufig werden mit den Konfliktsituationen jedoch nur Bereiche beschrieben, die zu Personenschäden führen. Im Unfalltypenkatalog des Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) werden die Unfalltypen anhand eines dreistufigen Klassifizierungsverfahrens in genauere Typen unterteilt. Der Grund für die Unterteilung ist, dass so wesentlich differenzierteren Aussagen zu den Unfallursachen und Möglichkeiten zur Unfallprävention ermöglicht werden [GRÜNDL, 2005, S. 106]. Die Feintypen ermöglichen auch, dass das Wirkungsfeld von FAS oder automatisierten Fahrzeugen besser beurteilt werden kann.

Unfallart

Die Unfallart beschreibt die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge vom gesamten Unfallablauf, beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn, zueinander. Wenn es nicht zu einem Zusammenstoß gekommen ist wir die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer beschriebe [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 17].

Unfallursache

Unfallursachen werden nach allgemeinen Unfallursachen (u.a. Straßenverhältnisse, Witterungseinflüsse), die einem Unfall zugeordnet werden und personenbezogenem Fehlverhalten von Beteiligten bspw. Vorfahrtsmissachtung oder nicht angepasste Geschwindigkeit unterschieden. Die Ursachen werden bei der Unfallaufnahme von dem Polizeibeamten entsprechend ihrer Einschätzung vergeben. Je Unfall werden bis zu zwei allgemeine Unfallursache genannt. Bei den Beteiligten sind bis zu drei Angaben möglich [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 12].

Der Begriff der Unfallursache ist jedoch problematisch, da „eine Kausalität im Sinne der kausalen Determiniertheit meist nicht vorliegt. Was vielfach als Kausalität erscheint ist meist ein mehr oder minder zufälliges Zusammentreffen von Situation und Einflussgrößen, die zur Unfallentstehung führen“ [REICHART, 2001, S. 3].

Unfallbeteiligte

Als Beteiligte an einem Unfall werden alle Fahrzeugfahrer oder Fußgänger erfasst, die selbst oder deren Fahrzeug Schäden erlitten oder hervorgerufen hat. Verunglückte Mitfahrer zählen nicht zu den Unfallbeteiligten. Der Hauptverursacher wird immer zuerst genannt (Beteiligter01) und ist derjenige der nach Einschätzungen der Polizei die Hauptschuld am Unfall trägt [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 12].

Unfallfolgen

Bei den Unfallfolgen wird häufig zwischen Unfällen mit Personenschaden und Sachschaden unterschieden. Kommen Personen zu Schaden wird zwischen Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten unterschieden. Zu den Getöteten zählen Personen, die innerhalb von 30 Tagen an den Unfallfolgen starben, Schwerverletzt sind Personen, die unmittelbar zur stationären Behandlung (mindestens 24 Stunden) in einem Krankenhaus aufgenommen wurden. Alle übrigen Verletzten zählen zu den Leichtverletzten [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 12].

Bei Unfällen mit Sachschaden wird zwischen schwerwiegenden Unfällen mit nur Sachschaden im engeren Sinne und übrigen Sachschadensunfälle unterschieden. Zur ersten Position zählen alle Unfälle, bei denen als Unfallursache eine Ordnungswidrigkeit oder Straftat im Zusammenhang mit der Teilnahme am Straßenverkehr vorliegt. Gleichzeitig muss mindestens ein Fahrzeug nicht mehr fahrbereit sein und abgeschleppt

werden. Alle anderen Sachschadensunfälle werden in der zweiten Kategorie betrachtet [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 12]. VOLLRATH et al. [2006, S. 23] stellt fest, dass ein Wert von 6.000 € oder mehr annähernd Unfällen der Kategorie schwerwiegende Unfälle mit nur Sachschaden i.e.S. zugeordnet werden kann.

2.1.8. Fahrmanöver an Knotenpunkten

Bei Fahrmanövern an Knotenpunkten wird zwischen Abbiegen, Einbiegen und Kreuzen unterschieden. Abbiegen bezeichnet das Ausfahren eines Fahrzeugs aus einer bevorrechtigten Straße oder Richtung in eine andere Straße oder Fahrtrichtung. Unter dem Begriff Einbiegen versteht man das Einfahren eines wortepflichtigen Fahrzeuges in eine bevorrechtigte Straße an plangleichen Knotenpunkten [FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN, 2012a, S. 90f]. Durchfährt ein Fahrzeug den Knotenpunkt ohne die Fahrtrichtung zu wechseln kreuzt es.

2.2. Verkehrsunfälle in Deutschland

Der nachfolgenden Datenauswertung liegen Unfalldaten für die Jahre 2012 bis 2016 zugrunde, um einen besseren Überblick über die Unfallsituation in Deutschland, während diesem Zeitraum, zu bekommen werden im folgenden Abschnitt allgemeine Unfallzahlen vorgestellt.

Statistische Daten über Verkehrsunfälle werden größtenteils vom Statistischen Bundesamt oder von Verbänden der Automobilhersteller aufgestellt. Im Folgenden wird überwiegend auf erstere Quelle zurückgegriffen. Im Jahr 2016 wurden 2.585.300 Unfälle polizeilich erfasst, die Anzahl hat sich im Vergleich zum Jahr 2012 um ca. 7,1 % erhöht [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018b, S. 5]. Trotz des Anstiegs war die Anzahl der getöteten 2016 so gering wie noch nie. Die Statistiken verzeichnen nicht nur einen Anstieg der Unfälle sondern auch eine permanente Zunahme an zugelassenen Kraftfahrzeugen (Kfzs). Der Bestand an Kfzs ist 2016, im Vergleich zum Jahr 2012, um 5,3 % gestiegen [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018b, S. 5]. Mit dem Bestand an Kraftfahrzeugen stieg auch die Gesamtfahrleistung. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Gesamtfahrleistung von Pkws wesentlich geringer ist, als mit Lkws [BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR, 2017, S. 150]. Die Versicherungswirtschaft hingegen gibt ca. 9.247.000 Kfz-Schäden pro Jahr an [BURG et al., 2017, S. 27]. Es werden also viele Unfälle, bei denen wahrscheinlich größtenteils nur kleine Schäden entstanden, nicht polizeilich aufgenommen. Bei sämtlichen Statistiken sollte daher bei der Betrachtung und Analyse immer Berücksichtigt werden, dass es eine gewisse Dunkelziffer gibt, über die keine Informationen vorliegen.

Als erster Schritt für die Gruppierung von Unfällen, hinsichtlich des Unfallhergangs, eignen sich die dreistelligen Kodierungen des Unfalltypenkatalogs der GDV [VOLLRATH et al., 2006, S. 18]. Die Unterteilung der Unfälle in Feintypen wird später zur Bewertung

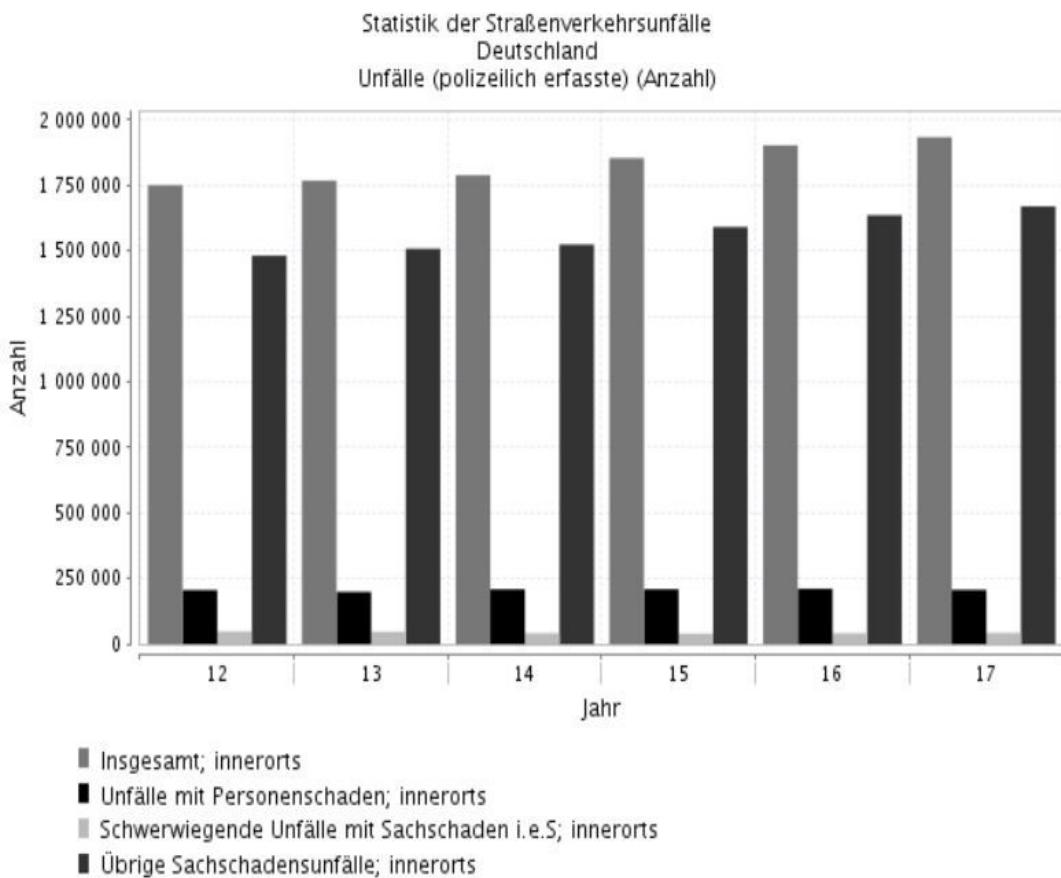
der Fahrsituationen herangezogen. Um einen ersten Überblick über diese zu bekommen, werden einige bereits in den folgenden Kapiteln eingeführt.

2.2.1. Unfälle im urbanen Raum

In dieser Arbeit werden Unfalldaten im urbanen Raum analysiert, weshalb hier vorwiegend Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften näher betrachtet werden. Die nachfolgenden Daten beziehen sich alle auf das Referenzjahr 2016, laut FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN [2012b, S. 11] sind Untersuchungszeiträume von 12 bzw. 36 zusammenhängenden Monaten empfehlenswert. Der Übersichtlichkeit halber wurde hier mit dem Jahr 2016 ein Zeitraum von 12 Monaten gewählt.

Rund 3/4 der polizeilich erfassten Unfälle im Jahr 2016 ereigneten sich auf Straßen im urbanen Raum. Innerorts kommt es zwar häufiger zu Unfällen, die Anzahl der Tödlichen beträgt jedoch nur 29,9 % [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018b, S. 149]. Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften haben aufgrund geringerer Geschwindigkeiten oft weniger schwere Folgen.

Im Jahr 2016 wurden 1,9 Mio. Unfälle von der Polizei im urbanen Raum erfasst. Hierbei kam es bei ca. 11 % zu Unfällen mit Verletzten, dabei wurden 13,8 % schwer und 85,8 % der Verunglückten leicht Verletzt. Ca. 2 % machten schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden aus. Im Vergleich zum Jahr 2012 ist die Anzahl an Unfällen mit leicht Verletzten gestiegen, während die Zahlen der schwer Verletzten und schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden rückläufig sind [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018d, S. 21]. Diese Zahlen verdeutlichen, dass der Anteil an Unfällen die nur zu leichten Sachschäden führten, mit ca. 87 %, innerorts am größten ist. Zur Verdeutlichung dient Abbildung 2.3.



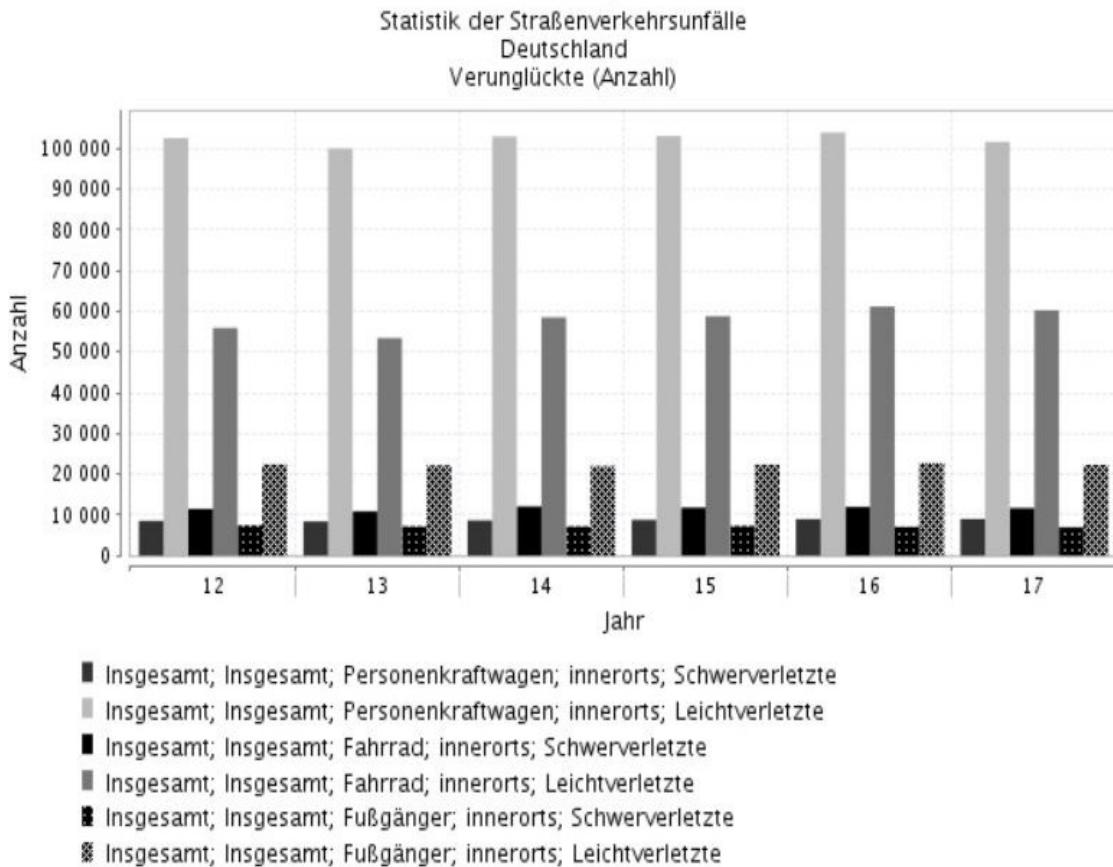
© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

Abbildung 2.3.: Anzahl der innerorts Unfälle in Deutschland nach Unfallkategorie
[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018a]

2.2.2. Verkehrsbeteiligung an Unfällen im urbanen Raum

Mit ca. 59 % sind Pkws 2016 am häufigsten an Unfällen mit Personenschaden beteiligt, am Zweithäufigsten sind Fahrräder involviert (ca. 19 %). Die Beteiligung der Fußgänger ist mit ungefähr 8 % relativ gering [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018d, S. 102]. Radfahrer und Fußgänger sind zwar seltener an Unfällen beteiligt, dafür kommt es aufgrund des geringen Schutzes der Beteiligten zu schwereren Folgen. Ungeschützte Verkehrsteilnehmer machen mehr als die Hälfte der Getöteten bei Unfällen, die sich innerorts ereignen, aus [SCHREIBER, 2014, S. 221]. Bei Unfällen mit Verletzten waren 2016 bei ca. 29 % Radfahrer und bei ca. 12 % Fußgänger betroffen. Den größten Anteil hatten Pkws mit ungefähr 44 % [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018d, S. 139-142]. Hierbei muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den Verletzten im Pkw

größtenteils um leicht Verletzte handelt, während Unfälle mit Fahrrad- oder Fußgärtnerbeteiligung häufiger zu schweren Verletzungen führen [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018d, S. 145-148]. Die Verletzungsschwere ungeschützter Verkehrsteilnehmer trägt zur Annahme der *Hypothese 5* in Kapitel 3.1 bei. Abbildung 2.4 gibt einen Überblick über die Anzahl der Unfälle nach Art der Verkehrsbeteiligung.



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

Abbildung 2.4.: Anzahl der Verunglückten in Deutschland nach Art der Verkehrsbeteiligung und Schwere der Verletzung [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018a]

Pkw-Fahrer sind nicht nur häufig an Unfällen mit Personenschaden beteiligt, sie sind auch in mehr als der Hälfte der Fälle die Hauptverursacher. Auffällig oft sind auch Fahrradfahrer mit ca. 16 % Hauptverursacher, während Fußgänger sehr selten die Unfallschuld tragen (4 %) [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018d, S. 105]. In Abschnitt 2.2.5 werden Ursachen, welche zu Unfällen führen genauer betrachtet. Hierbei liegt der Fokus auf den Fehlern der Fahrzeugführer, da sie Hauptverursacher vieler Unfälle sind.

Zu den Fahrzeugführern zählen auch Fahrradfahrer, lediglich das falsche Verhalten der Fußgänger wird extra betrachtet.

2.2.3. Innerorts auftretende Unfalltypen und Unfallarten

Am häufigsten kam es 2016 bei Einbiege-/Kreuz-Unfällen, gefolgt von Unfällen im Längsverkehr zu Personenschaden. Am dritt häufigsten traten Abbiege-Unfälle auf. Diese drei Unfalltypen machten zusammen über 60 % der Unfälle mit Personenschaden innerhalb von Ortschaften aus. Überschreitunfälle kamen seltener vor, führten dafür, da Fußgänger daran beteiligt sind, häufiger zu Getöteten oder Schwerverletzten. Da in den Statistiken nur Unfälle mit Personenschaden, Verunglückten und schwere Unfälle mit Schachschaden berücksichtigt werden machte der Typ Unfall durch ruhenden Verkehr die geringste Anzahl aus [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 68]. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass es innerorts auch im Ruhenden Verkehr häufig zu Unfällen kommt, diese jedoch meist nur zu geringem Sachschaden führen. Diese Unfälle werden selten detailliert in den Statistiken berücksichtigt, da die Dunkelziffer nicht bei der Polizei gemeldeter Unfälle zu hoch ist. Des weiteren gibt es noch die Unfalltypen Fahrunfall und Sonstiger Unfall. Fahrunfälle machen ca. 11 %, Sonstige Unfälle ca. 13 % der Unfälle mit Personenschaden aus [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 68].

Im urbanen Raum spielt die Unfallart „Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ die wichtigste Rolle, sie wurde 2016 bei ca. 33 % der Unfälle mit Personenschaden angegeben. In ca. 15 % der Fälle kam es zu einem „Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“ und zu „Unfällen anderer Art“. Unfallart von ungefähr 13 % der Unfälle war ein „Zusammenstoß zw. Fahrzeug und Fußgänger“ [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 74].

2.2.4. Charakteristiken und Besonderheiten von Unfällen im Urbanen Raum

Fast die Hälfte der Unfälle mit Personenschaden traten 2016 an Kreuzungen (23 %) und an Einmündungen (22 %) auf. Die Unfälle an den Einmündungen hatten schwerere Folgen, da es etwas häufiger zu Getöteten und Schwerverletzten kam [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 88]. Dies soll bei der nachfolgenden Datenanalyse berücksichtigt werden, indem Knotenpunkte im Testgebiet genauer betrachtet werden.

Unfälle bei denen Besonderheiten der Unfallstelle erwähnt wurden traten häufig an Fußgängerfurten, Fußgängerüberwegen und Haltestellen auf. Diese drei Eigenschaften wurden 2016 bei ungefähr 7 % der Unfälle genannt [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 88]. Bei Unfällen mit Radfahrern wird zwischen Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn und Radverkehrsanlagen neben der Fahrbahn unterschieden. Diese zwei Besonderheiten wurden bei ca. 5 % der Unfälle erwähnt. Hierbei ist zu erkennen, dass sich 2016 mehr Unfälle auf Anlagen neben der Fahrbahn ereigneten [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 88]. Häufig sind Radfahrer die sich mit dem Kfz-Verkehr bewegen besser

zu erkennen. Die Feststellung, dass es bei Radverkehrsanlagen neben der Fahrbahn häufiger zu Unfällen kommt führt mit zur Annahme der *Hypothese 7* in Kapitel 3.1.

2.2.5. Häufige Unfallursachen innerhalb geschlossener Ortschaften

Innerorts führte das Fehlverhalten der Fahrer von Pkws mit ca. 66 % am häufigsten zu Unfällen mit Personenschaden. Die bedeutendste Rolle spielte dabei der Fehler „Nichtbeachten der die Vorfahrt regelnden Verkehrszeichen“. Diese Unfallursache wurde 2016 allein bei 15 % aller Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften genannt. Dicht dahinter folgte mit 14 % die Ursache „Ungenügender Sicherheitsabstand“. An dritter Stelle stand die Unfallursache „Fehler beim Abbiegen“ mit 13 %. Hierbei ist auffällig, dass sich über 70 % der Fehler beim Abbiegen nach links ereigneten. Diese Feststellung führt mit zur Annahme der *Hypothese 1* in Kapitel 3.1. Unfälle, bei denen die Unfallursache mit keiner der zahlreichen vorgegebenen Ursachen übereinstimmen, werden der Ursache „Andere Fehler“ zugeordnet. Da häufig keine genaue Ursache bestimmt werden kann machte dieser Punkt mit ca. 14 % ebenfalls einen großen Teil der aufgenommenen Unfälle aus [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 274-277].

Das Fehlverhalten von Radfahrern steht an zweiter Stelle. 19 % der Unfälle mit Personenschaden wurden 2016 durch Fehler von Radfahren verursacht. Die am häufigsten genannte Unfallursache, bei der Unfallaufnahme durch die Polizei, war „Andere Fehler der Fahrer“ sie machte allein 32 % aus. An zweiter Stelle wurde die Ursache „Falsche Straßenbenutzung“ mit 23 % am häufigsten genannt. Oft erwähnt wurde, mit ca. 14 %, auch der Fehler „Verbotswidrige Benutzung der Fahrbahn oder anderer Straßenanteile“ [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 274-277]. Es ist zu erkennen, dass bei den Radfahren im Vergleich zu den Pkw-Fahrern andere Unfallursachen häufig auftreten. Es kommt oft zu Unfällen mit Radfahrern, wenn diese übersehen werden, weil sie z.B. verbotswidrig den Radweg in die falsche Richtung befahren oder den Fußweg benutzen. Die falsche Benutzung von Straßen ist mit einem Pkw deutlich schwieriger und kommt deshalb als Unfallursache nur selten vor.

Fußgänger sind zwar seltener an Unfällen beteiligt, sollen aber aufgrund der häufig schwereren Unfallfolgen nicht vernachlässigt werden. Die am häufigsten genannte Unfallursache bei fehlerhaftem Verhalten der Fußgänger ist „Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn“. Allein diese Ursache wurde 2016 bei fast 80 % der Unfälle erwähnt. Um einen besseren Überblick über das Unfallgeschehen zu bekommen wurde die Ursache durch genauere Beschreibungen, wie die Fahrbahn überquert wird, ergänzt. Am mit Abstand meisten Unfälle ereigneten sich, wenn Fußgänger die Fahrbahn überquerten ohne dabei auf den Fahrzeugverkehr zu achten. Unfall anfällig war auch das plötzliche hervortreten hinter Sichthindernissen. Häufig kam es auch zu falschem Verhalten an Stellen, an denen der Fußgängerverkehr durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen geregelt war [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 304]. Hierbei war vor allem das überqueren einer Fußgängerampel bei rot von Bedeutung [SCHREIBER,

2014, S. 222]. Diese Zahlen tragen mit zur Annahme der *Hypothese 8* in Kapitel 3.1 bei. Weitere 12 % der Unfallursachen wurden ähnlich wie bei den Pkw- und Radfahrern durch „Andere Fehler“ angegeben [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 304].

Unfälle können jedoch nicht nur von Fahrzeugführern oder Fußgängern verursacht werden sondern auch durch allgemeine Ursachen. Hierzu zählen Straßenverhältnisse, Witterungseinflüsse, Hindernisse und sonstige Unfallursachen. Die meisten Unfallursachen wurden 2016 in der Kategorie Hindernisse und sonstige Unfallursachen genannt, wobei die zweite Ursache wesentlich häufiger vorkommt. An zweiter Stelle stehen die Straßenverhältnisse, hier wird am Häufigsten Regen als Unfallursache angegeben gefolgt von Schnee und Eis. Bei den Witterungseinflüssen machte die Unfallursache „blendende Sonne“ mit Abstand den größten Teil aus (83 %). Starker Regen, Hagel, Schneegestöber, etc. werden bei den Witterungseinflüssen an Zweiterstelle genannt, sie machten mit 10 % jedoch einen wesentlich geringeren Teil der Unfallursachen, die zu Personenschäden führen, aus [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 305]. Der hohe Einfluss durch „blendende Sonne“ stellt auch GRÜNDL [2005, S. 151] in seiner Arbeit fest und führt zur Annahme der *Hypothese 9* in 3.1.

Bei den genannten Zahlen muss berücksichtigt werden, dass statistische Informationen allein nicht gut genug sind um relevante oder kritische Fahrsituationen festzustellen. Sie stellen nur das Ergebnis eines Unfalls dar, es wird jedoch nicht untersucht, wie es zu dem Unfall kam. Zudem liegt der Fokus auf Unfällen mit Personenschäden. Für die folgende Datenanalyse werden deshalb die durch die polizeiliche Unfallaufnahme vorliegenden Informationen genauer betrachtet.

2.3. Urbane Fahrsituationen und ihre Sicherheitsbewertung

In Kapitel 2.2 wurden bereits Unfälle und Unfallzahlen innerhalb geschlossener Ortschaften vorgestellt. Es wurde jedoch nicht genauer darauf eingegangen, an welchen Stellen im Straßennetz und in was für Konstellationen sich häufig Unfälle ereignen. „Die Charakteristik des Unfallgeschehens ist auf Abschnitten der freien Strecke und Knotenpunkten grundsätzlich unterschiedlich“ [AURICH et al., 2015, S. 83]. Deshalb werden in diesem Kapitel urbane Fahrsituationen und mögliche Konfliktpunkte, vor allem an Kreuzungen, noch detaillierter betrachtet.

2.3.1. Konfliktpunkte an Knotenpunkten

Da sich 36 % der urbanen Fahrsituationen an Knotenpunkten ereignen [GERSTENBERGER, 2015, S. 40] treten in diesem Bereich häufig Konflikte auf. Hierbei enthalten vor allem die Fahrsituationen Kreuzen, Einbiegen und Abbiegen ein hohes Konfliktpotential, da sich vielfältige Überschneidungen der möglichen Bewegungsbahnen ergeben können [REICHART, 2001, S. 83]. Bei dem Fahrmanöver Abbiegen nach links kommt es am häufigsten zu möglichen Konfliktpunkten, nur geringfügig weniger Konflikte

treten beim Geradeausfahren bzw. Kreuzen auf. Am wenigsten Konflikte ereignen sich beim Rechtsabbiegen. In Abbildung 2.5 werden mögliche Konfliktpunkte und die entsprechenden Verkehrsteilnehmern dargestellt. Sobald bei einem Fahrmanöver andere Verkehrsteilnehmer berücksichtigt werden müssen steigt die Beanspruchung des Fahrers [MAGES, 2008, S. 9]. REICHART [2001, S. 84] bezeichnet das Linksabbiegen bzw. - einbiegen als eine der Fahraufgaben, die am schwierigsten und unfallträchtigsten ist.

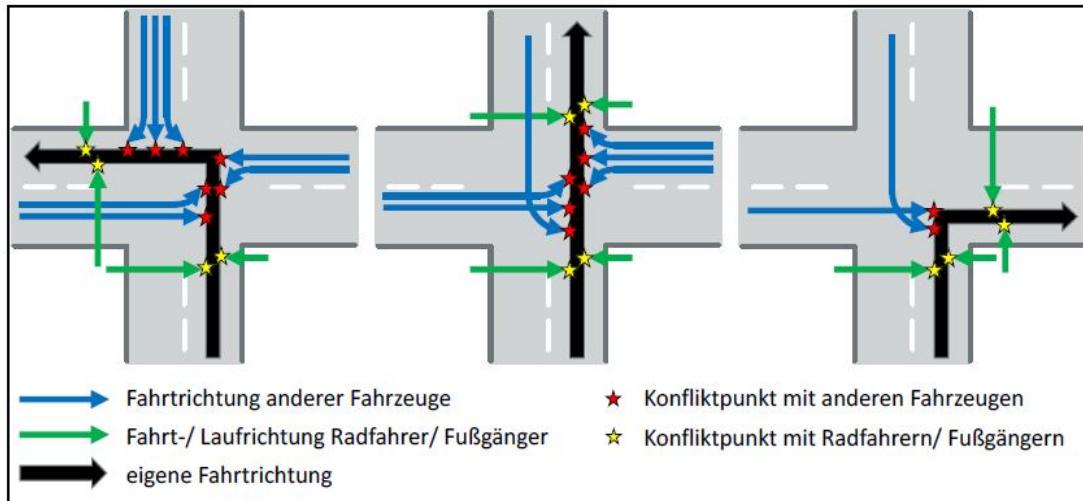


Abbildung 2.5.: Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Geradeausfahren und Rechtsabbiegen [GERSTENBERGER, 2015, S. 41]

Bei den Konfliktpunkten in Abbildung 2.5 treten beim Linksabbiegen am Häufigsten Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen auf, beim Geradeausfahren dagegen mit Verkehrsteilnehmern von rechts. Das Fahrmanöver Rechtsabbiegen führt am Häufigsten zu Unfällen mit von rechts kommenden Radfahrern und Fußgängern. Nicht berücksichtigt wurden mögliche Konflikte mit dem Nachfolgenden Verkehr oder mit Fahrzeugen auf benachbarten Fahrstreifen.

Insgesamt ereignen sich 75 % aller Unfälle an Knotenpunkten beim Abbiegen und das obwohl bei einer Fahrt durchschnittlich nur an jedem fünften Knotenpunkt nach rechts oder links abgebogen wird [GERSTENBERGER, 2015, S. 101-102]. Beim Linksabbiegen kommt es dabei, auf Grund der höheren Komplexität des Abbiegevorgangs, häufiger zu Unfällen als beim Rechtsabbiegen [GRÜNDL, 2005, S. 117]. MAGES [2008, S. 15] stellt bei seinen Analysen fest, dass ungefähr 93 % der Unfälle die beim Einbiegen/Kreuzen entstehen auf die Unfalltypen 301, 302, 303, 321 und 322 in Abbildung 2.7 entfallen. Während an Kreuzungen die meisten Unfälle durch Linksabbieger verursacht werden, kommt es an Einmündungen häufiger zu Unfällen durch Rechtsabbieger [GERSTENBERGER, 2015, S. 102-103].

Einen wesentlichen Einfluss auf den wahrgenommenen Schwierigkeitsgrad stellt neben der Komplexität eine vorhandene Sichtbehinderung dar. Häufig ist es dem Fahrer aufgrund von ständigen, z.B. Häusern, oder beweglichen, z.B. parkende Fahrzeuge, Sichthindernissen nicht möglich sich einen ausreichenden Überblick über die Kreuzung zu verschaffen. Dies führt dazu, dass Verkehrsteilnehmer die vorfahrtsberechtigt sind erst zu spät oder gar nicht erkannt werden [MAGES, 2008, S. 9]. Besonders häufig kommt es hierbei zu schweren Unfällen mit Fußgängern und Fahrradfahrern. Unfälle beim Linksabbiegen können auch zu schweren Folgen führen. Hierbei spielen Sichtbehinderungen jedoch nicht die entscheidende Rolle. Die schweren Folgen sind auf hohe Geschwindigkeiten der entgegenkommenden Verkehrsteilnehmer zurückzuführen [ABDEL-ATY et al., 2005, S. 417]. Ein Ansatz um Fahrsituationen an Knotenpunkten besser beurteilen zu können ist es, sie in unterschiedliche Segmente einzuteilen. GERSTENBERGER [2015, S. 112] unterscheidet zwischen den Segmenten: Annähern, Verzögern, Querung I, Querung II und Verlassen. Die Segmente werden hierbei in der genannten Reihenfolge durchfahren. Jede Teilaufgabe innerhalb eines Segments führt zu einer bewussten Entscheidung, hierbei können mögliche Fehlerquellen entstehen [GERSTENBERGER, 2015, S. 25].

Untersuchungen von GERSTENBERGER [2015, S. 112] haben ergeben, dass die häufigste Unfallursache beim Unfallverursacher das Missachten der Vorfahrtsregelung ist, gefolgt von Fehlern beim Abbiegen. Die Unfallursachen welche beim Unfallgegner am meisten genannt werden sind falsche Straßenbenutzung, Geschwindigkeitsmissachtung und Missachtung der Vorfahrtsregelung.

Innerorts werden in einer Stunde Fahrt ca. 80 bis 120 Knotenpunkte passiert, davon wird ca. die Hälfte mit einer Lichtsignalanlage geregelt [REICHART, 2001, S. 114]. Durch den Einsatz von Lichtsignalanlagen können die Konfliktpunkte an plangleichen Knotenpunkten reduziert werden [REICHART, 2001, S. 83]. Dies geschieht, indem gewisse Verkehrsströme nie gleichzeitig grün erhalten dürfen. ABDEL-ATY et al. [2005, S. 417] stellt bei seinen Untersuchungen hingegen fest, dass sich an Kreuzungen mit LSA häufiger Unfälle ereignen als an Kreuzungen mit Stoppschild oder Vorfahrtachtenzeichen. Dies kann daran liegen, dass lichtsignalgeregelte Knotenpunkte meist ein wesentlich höheres Verkehrsaufkommen aufweisen. Im Folgenden Kapitel werden Konfliktpunkte an Knotenpunkten mit einer LAS genauer betrachtet.

Konflikte im Bereich von lichtsignalisierten Knotenpunkten

Im Bereich von lichtsignalisierten Knotenpunkten stellen Abbiegeunfälle den häufigsten Unfalltyp dar. Sowohl beim Links- als auch beim Rechtsabbiegen treten häufig Konfliktpunkte auf. Beim Linksabbiegen kommt es vor allem zu Konflikten mit dem gleichzeitig freigegebenen Gegenverkehr [SCHREIBER, 2016, S. 273], Unfalltyp 21 in Abbildung 2.6. Es treten aber auch Konflikte mit dem Fußgänger- und Radverkehr auf parallel freigegebenen Nebenanlagen auf. Diese werden in den Unfalltypen 221 bis 224 in Abbildung 2.6 dargestellt. Beim Rechtsabbiegen kommt es ebenfalls oft zu Konflikten

mit Radfahrern und Fußgängern, die sich parallel bewegen [SCHREIBER, 2016, S. 273]. Sie Stellen die Unfalltypen 241 bis 244 in Abbildung 2.6 dar. Zudem spielen Unfälle mit dem nachfolgenden Verkehr eine große Rolle. Hierbei handelt es sich meist um Auffahrunfälle, wegen zu geringem Sicherheitsabstand.

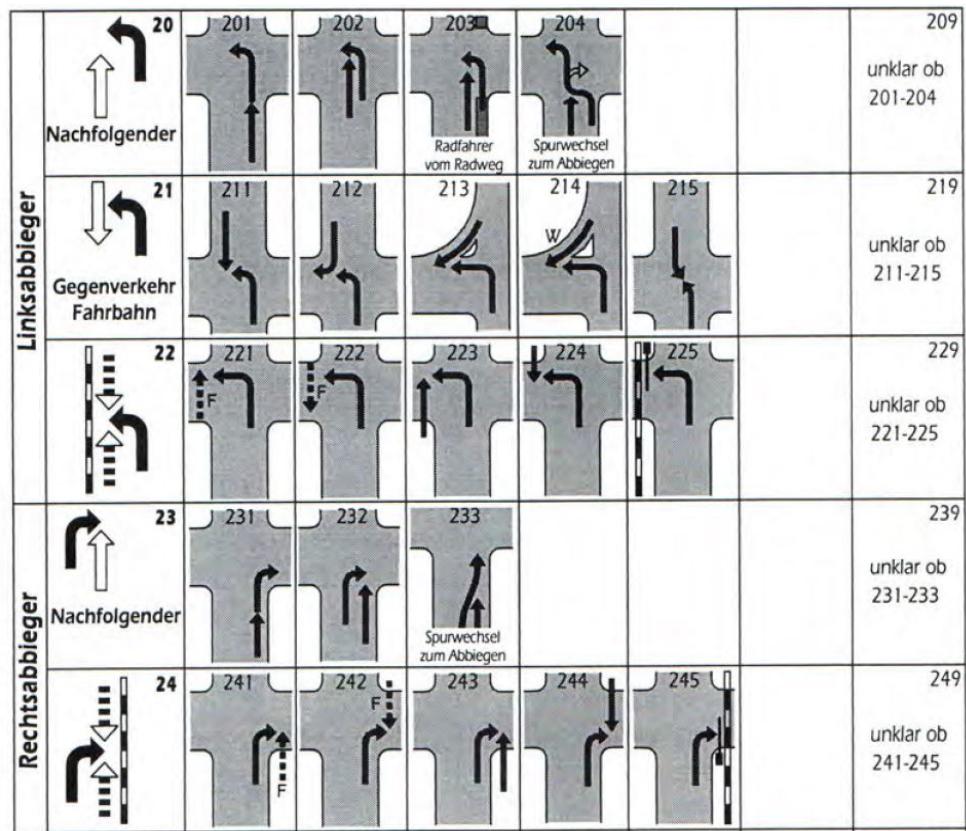


Abbildung 2.6.: Mögliche Unfalltypen beim Abbiegen [GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 11].

Am zweithäufigsten kommt es an Knotenpunkten mit LAS zu Unfällen im Längsverkehr. Bei fast 70 % der Unfälle wird hier die Unfallursache „ungenügender Sicherheitsabstand“ angegeben, es kommt daher häufig zu Auffahrunfällen mit dem Vorausfahrenden oder einem Fahrzeug, das bereits an einer Ampel wartet. Darauf folgen die Ursachen „Fehler beim Fahrstreifenwechsel“ und „unangepasste Geschwindigkeit“ [SCHREIBER, 2016, S. 273]. Bei Unfällen im Längsverkehr hat die Verkehrsstärke einen zusätzlichen Einfluss auf die Zahl der Unfälle. Hier sind vor allem leichtere Unfälle betroffen [AURICH et al., 2015, S. 86]. Diese Informationen führen zur Annahme der Hypothese 3 in Kapitel 3.1.

Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle sollten an Knotenpunkten mit einer Lichtsignalanlage eigentlich nicht auftreten. Kreuzende Verkehrsströme, sogenannte nicht verträgliche

Ströme, dürfen nicht in der gleichen Signalphase grün erhalten. Trotzdem ereignen sich auch solche Unfälle. Diese werden dann durch die Unfallursache Rotlichtverstoß verursacht [SCHREIBER, 2016, S. 274].

Die oben genannten Konfliktpunkte können zum Teil durch einfache Maßnahmen verringert werden. An stark frequentierten Knotenpunkten sollte innerorts immer gesichertes Linksabbiegen zur Anwendung kommen [SCHREIBER, 2016, S. 275]. Werden die Linksabbieger an Lichtsignalanlagen mit eigenem Signal in einer separierten Phase geführt ist es möglich die oben genannten Konfliktpunkte zu reduzieren. Linksabbiegestreifen ohne eine eigene Signalphase tragen nicht zur Reduktion der Konfliktpunkte bei. Dies führt zur Annahme der *Hypothese 2* in Kapitel 3.1. Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern können verringert werden, indem der Sichtkontakt zum Kraftfahrzeug gewährleistet wird. Ist dies nicht möglich können auch hier gesonderte Signalisierungen der Abbieger und Radfahrer/Fußgänger zum Einsatz kommen. Werden Radfahrer auf Radverkehrsanlagen in Nähe der Fahrbahn geführt kann der Sichtkontakt ebenfalls verbessert werden. Sobald Radwege eine Furtabsetzung, die größer als zwei Meter ist, haben kommt es zu Beeinträchtigungen der Sichtbeziehungen [SCHREIBER, 2016, S. 276f].

Konflikte an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage

An innerstädtischen Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage (LSA) kommt es am häufigsten bei Einmündungen und Kreuzungen mit der Regel Vorfahrt gewähren zu Unfälle. Hierbei kann das Einbiegen aus einer wartepflichtigen Straße ohne LSA als eine der schwierigsten Fahraufgaben eingestuft werden [REICHART, 2001, S. 90]. Am meisten Kollisionen ereignen sich, wenn es zu einem Konflikt mit dem vorfahrtsberechtigten Querverkehr kommt. Der Unfalltyp 342, Konflikt mit einem querenden Radfahrer von Rechts, welcher in Abbildung 2.8 dargestellt wird tritt dabei am häufigsten auf. An zweiter und dritter Stelle steht der Konflikt mit einem bevorrechtigten Fahrzeug von links. Hier spielen die Unfalltypen 302 und 301 die wichtigste Rolle, sie werden in Abbildung 2.7 dargestellt. Etwas seltener kommt es zu Konflikten mit querenden Fahrzeugen von rechts. Konfliktpunkte ereignen sich jedoch nicht nur mit dem Querverkehr sondern auch mit nachfolgenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen, Unfalltyp 201 und 202 in Abbildung 2.6.

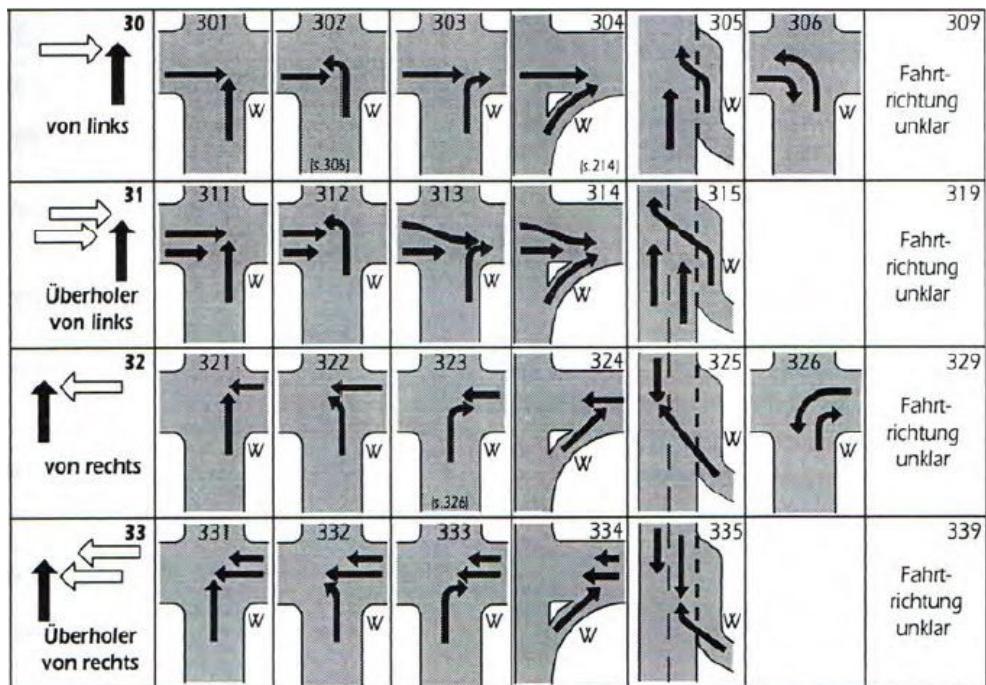


Abbildung 2.7.: Mögliche Unfalltypen beim Einbiegen/Kreuzen [GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 13]

2.3.2. Urbane Fahrsituationen mit geringen Geschwindigkeiten

Innerorts kommt es häufig zu kleineren Unfällen mit geringen Geschwindigkeiten. Wie bereits erwähnt ist die Dunkelziffer der nicht Erfassten Unfälle mit Sachschaden sehr hoch. Viele Unfälle werden gar nicht erst gemeldet und diejenigen die von der Polizei aufgenommen werden beinhalten meist zu wenig Information über den Unfallablauf. Ein Grund für die oftmals nicht vorhanden Informationen ist, dass die vorhandenen Unfalltypen für Unfälle mit Personenschäden ausgelegt sind. GSCHWENDTNER [2015, S. 58] hat sich detaillierter mit Fahrsituationen und Konflikten befasst die zu Unfällen mit Sachschaden führen und eine neue Unfalltypen Kategorie „Detaillierung Sachschaden“ aufgestellt. Diese wird in vier weitere Untergruppen (Rangieren, Konflikte mit Objekten, Konflikte beim Ein- und Ausparken und weitere Konflikte) aufgeteilt. Somit wird es ermöglicht Situationen mit niedrigen Geschwindigkeiten genauer zu klassifizieren.

Besonders häufig ereignen sich Unfälle beim Rückwärtsfahren. Hier bei kommt es ähnlich oft zum Konflikt mit einem kleinen Objekt, bis zu 10 cm Durchmesser, wie zum Konflikt mit einem großen Objekt, z.B. einer Wand oder Mauer. Häufig ereignen sich auch Konflikte mit einem mittleren Objekt. Hier führt die Konstellation Objekt auf der rechten Seite des Fahrzeugs und Lenkeinschlag nach rechts häufig zu Konflikten. Seltener kommt es beim Vorwärtseinparken zu einem Konflikt mit der Bordsteinkante oder zu Konfliktpunkten beim Rückwärtsausparken aus einer

Quer- bzw. Schrägparklücke. Die Unfalltypen sind so gestaltet, dass nicht nur die Fahrtrichtung und der Lenkeinschlag angegeben wird, sondern auch die Objektgröße und die Position des Objekts bzw. des Fahrzeugs mit dem es zu einem Konflikt kam [GSCHWENDTNER, 2015, S. 58-61]. Die vier oben genannten Konfliktsituationen stellen nur einen kleinen Auszug dar. Betrachtet man den bereits definierten Typ Unfall durch ruhenden Verkehr sind zwei Unfallkonstellationen auffällig. Hierbei kommt es häufig zu Konflikten von sich im fließenden Verkehr bewegenden Fahrzeugen, mit Fahrzeugen die längs am Straßenrand parken oder Ausparken [VOLLRATH et al., 2006, S. 53]. Hieraus ergibt sich *Hypothese 4* in Kapitel 3.1.

2.3.3. Konfliktpunkte zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern

In Kapitel 2.3.1 wurden bereits Konfliktpunkte mit Radfahrern erwähnt. Da innerorts, trotz geringerer Verkehrsbeteiligung, jeder vierte Verunglückte ein Radfahrer ist [SCHREIBER et al., 2014, S. 303] und die Anzahl an Verunglückten bei Radfahrern in den letzten Jahren weniger stark abgenommen hat [BELOW, 2016, S. 7] werden Unfälle mit der Beteiligung von Fahrradfahrern hier nochmals genauer betrachtet. Zu Beginn soll drauf hingewiesen werden, dass Radfahrunfällen, besonders bei Alleinunfällen und Unfällen mit geringen Verletzungen häufig nicht bei der Polizei gemeldet werden. Laut einer Studie von BELOW [2016, S. 80] sind möglicherweise bis zu 88 % der Fahrradunfälle, die zu einer Verletzung des Radfahrers führen, nicht in den Statistiken enthalten. Es besteht also eine erhebliche Dunkelziffer in diesem Bereich. Im Folgenden werden Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage gemeinsam bei der Analyse von Konfliktpunkten mit Radfahrern berücksichtigt.

Ungefähr 90 % [BELOW, 2016, S. 10] der Radfahrer verunglücken innerhalb von Ortschaften dabei sind sie laut SCHREIBER et al. [2014, S. 303] beim Einbiegen-/Kreuzen am Häufigsten an Unfällen beteiligt. Der bei den lichtsignalisierten Knotenpunkt mit Abstand am Häufigsten auftretende Abbiegeunfall steht hier nur an zweiter Position. Unfälle beim Einbiegen/Kreuzen entstehen, wenn es zu einem „Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtsberechtigten“ [GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT e.V., 2016, S. 12] kommt. Da sowohl Kfz- als auf Radfahrer häufig ihrer Wartepflicht nicht nachkommen sind Konfliktpunkte vor allem an Knotenpunkten mit der Regelung rechts-vor-links oder Vorfahrtachten unumgänglich. Ein Beispiel für häufige Konfliktpunkte mit Radfahrern sind die Unfalltypen 341 bis 344 die in Abbildung 2.8 dargestellt werden.

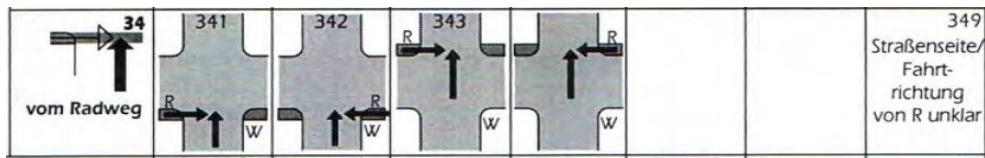


Abbildung 2.8.: Mögliche Unfalltypen, beim Einbiegen/Kreuzen mit der Beteiligung von Radfahrern [GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 13]

Beim Abbiegen muss „ein abbiegendes Fahrzeug dem geradeaus fahrenden Radfahrer die Vorfahrt gewähren“ [SCHREIBER et al., 2014, S. 303]. Hierbei kommt es vor allem beim Rechtsabbiegen häufig vor, dass Radfahrern die Vorfahrt genommen wird. Teilweise kommt es aufgrund von Sichthindernissen trotz vorsichtigem Verhalten der Kraftfahrzeugführer zu Unfällen. Hierbei sind vor allem Situationen, in denen sich Radfahrer mit hoher Geschwindigkeit von Hinten nähern besonders kritisch. Hinzu kommt, dass Radfahrer häufig den Radweg in die falsche Richtung befahren oder den Knotenpunkt nicht innerhalb der vorgeschriebenen Markierung überqueren. Mit diesen Situationen rechnet der Fahrer eines Kraftfahrzeugs nicht zwangsläufig und es kann passieren, dass er den Radfahrer zu spät erkennt. Häufig kommt es auch zu Konfliktsituationen, wenn Kfz-Fahrer den Schulterblick beim Abbiegen nicht durchführen und aufgrund dessen Radfahrer übersehen. Beim Linksabbiegen kommt es deutlich seltener zu Unfällen mit Radfahrern, da die Bereiche häufig für den Kfz-Fahrer besser einsehbar sind. Dies führt mit zur Annahme der *Hypothese 6* in Kapitel 3.1.

Möglichkeiten diese Konflikte zu reduzieren zeichnen sich auch hier durch die Vermeidung von Sichthindernissen und einer Führung der Radfahrer auf der Fahrbahn im Mischverkehr oder zumindest in Fahrbahnnähe aus. Zusätzlich müssen Sichtfelder für den Schulterblick freigehalten werden und eine entsprechende Gestaltung der Radwege im Kreuzungsbereich (z.B. Roteinfärbung) kann zu erhöhter Aufmerksamkeit führen [SCHREIBER et al., 2014, S. 309]. Radfahrer sind in 41,5 % [BELOW, 2016, S. 10] der Fälle selbst Hauptverursacher, es besteht also auch auf Seiten der Radfahrer ein großes Unfallvermeidungspotential, wenn sie ihr Verhalten anpassen und sich regelkonform verhalten. Das am Häufigsten auftretende Fehlverhalten auf Seiten der Radfahrer stellt die falsche Straßenbenutzung dar.

2.3.4. Konflikte außerhalb von Knotenpunkten

Außerhalb von Knotenpunkten treten vor allem die Unfalltypen Fahrunfall und Unfall im Längsverkehr auf. Innerhalb geschlossener Ortschaften spielt der Typ Fahrunfall eine geringe Rolle und soll hier nicht weiter beachtet werden. Bei Unfällen im Längsverkehr kommt es, aufgrund des dichten Stadtverkehrs, häufig zu Unfälle die durch Abstandsfehler oder Fehler beim Spurwechsel auf mehrstreifigen Fahrbahnen entstehen [SCHMIDT, 2010, S. 25].

Überschreiten-Unfälle stellen einen weiteren Unfalltyp dar, der sich auch außerhalb von Knotenpunkten ereignet. Sie treten oft an Punkten von großem Interesse auf, an denen Fußgänger die Fahrbahn queren ohne Querungshilfen zu verwenden. Hierbei kann es sich um Unfälle in einer Einkaufsstraße mit vielen Geschäften auf beiden Fahrbahnseiten, oder Bereiche in der Nähe von Haltestellen des öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) handeln. Dies trägt mit zu Annahme der *Hypothese 8* in Kapitel 3.1 bei. Bereiche an denen linienfahrt querende Fußgänger verunglücken können auch als „Unfallhäufungslien“ bezeichnet werden [FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN, 2012b, S. 18]. Im Vergleich zu Unfällen an Knotenpunkten treten Überschreiten-Unfälle jedoch eher selten auf.

2.3.5. Konfliktpunkte bei Nacht

Da das menschliche Sehvermögen nachts eingeschränkt ist, treten in der Nacht höhere Unfallraten auf als am Tag. Viele dieser Nachtunfälle ereignen sich außerorts. Lediglich Unfällen mit Fußgängerbeteiligung treten nachts in 90 % der Fällen innerorts auf. Im Winter ereignen sich aufgrund der länger anhaltenden Dunkelheit mehr Unfälle bei Nacht. Zudem treten in den Nächten von Freitag und Samstag bzw. Samstag auf Sonntag mehr Unfälle auf [DEKRA, 2017, S. 12]. Sowohl bei Tag als auch bei Nacht ist die mittlere Unfallschwere bei Unfällen die sich innerhalb geschlossener Ortschaften ereignen am geringsten [DEKRA, 2017, S. 18]. Neben Überschreitunfällen ereignen sich Nachts innerorts Unfälle beim Einbiegen-Kreuzen und im Längsverkehr [DEKRA, 2017, S. 26].

2.4. Menschliches Verhalten im Straßenverkehr

Wie bereits erwähnt wird die Mehrheit der Unfälle durch menschliche Fehler ausgelöst. Um zu verstehen, wie es zu Fehlern im Straßenverkehr kommt, müssen zunächst die Aufgaben betrachtet werden, die ein Fahrer bei der Fahrzeugführung erfüllen muss. Zusätzlich ist zu beachten, dass verschiedene Situationen, je nach Komplexität, zu einer unterschiedlich starken Belastung der Fahrer führen. Diese beiden Punkte sollen in Kapitel 2.4.1 betrachtet werden. Kapitel 2.4.2 befasst sich mit der Entstehung der Fehler und gibt einen Ausblick, was bei der Unfallaufnahme im Bezug auf menschliche Fehler berücksichtigt werden muss.

2.4.1. Der Mensch als Fahrzeugführer

Die Fahranforderungen an den Menschen können durch das Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung beschrieben werden. Die drei Komponenten Navigation, Führung und Stabilisierung bilden das Modell und stellen unterschiedliche Anforderungen an den Fahrer. Die Aufgaben der drei Ebenen können nicht unabhängig voneinander

betrachtet werden, da sie sich gegenseitig beeinflussen bzw. aufeinander aufbauen. Die Navigationsebene beinhaltet z.B. die Wahl der Fahrtroute um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Die Führungsebene umfasst dagegen für die Umsetzung der ausgewählten Route notwendigen Aufgaben (z.B. Abbiegen an einem Knotenpunkt) und auf der Stabilisierungsebene werden die Fahranforderungen für die Längs- und Querführung des Fahrzeugs zusammengefasst (z.B. Lenk- und Bremsvorgänge) [GERSTENBERGER, 2015, S. 16]. Zusätzlich kann noch nach dem Grad der kognitiven Beanspruchung unterschieden werden. Die Verhaltensweisen treten entweder wissensbasiert, regelbasiert oder fähigkeitsbasiert auf. Tätigkeiten auf der Navigationsebene sind eher wissensbasiert, fähigkeitsbasierte Tätigkeiten sind auf der Stabilisierungsebene zu erkennen und regelbasierte auf der Führungsebene [GRÜNDL, 2005, S. 45].

Der Bremsvorgang stellte ein wichtiges Element der Führungsebene dar. Nur wenn der Fahrer „rechtzeitig“ bremst können Unfälle verhindert oder ihre Folgen verringert werden. Der Bremsvorgang wird in drei Reaktionsphasen eingeteilt: Reaktionsgrundzeit (ca. 0,45 s), Umsetzzeit (ca. 0,19 s) und Ansprechzeit (ca. 0,005 s). Die genannten Werte stellen Mittelwerte dar. Die gesamte Dauer eines Bremsvorgangs liegt ungefähr zwischen 0,40 s und 0,85 s. Bevor der Bremsvorgang eingeleitet werden kann vergeht noch die Zeit zwischen der peripheren Wahrnehmung und der Objektfixierung. Hierfür werden im Schnitt 0,48 s benötigt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit der Gefahrenerkennung die Reaktionsdauer beginnt [BURG et al., 2017, S.153]. Rund die Hälfte aller Kollisionen könnte eben noch verhindert werden, wenn jeder Beteiligte sein unfallvermeidendes Fahrmanöver 0,5-1,0 s früher einleiten würde. Hieraus ist zu erkennen, dass bereits winzige Zeitspannen eine erhebliche Wirkung auf die Verkehrssicherheit haben [BURG et al., 2017, S. 271].

Häufig wird der Mensch als schwächstes Glied im Bereich des Verkehrssystems angesehen, da er Verursacher von rund 95 % der Kollisionen ist. Diese Auffassung sollte jedoch relativiert werden, da ein Aufprall kaum monokausal erklärt werden kann. Betrachtet man das Verkehrsgeschehen als Gesamtsituation und bezieht das Fahrzeug und die Umwelt mit ein kann der Fahrzeugführer ohne Rücksicht auf die Gesamtsituation und ihre Entstehungsbedingungen selten als alleiniger Unfallverursacher genannt werden [BURG et al., 2017, S. 269]. Die Handlungszuverlässigkeit des Menschen nimmt jedoch ab, wenn die Belastung durch die Fahraufgabe und Begleitumstände die aktuelle Leistungsmöglichkeit übersteigen. Die Belastung mit der Straßenverkehr auf den Fahrer einwirkt kann durch statische oder dynamische Faktoren hervorgerufen werden. Im urbanen Raum zählen die Art der Vorfahrtssituation und Signalisierung ebenso wie die Art der Bebauung und z.B. der Straßenbelag zu den statischen Faktoren. Dynamische Einwirkungen haben z.B die Verkehrsstärke, das Fahrmanöver, Wetterbedingungen und Nebenaufgaben. Hierbei ist zu beachten, dass die Schwierigkeit der Fahraufgaben und somit die Belastung auf den Fahrer mit verschlechterten Sichtbedingungen, abnehmendem Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn, geringer Vorhersehbarkeit von Störgrößen, zunehmender Informationskomplexität und zuneh-

mender Entscheidungskomplexität erhöht wird [REICHART, 2001, S. 132]. Hierbei darf nicht vernachlässigt werden, dass auch zu geringe Belastungen nicht optimal sind. Sie können zur Monotonie führen. Der Bereich der optimalen Handlungszuverlässigkeit tritt deshalb bei einer mittleren Belastung auf [BURG et al., 2017, S. 270]. Im Folgenden sollen Fehler des Menschen die zur Entstehung eines Unfalls beitragen können betrachtet werden.

2.4.2. Fehler des Menschen bei der Verkehrsbeteiligung

Bei der Teilnahme am Straßenverkehr kommt es immer wieder zu Fehlern durch Unachtsamkeit oder häufig auch durch Überforderung. Handlungen die nicht an vorliegende Situationen angepasst sind und zu Schäden führen werden als Fehler bezeichnet [GERSTENBERGER, 2015, S. 17]. Es existieren unabhängig vom durchgeführten Fahrmanöver sechs Arten von Fehlhandlungen und Ursachen. Es kann sich dabei um die Vernachlässigung oder Nicht-Ausführung bestimmter Fahraufgaben, Fehlanpassung der Manöver an die Fahrsituation, Fehlinterpretation der Fahrsituation, Fehleinschätzung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, das bewusstes Eingehen von Risiken und Verstößen oder die fehlerhafte Ausführung von Handlungen eignen [VOLLRATH et al., 2006, S. 32f].

Während der erfolgreichen und sicheren Bewältigung einer Fahraufgabe müssen viele Details berücksichtigt werden. Das führt häufig zu einer geteilten Aufmerksamkeit, da die Aufmerksamkeitsressourcen des Menschen gering sind. Das bedeutet der Mensch ist, sobald er einen Fehler macht, nicht immer Unaufmerksam, teilweise kann die Aufmerksamkeit in komplexen Situationen nicht richtig gesteuert werden. Zudem gibt es noch den Effekt der Unaufmerksamkeitsblindheit und der Veränderungsblindheit, die dazu führen können, dass der Fahrer Objekte nicht wahrnimmt obwohl er in die entsprechende Richtung schaut [GERSTENBERGER, 2015, S. 31-33]. Häufig treten daher Fehler im Ablauf des Wahrnehmungsprozesses, bei der Informationsaufnahme und bei der Informationsverarbeitung auf [DEKRA, 2017, S. 47]. Erkennungs- und Entscheidungsfehler spielen bei Unfallursachen eine wichtige Rolle, Ausführungsfehler hingegen treten seltener auf. GRÜNDL [2005, S. 152] stellt fest, dass bei einer erheblichen Zahl an Unfällen die Sicht der Unfallverursachers beeinträchtigt war. Es war für den Betroffenen also nicht möglich die Situation richtig zu erkennen [GRÜNDL, 2005, S. 152]. Oft sind es auch nur kleine Fehler, die der Fahrzeugführer selbst evtl. gar nicht bemerkte, die für den nachfolgenden Verkehr zu kritischen Situationen führen. Ein Beispiel hierfür ist zu starkes Bremsen [HOFFMANN, 2013, S. 1]. Auffällig ist auch, dass Fehler die bereits in der Planungs-/Navigationsebene auftreten zwar in vielen Situationen zu Konfliktsituationen beitragen. Im Vergleich zu Fehlern in der Führungsebene spielen sie jedoch nur eine geringe Rolle [REICHART, 2001, S. 39f]. Ebenso darf nicht vernachlässigt werden, dass Fehler nicht nur beim Unfallverursacher vorliegen, der Unfallbeteiligte kann auch ein fehlerhaftes Verhalten aufweisen [GRÜNDL, 2005, S. 107].

Ein Unfall hat meist mehrere Ursachen, so dass eine eindeutige Zuteilung zu einer Kategorie sehr schwierig ist [GRÜNDL, 2005, S. 78]. Häufig wird auch von technischem Versagen der Fahrer-Fahrzeug Einheit gesprochen. Dadurch wird beiden Komponenten, dem Fahrer und dem Fahrzeug, ein Anteil an der Entstehung eines Unfalls zugeordnet. Das gilt auch für die Einheit Fahrer-Fahrzeug-Umwelt. Aktuell wird der Fahrerkomponente der größte Anteil zugesprochen. Dieser könnte bei komplett automatisierten Fahrzeugen entfallen. Dafür müsste dann evtl. der neue Punkt der Fahrzeug-Umwelt Kommunikation ergänzt werden. Hier muss sich die Frage gestellt werden, ob dies zu vielen neuen Konfliktpunkten führt oder ob das Unfallrisiko verringert werden kann, wenn die Fahrerkomponente wegfällt [BOCK, 1989, S. 70]. Mit den Möglichkeiten die automatisierte Fahrzeuge mit sich bringen befasst sich Kapitel 5. „Laut German in Depth Accident Study (GIDAS)-Datenbank, einer von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) seit 1973 geführte Datenbank, in der Verkehrsunfälle vertieft untersucht werden, sind 93,5 % der Unfallursachen auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen“ [GRÜNDL, 2005, S. 10]. Die genauen Ursachen für dieses menschliche Fehlverhalten wurden bis jetzt jedoch schlecht untersucht. Häufig werden nur oberflächliche Zahlen analysiert. Es ist z.B. bekannt, dass der Fahrer die Vorfahrt Missachtet hat und es deshalb zu einem Unfall kam, offen bleibt jedoch Die Frage, warum es zu der Vorfahrtsmissachtung kam.

Bei der Unfallaufnahme muss berücksichtigt werden, dass Fehler die der Fahrer nicht von sich aus zugibt der Polizei auch nicht bekannt sind. In der Verkehrsunfallanzeige werden daher nur Fehler erwähnt, die offensichtlich sind (z.B. Vorfahrtsmissachtung) oder nachgeprüft werden können (z.B. Alkohol) [GRÜNDL, 2005, S. 27]. Zudem werden Erkenntnisse, die sich erst später z.B. aus der Unfallrekonstruktion ergeben nur selten in der Unfallanzeige nachgetragen. Es ist auch auffällig, dass vielen Unfallaufzeichnungen sehr allgemeine Ursachen zugewiesen werden. Diese sind im Sinne einer objektiven Aufklärung oft nicht Aussagekräftig genug [DEKRA, 2017, S. 11]. Ähnlich ist es mit den amtlichen Statistiken, sie genügen aus um einen Fehler im Sinne eines konkreten Fahrverhaltens zu beschreiben. Will man hingegen verstehen, warum ein Fehler auftrat werden psychologische Fehlerklassifikationssysteme, denen ein fundiertes Modell menschlichen Handels zugrunde liegt benötigt [GRÜNDL, 2005, S. 79]. Ein Beispiel für die eher geringe Aussagekraft von Statistiken ist, dass in Deutschland das Merkmal „Ablenkung“ bis jetzt gar nicht in Unfallstatistiken berücksichtigt wird. Obwohl es eines der in der Öffentlichkeit am Häufigsten diskutierten Themen ist. Ein Beispiel sind Unfälle durch Ablenkung aufgrund Handybenutzung während der Fahrt [DEKRA, 2017, S. 42].

2.5. Ansätze zur Bewertung von Fahrsituationen

Im Verlauf dieser Arbeit sollen Fahrsituationen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz bewertet werden. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über bereits vorhandene Ansätze

zur Bewertung von Fahrsituationen bzw. Konflikten.

2.5.1. Risikoverteilung auf Unfalltypen

GSCHWENDTNER [2015, S. 60] bewertet Unfalltypen anhand einer Risikoverteilung. Da der Fokus in seiner Arbeit auf Unfällen mit Sachschaden liegt wird die Höhe des aufgetretenen Sachschadens mit Hilfe von Schadenspunkten und die Häufigkeit eines Unfalls betrachtet. Diese zwei Größen werden in ein Diagramm eingetragen (vgl. Abbildung 2.9). So kann mit Hilfe von Risikoäquivalenten, die durchgehende Linie stellt die geringste Risikoäquivalente dar, abgelesen werden, welcher Unfalltyp das höchste Risiko aufweist. Es können sowohl häufig auftretende Unfälle mit geringem Schaden als auch Unfalltypen die sich selten ereignen aber zu hohem Schaden führen als Risikoreich bezeichnet werden. Auch MAGES [2008, S. 14] bezeichnet nicht nur Situationen die besonders schwere Folgen haben als kritisch, sondern auch häufig auftretende Konflikte mit geringeren Folgen.

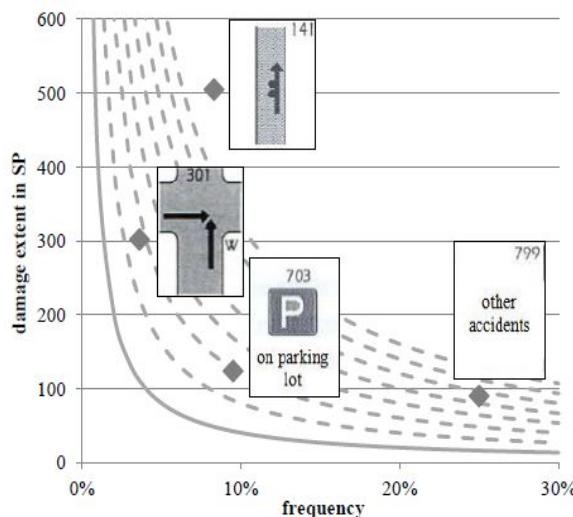


Abbildung 2.9.: Risikoverteilung auf Unfalltypen nach [GSCHWENDTNER et al., 2014, S. 376]

Häufig werden kleinere Unfälle, wie bereits schon erwähnt, gar nicht von der Polizei aufgenommen. Um die Bewertung für die vorhandenen Daten übernehmen zu können müsste daher neben der Häufigkeit eine andere Bewertungsmöglichkeit gewählt werden. Anstelle der Schadenspunkte wäre eine Unterteilung der Unfallschwere in fünf Stufen (Kleinunfall, schwerer Sachschaden, leicht Verletzt, schwer Verletzt, getötet) denkbar.

2.5.2. Relatives Risiko

GRÜNDL [2005, S. 112f] erläutert in seiner Arbeit die Berechnung des Relativen Risikos. Dieses kann verwendet werden, um Auswirkungen bestimmter Risikovariablen wie z.B. Fehler, Verhaltensweisen oder Eigenschaften auf die Entstehung von Unfällen zu beschreiben. Er unterscheidet bei der Berechnung zwischen Verursacher und Beteiligter. Das Relativer Risiko berechnet sich aus dem Quotienten der Unfallverursachungsrate bei Verursachern und der Unfallverursachungsrate bei Beteiligten. Des weiteren wird bei der Berechnung berücksichtigt, ob ein bestimmter Risikofaktor (z.B. Sonnenblende) zum Unfallzeitpunkt auftrat. Der Risikofaktor bildet dabei die unabhängige Variable, der Faktor der Unfallverursachung dagegen die abhängige. Zur besseren Veranschaulichung dient die Vier-Felder-Tafel in Abbildung 2.10.

		Unfallverursachung	
		+	-
Risikofaktor	+	a	b
	-	c	d

Abbildung 2.10.: Vier-Felder-Tafel zur Veranschaulichung der Berechnung des Relativen Risikos [GRÜNDL, 2005, S. 113]

Felder die mit einem „+“ gekennzeichnet sind haben eine positive Variablenausprägung, es handelt sich beim Fahrer z.B. um einen Unfallverursacher bzw. ein Risikofaktor trat zum Unfallzeitpunkt auf. Ein „-“ bedeutet, dass eine Variablenausprägung negativ ist. Das Relative Risiko berechnet sich dann folgendermaßen:

$$\text{RelativesRisiko} = \frac{a}{a+b} : \frac{c}{c+d} \quad (2.1)$$

Der Wertebereich kann dabei von 0 bis unendlich reichen. Ein Wert über 1 gibt eine Erhöhung des Risikos, ein Wert unter 1 eine Reduzierung an. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Genauigkeit von der Stichprobengröße abhängig ist. Je mehr Daten vorliegen, desto genauer kann das Relative Risiko berechnet werden.

2.5.3. Risikograph

HILLENBRAND [2011, S. 50f] stellt den Risikograph nach DIN V 19250 vor. Die DIN V 19250 wurde zwar 2004 zurückgezogen, da sie Teilweise nicht mit der DIN EN

61508 übereinstimmt, der Graph soll hier jedoch trotzdem erläutert werden. Da er bei Bewertungen von Situationen und Unfälle durchaus nützlich sein kann.

Um Systeme so zu entwickeln, dass Gefährdungen möglichst vermieden werden, werden Systeme in Kategorien eingeordnet. Jede Kategorie bezieht sich auf ein qualitativ oder quantitativ festgelegtes Risikointervall und ist direkt mit Anforderungen an die Sicherheit des Systems verbunden. Das Risiko wird hier als Paar aus Ereignishäufigkeit H und Schadensausmaß S angenommen. Die Häufigkeit H wird weiter unterteilt in Aufenthaltsdauer A, Gefahrenabwehr G und Wahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses W. Der Risikograph in Abbildung 2.11 dient der Kategorisierung von Systemen. Die Einordnung in die Kategorien a bis h erfolgt durch die Betrachtung der Variablen S, A, G und W in Tabelle 2.1. Hierbei gilt, je höher der Ordnungswert, desto höher ist das mit dem System verbundene Risiko.

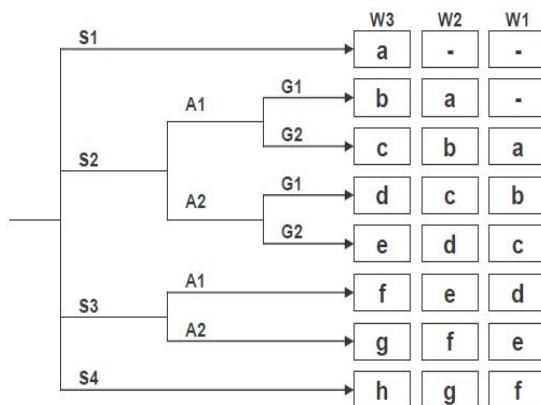


Abbildung 2.11.: Risikograph nach DIN V 19250 [HILLENBRAND, 2011, S. 51]

2.5.4. Gefährdungs- und Risikoanalyse

„Teil 3: Konzeptphase der ISO 26262“ enthält eine Gefährdungs- und Risikoanalyse. Diese ist auf den Automobilbereich zugeschnitten und klassifiziert Gefährdungen anhand der in Tabelle 2.2 dargestellten Kriterien.

Die Klassifizierungen in Tabelle 2.2 dienen der Gefährdungsbestimmung nach Abbildung 2.12. Während QM nur einfache Maßnahmen des Qualitätsmanagements betrifft erfordern die Werte A bis D spezielle Maßnahmen. Die Werte werden auch als Automotive Safety Integrity Levels (ASILs) bezeichnet und stellen Klassen zur Spezifizierung der notwendigen Sicherheitsanforderungen des Systems, um ein akzeptables Risiko zu erzielen, dar. Die höchste Klasse ist ASIL D, sie erfordert die effektivsten Maßnahmen [HILLENBRAND, 2011, S.94ff].

2. Grundlagen

Tabelle 2.1.: Kategorisierung nach DIN V 19250 [HILLENBRAND, 2011, S. 52]

Schadensausmaß	S1	Leichte Verletzung einer Person, kleinere schädliche Umwelteinflüsse
	S2	Schwere irreversible Verletzungen einer oder mehrerer Personen oder Tod einer Person; vorübergehende, größere, schädliche Umwelteinflüsse
	S3	Tod mehrerer Personen; lang andauernde, größere, schädliche Umwelteinflüsse
	S4	Katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote
Aufenthaltsdauer	A1	selten bis öfter
	A2	häufig bis dauernd
Gefahrenabweitung	G1	möglich unter bestimmten Bedingungen
	G2	kaum möglich
Eintrittswahrscheinlichkeit	W1	sehr gering
	W2	gering
	W3	relativ hoch

Tabelle 2.2.: Klassifizierung der Gefährdungen nach ISO 26262 [HILLENBRAND, 2011, S. 95]

Schwere eine möglichen Schadens	S0	Keine Verletzungen
	S1	Leichte bis mittlere Verletzungen
	S2	Schwere Verletzungen, Überleben wahrscheinlich
	S3	Lebensgefährliche Verletzungen, Überleben unwahrscheinlich
Häufigkeit der Fahrsituation	E0	Unvorstellbar
	E1	Sehr niedrige Wahrscheinlichkeit
	E2	Niedrige Wahrscheinlichkeit
	E3	Mittlere Wahrscheinlichkeit
	E4	Hohe Wahrscheinlichkeit
Beherrschbarkeit durch den Fahrer	C0	Im allgemeinen Beherrschbar
	C1	Einfach beherrschbar
	C2	Normalerweise beherrschbar
	C3	Schwierig oder nicht beherrschbar

		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

Abbildung 2.12.: ASIL Bestimmung nach ISO 26262 [HILLENBRAND, 2011, S. 96]

2.5.5. Konfliktschweregrade und Komplexität von Verkehrssituationen

Neben der reinen Unfallanalyse ist es möglich verschiedene Situationen zu betrachten, die zu Konflikten führen, aus denen sich jedoch nicht immer ein Unfall ereignet. ERKE et al. [1978, S. 28] definiert vier Konfliktschweregrade anhand der Zeit die dem Fahrer zur Verfügung steht um auf eine Situation zu reagieren:

- Schweregrad 1: Der Fahrer hat gerade noch genug Zeit um kritische Fahrmanöver kontrolliert auszuführen. Dabei ist zusätzlich Zeit zur Orientierung und Zeit zum Anzeigen der eigenen Absicht (Blinken) vorhanden. Eine Beispielsituation ist kontrolliertes Bremsen und/oder Ausweichen.
- Schweregrad 2: Der Fahrer hat keine Zeit mehr kritische Fahrmanöver kontrolliert durchzuführen. Hierbei kann es sich z.B. um starkes Bremsen und/oder abruptes Ausweichen handeln. Es ist gerade noch genug Zeit vorhanden, die Situation der anderen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen, die Zeit reicht allerdings nicht aus um seine Absicht anzuseigen. Es kann zu Folgekonflikten mit geringem Schweregrad kommen.
- Schweregrad 4: Der Fahrer kann nur durch eine sehr schnelle Reaktion, z.B. Notbremsung, eine Kollision verhindern (Beinahe-Unfall). Er ist dabei nicht mehr in der Lage die Situation der anderen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen. Unter Umständen kommt es zu Folgekonflikten des Schweregrades 2.
- Schweregrad 4: Der Fahrer hat nicht mehr genügend Zeit, um auf den Konfliktgegner zu reagieren. Es kommt zur Kollision.

Die genannten Schweregrade befassen sich nur mit der Zeit die bleibt um unfallvermeidende Fahrmanöver durchzuführen. Es werden keine Beispiele genannt, wann bzw. wo es zu Situationen mit den unterschiedlichen Schweregraden kommen kann.

MEITINGER [2008, S. 33f] dagegen definiert die Komplexität von verschiedenen Verkehrssituationen in drei Kategorien:

- Komplexe Situation: Mehrspurige Fahrbahn in der Kreuzung oder hohe Verkehrsdichte oder hohe Anforderungen an die Spurführung oder unübersichtliche Kreuzung
- Mittel komplexe Situation: Größere Kreuzung (z.B. an einer Bundesstraße) aber kein Hinweis auf höhere Verkehrsdichte oder ungünstige Umweltbedingungen
- Einfache Situation: Kleine übersichtlich Kreuzung

Während die Bewertung der Verkehrssituationen bei der Unfallauswertung berücksichtigt werden kann, ist die Aufteilung der Konflikte in verschiedene Schweregrade nicht hilfreich. Es kam bereits zu einem Unfall es lag also allen Situationen, der Schweregrad 4 zugrunde. Betrachtet man dagegen Fahrsituationen die in einem bestimmten Gebiet auftreten oder markante Knotenpunkte unabhängig von sich bereits ereigneten Unfällen über einen gewissen Zeitraum kann die Unterteilung in Konfliktschweregrade durchaus Sinnvoll sein.

2.6. Weiterer Forschungsbedarf

„Die amtliche Erfassung von Verkehrsunfällen hat in Deutschland eine hohe Qualität“ [BRILON et al., 2016, S. 821]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es in den 60er-Jahren gelungen ist ein bundesweites Erfassung- und Klassifizierungssystem weitgehend einheitlich einzuführen. Grundlage lieferte damals eine von von Pfundt entwickelte „Typisierung der Verkehrsunfälle nach der Art der Unfallentstehung“. Trotz der vermeintlich hohen Qualität liegt die Einführung des Systems nun ungefähr 50 Jahre zurück und müsste überarbeitet werden. Denn manche Teilbereiche werden nicht ausführlich genug erfasst. Auch BÜRGER [1983, S. 69] erwähnte bereits in seiner Dissertation, dass das Erkennen und Nachweisen von Zusammenhängen zwischen zahlreichen Variablen eines Unfalls eine wesentliche Aufgabe der Unfallforschung darstellt. Um diese Zusammenhänge nachweisen zu können müssen jedoch die verschiedenen Variablen der Unfälle genauestens erfasst werden. Dies ist heute, 35 Jahre später, leider immer noch selten der Fall. Es gibt zwar Projekte, wie GIDAS, die sich bemühen Unfalldaten so genau wie möglich zu ermitteln. Doch auch hier werden nur Unfälle genauer erfasst, bei denen es zu einem Personenschaden kam. GSCHWENDTNER [2015, S. 18] stellt im Verlauf seiner Arbeit ebenfalls fest, dass die Klassifizierung von Unfällen auf Personenschäden ausgerichtet ist. Die offiziellen Statistiken ermöglichen keine Aussagen zu konflikt auslösenden Szenarien, Unfallarten und Unfallursachen die lediglich zu Unfällen mit Sachschäden führen. Zu vielen Unfällen die nur zu Sachschäden führen liegen entweder gar keine oder nur sehr unzureichende Informationen vor. Um alle

Umfeldbedingungen für das voll automatisierte Fahren zu erfassen müssen die Dunkelziffern der nicht erfassten Unfälle weitestgehend reduziert werden. Denn nur so gelingt es ein nahezu vollständiges Bild aller Situationen zu erhalten, die zu Konflikten führen können. Hierfür wäre es möglich die bei den Erhebungen z.B. von GIDAS verwendeten Methoden auf Sachschadensunfälle zu übertragen. Zusätzlich müssten wie in Kapitel 2.3.2 bereits erwähnt die Unfalltypen und Unfallarten so angepasst werden, dass bei der Aufnahme von Unfällen mit geringem Schaden aussagekräftige Erkenntnisse entstehen.

Ein weiterer negativer Punkt ist, dass häufig von Unfällen die sich bereits ereignet haben auf mögliche Konfliktpunkte geschlossen wird. Besser wäre es, Konfliktsituationen zu analysieren. Denn Konflikte beschreiben den Ablauf des Verkehrs differenzierter als die Unfälle [ERKE et al., 1978, S. 13]. Trotzdem findet sich wenig Literatur zur Auswertung von Verkehrskonflikten. Die Beobachtung des gesamten Verkehrsablaufs über einen längeren Zeitraum wäre zu Zeitaufwendig. Deshalb werden nur die Situationen bzw. Bereiche analysiert, bei denen es bereits zu Unfällen kam. Hier werden dann zum Teil auch Verkehrsbeobachtungen durchgeführt um die Konfliktsituationen besser analysieren zu können.

3. Methodik

3.1. Hypothesen

Anhand der vorausgegangenen Literaturrecherche kann eine Vielzahl an Hypothesen bezüglich Situationen und Eigenschaften, die ein höheres Unfallrisiko mit sich bringen aufgestellt werden. Im Rahmen dieser Arbeit werden Hypothesen aufgestellt, die später mit den vorliegenden Unfalldaten verglichen und auf ihre Gültigkeit überprüft werden. Im Fokus vieler Unfallforschungen steht vielmals das Alter oder die Aufmerksamkeit der Unfallbeteiligten, ebenso spielt die Geschwindigkeitsüberschreitung häufig eine wichtige Rolle. Diese Punkte werden hier nicht weiter beachtet, da sie bei den vorhandenen Unfalldaten nicht gegeben sind. Des Weiteren wird der Einfluss von berauschenden Mitteln nicht weiter analysiert. Dieser Punkt wird vernachlässigt, da später kritische Situationen mit einem menschlichen Fahrer, mit automatisierten Fahrsituationen verglichen werden sollen. Der Zustand des Fahrers ist beim vollautomatisierten Fahren nicht von Bedeutung und wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Um Unfälle kritischen Fahrsituationen zuordnen zu können muss man die Unfälle detailliert betrachten. Der Unfalltyp allein reicht dafür z.B. nicht aus. Deshalb sind auch die Hypothesen zum Teil sehr spezifisch und orientieren sich größtenteils an beim Unfall von der Polizei angegebenen Unfallursachen.

Das innerstädtische Straßennetz wird von Knotenpunkten geprägt, an denen viele verschiedene Fahrsituationen auftreten. Bei Abbiegevorgängen handelt es sich dabei um Situationen die viele Konfliktpunkte aufweisen. Es wird angenommen, dass:

- Bei der Fahrsituation Linksabbiegen im Vergleich zur Situation Abbiegen nach rechts mehr Konfliktpunkte auftreten. Daher kommt es beim Linksabbiegen häufiger zu Unfällen. (*Hypothese 1*)
- Die Konfliktpunkte und Unfallzahlen können reduziert werden, wenn Linksabbieger, an Kreuzungen mit LSA, auf einem eigenen Fahrstreifen mit eigener Signalphase geführt werden. (*Hypothese 2*)

Es kommt im urbanen Raum jedoch nicht nur zu Unfällen durch Abbiegemanöver. Vor allem bei dichtem Verkehr dürfen Unfälle im Längsverkehr und mit Fahrzeugen im ruhenden Verkehr nicht vernachlässigt werden.

- Bei höherem Verkehrsaufkommen, z.B. in den Hauptverkehrszeiten, steigt die Anzahl der Verkehrsunfälle im Längsverkehr. Ursachen dafür sind Konflikte beim Spurwechsel und zu geringer Sicherheitsabstand. (*Hypothese 3*)

- Im urbanen Raum kommt es häufig zu Konflikten mit Fahrzeugen im ruhenden Verkehr. Besonders auffällig sind Bereiche mit Längsaufstellung am Fahrbahnrand. Zusätzlich spielt verbotswidriges auf der Straße Halten/Parken, z.B. Parken in zweiter Reihe, eine bedeutende Rolle. Beim Vorbeifahren entstehen kritische Situationen die zu Unfällen führen. (*Hypothese 4*)

Urbane Fahrsituationen werden zusätzlich von nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern beeinflusst. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass:

- Die Komplexität einer Fahrsituation und somit auch die Zahl der Unfälle wird erhöht, wenn nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer daran beteiligt sind. Durch den geringen Schutz von Radfahrern/Fußgängern ist der Verletzungsgrad höher als bei Unfällen, an denen nur motorisierte Verkehrsteilnehmer beteiligt sind. (*Hypothese 5*)
- Wenn sich Fußgänger und Radfahrer parallel zum Fahrzeug bewegen kommt es beim Rechtsabbiegen häufiger zu Unfällen als beim Linksabbiegen. Kritische Situationen treten vor allem dann auf, wenn Radfahrer den Radweg in die falsch Richtung befahren. (*Hypothese 6*)
- Bei baulich von der Fahrbahn getrennten Radverkehrsanlagen kommt es häufiger zu Unfällen als bei Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn. Die Unfallgefahr wird durch schlechte bzw. nicht vorhandene Markierungen der Radverkehrsanlagen, besonders im Bereich von Knotenpunkten, erhöht. (*Hypothese 7*)
- Falsches Verhalten der Fußgänger ist häufig die Ursache für Unfälle mit Personenschaden im urbanen Raum. Besonders häufig treten die Ursachen Rotlichtverstöße und Überschreiten der Fahrbahn ohne auf den Fzg.-Verkehr zu achten auf. Häufig ereignen sich solche Unfälle in der Nähe von Haltestellen des ÖPNV's. (*Hypothese 8*)

Neben den Unfallursachen, die Fahrzeugführern oder Fußgängern zugeschrieben werden können gibt es auch noch allgemeine Ursachen die von den Straßenverhältnissen, Witterungseinflüssen oder Hindernissen im Straßenraum beeinflusst werden. Hier kommt es vor allem

- Bei Sichtbehinderungen durch Witterungseinflüsse bei der Unfallursache "Blennende Sonne" vermehrt zu Unfällen. (*Hypothese 9*)

Die hier aufgeführten Hypothesen werden in Kapitel 4.3 anhand der Unfalldaten des Testgebiets überprüft. Hier soll jedoch schon darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse aufgrund der eher geringen Unfallzahlen im Testgebiet und teilweise unvollständigen Daten nicht auf andere Bereiche übertragbar sind.

3.2. Kritikalitätsskala zur Bewertung von urbanen Fahrsituationen

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Die in Kapitel zwei gewonnenen Erkenntnisse und Hypothesen werden nun auf ein Testgebiet im Münchener Norden übertragen. Hierfür liegt ein Unfalldatensatz über 5 Jahre (2012-2016) für die Ungererstraße, Leopoldstraße und Schenkendorfstraße vor. „Zur Prävention von Unfällen ist es hilfreich, ihre Entstehung näher zu betrachten. Dabei wird deutlich, an welchen Stellen und in welcher Form Unterstützung sinnvoll ist“ [FRICKE et al., 2006, S.43]. Die Entstehung von Unfällen kann hier zwar nicht immer im Detail erklärt werden, da aus den vorhandenen Unfalldaten der Polizei nur bedingt detaillierte Rückschlüsse auf Einflussfaktoren die zum Unfall führten gemacht werden können [REICHART, 2001]. Dies liegt vor allem daran, dass die dem Unfall vorausgehende Phase nicht erfasst wird und im Folgenden nur Informationen über den Unfall selbst zur Verfügung stehen. Trotzdem ist das Ziel, die vorhandenen Daten so auszuwerten, dass unfallauffällige Stellen und kritische Fahrsituationen benannt werden können. Die Möglichkeiten der notwendigen Unterstützung werden dann anhand von automatisierten Systemen in Kapitel 5 diskutiert.

4.1. Überblick

Um einen Überblick über die Teststrecke und die vorliegenden Unfalldaten zu bekommen, werden diese im Folgenden kurz vorgestellt. Zunächst werden die Unfallzahlen im ganzen Stadtgebiet von München vorgestellt und dann mit den Zahlen des Testgebiets verglichen. Danach werden bestimmte Eigenschaften der Teststrecke analysiert und vorgestellt. Dies ist notwendig um die Umfeldbedingungen, die auf die Entstehung von Unfällen einen Einfluss haben können, besser zu verstehen. Die vorhandenen Unfalldaten wurden vor Ort polizeilich erfasst. Um die Unfallaufnahme einheitlich zu gestalten gibt es vorgefertigte, sehr umfangreiche, Formulare. Um zu verstehen, was für Kriterien von der Polizei erfasst werden, werden die wichtigsten kurz vorgestellt. Die vorhandenen Unfalldaten wurden bereits in einer anderen Arbeit analysiert. Die gewonnenen Ergebnisse, werden hier zum Teil weiter verwendet.

4.1.1. Unfälle in München

Die Unfälle im gesamten Stadtgebiet München haben sich in den Jahren 2012 bis 2016 verändert. Die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden ist bis zum Jahr 2014

kontinuierlich angestiegen, im Jahr 2015 nahmen die Zahlen wieder ab und erreichten 2016 sogar einen niedrigeren Wert als im Jahr 2012. Die Unfallzahlen der Leopoldstraße weisen ein ähnliches Bild auf, sie stiegen bis zum Jahr 2015 an und waren im Jahr 2016 rückläufig. Für die Schenkendorfstraße liegen nur wenige Unfallzahlen vor, was es erschwert einen Trend zu erkennen. Im Schnitt waren allerdings auch hier die Unfälle in den Jahren 2012 bis 2015 höher als im Jahr 2016. Die Unfallzahlen der Ungererstraße schwanken sehr stark. Die Werte in den Jahren 2012 und 2013 waren relativ gering und sind dann im Jahr 2014 um mehr als das Doppelte angestiegen. Während 2015 ist ein leichter Rückgang zu erkennen ist stieg der Wert im Jahr 2016 wieder an. Die genaue Anzahl der Unfälle mit Personenschaden im Stadtgebiet München und auf den drei Straßen können der Tabelle 4.1 entnommen werden.

Tabelle 4.1.: Unfälle mit Personenschaden der Jahre 2012 bis 2016 im gesamten Stadtgebiet der Stadt München und auf den drei Straßen im Testgebiet.

Jahr	München	Leopoldstraße	Schenkendorfstraße	Ungererstraße
2016	5510 ¹	36	13	16
2015	5634 ²	37	15	12
2014	5638 ³	36	15	16
2013	5584 ⁴	33	11	6
2012	5516 ⁵	24	16	8

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn man die Unfälle mit schwerem Sachschaden betrachtet. Hier ist die Anzahl der Unfälle in München von 2012 bis 2014 rückläufig, steigt im Jahr 2015 wieder an und geht dann im Jahr 2016 erneut zurück. Auf der Leopoldstraße schwankt die Anzahl der Unfälle, die meisten ereigneten sich im Jahr 2013, dann gingen sie bis zum Jahr 2015 zurück und stiegen im Jahr 2016 nochmal leicht an. Die Werte auf der Schenkendorfstraße hatten in den Jahren 2012, 2015 und 2016 den gleichen Wert. Die Ungererstraße weist ebenfalls 2013 die größte Anzahl an Unfällen auf, diese gehen dann bis zum Jahr 2016 zurück. Einen Überblick über die genauen Unfallzahlen mit schwerwiegendem Sachschaden kann Tabelle 4.2 entnommen werden.

Während in den Statistiken nur Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegendem Sachschaden aufgenommen werden. Liegen bei den Unfalldaten auch Informationen zu Kleinunfällen vor. Diese Unfälle werden zwar bei den Aufnahme durch die Polizei nicht so ausführlich erfasst sollen hier allerdings trotzdem nicht vernachlässigt werden.

¹[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S.98]

²[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016, S.95]

³[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015, S.95]

⁴[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014, S.95]

⁵[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013, S.95]

¹[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S.98]

²[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016, S.95]

³[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015, S.95]

⁴[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014, S.95]

⁵[STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013, S.95]

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Tabelle 4.2.: Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden der Jahre 2012 bis 2016 im gesamten Stadtgebiet der Stadt München und auf den drei Straßen im Testgebiet.

Jahr	München	Leopoldstraße	Schenkendorfstraße	Ungererstraße
2016	690 ¹	48	17	16
2015	761 ²	44	17	19
2014	713 ³	48	14	24
2013	833 ⁴	51	18	28
2012	839 ⁵	47	17	22

Es sei zudem nochmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den Zahlen in 4.3 nur um Unfälle handelt, die bei der Polizei gemeldet wurden. Besonders bei den Kleinunfällen ist die Dunkelziffer nicht registrierter Unfälle hoch. Kleinunfälle sind Unfälle, die zu keinem Personenschaden führen, bei denen alle Fahrzeuge nach dem Unfall noch fahrbereit sind und keine Ordnungswidrigkeit vorliegt. Der Verlauf der Unfallzahlen ist auf allen drei Straßen im Testgebiet ähnlich. Die Zahlen nehmen bis zum Jahr 2014 zu und werden dann wieder geringer. Lediglich auf der Schenkendorfstraße stieg der Wert 2016 wieder an.

Tabelle 4.3.: Kleinunfälle der Jahre 2012 bis 2016 auf den drei Straßen im Testgebiet.

Jahr	Leopoldstraße	Schenkendorfstraße	Ungererstraße
2016	129	102	47
2015	134	82	60
2014	167	100	66
2013	157	84	60
2012	151	77	45

Vergleicht man nur die Anzahl der Unfälle im Testgebiet anhand ihres Unfallmodus, also Kleinunfall/Unfall mit schwerwiegendem Sachschaden/Personenschaden, macht der Anteil der Kleinunfälle, wie in Abbildung 4.1 zu erkennen ist, mehr als die Hälfte aus. Bei Kleinunfällen stehen hier nur Datum, Uhrzeit und eine allgemeine Ursache zur Beurteilung des Unfalls zur Verfügung. Da aber eben diese Unfälle so häufig vorkommen, sollen sie nicht vernachlässigt werden. Nachträglich wurden Kurzbeschreibungen zu den Unfällen angefragt. Diese liegen auch für die Kleinunfälle vor. Allerdings standen die Beschreibungen für das Jahr 2012 aufgrund von Datenschutzgründen nachträglich nicht mehr zur Verfügung.

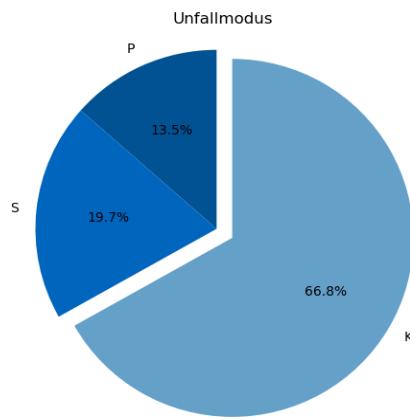


Abbildung 4.1.: Häufigkeit von Unfällen mit Personenschaden, Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden und Kleinunfällen

4.1.2. Vorstellung der Teststrecke

Um einen Überblick über die Teststrecke zu bekommen wurde diese zunächst mit dem Fokus auf Eigenschaften, die für die Datenauswertung relevant sein könnten, analysiert. Die gewonnenen Ergebnisse sind in Tabelle 4.4 stichpunkthaft dargestellt.

Tabelle 4.4.: Analyse der Teststrecke im Münchener Norden.

Eigenschaften	Ungererstraße	Leopoldstraße	Schenkendorfstraße
Länge	1,3 km	1,5 km	1,2 km
Kreuzungen mit LSA	3	2	2
Einmündungen mit LSA	1	5	-
Einmündungen ohne LSA	12	5	2
Abfahrten/Auffahrten	-	-	7
Zulässige Geschwindigkeit	50 km/h	50 km/h	60 km/h
ÖPNV Haltestellen	2	3	-
Fahrspuren je Richtungsfahrbahn	2	2 teilw. 3	2 teilw. 4
Fahrbahntrennung	durchgängiger Grünstreifen	Tram/Grünstreifen	Grünstreifen/bauliche Trennung
Parkplätze im Seitenraum	Längsparkplätze	Längsparkplätze	-
weitere Parkplätze	Parkplatz Münchner Freiheit	Parkhaus Schwabinger Tor	-
Häufig besuchte Punkte	2 Tankstellen Ungererbad Spielplatz	2 Tankstellen 4 Hotels Discounter	Tankstelle

Bei den Untersuchungen wurden nur die Abschnitte der drei Straßen betrachtet, die im Testgebiet liegen. Abbildung 4.2 stellt die Teststrecke und alle Knotenpunkte, unterteilt nach Kreuzungen mit LSA und Einmündungen mit/ohne LSA, dar. Kreuzungen ohne LSA treten auf der Strecke nicht auf und werden deshalb nicht berücksichtigt. Die Knotenpunkte, welche zwei Straßen der Teststrecke verknüpfen, werden in Tabelle 4.4

doppelt gezählt. Unter Abfahrten/Auffahrten sind planfreie Knoten im Gebiet zu verstehen. Ein Beispiel stellt die Auffahrt auf die A9 Richtung Berlin von der Schenken-dorfstraße aus dar. Als Fahrspuren wurden die Spuren gezählt, die über einen längeren Bereich durchgehend vorhanden sind. Im Bereich von Knotenpunkten können diese aufgeweitet werden. Teilweise ändert sich die Zahl der Spuren auch mit dem Straßenzuglauf. Betrachtet man beispielsweise den südlichen Teil der Leopoldstraße, sind zwei Fahrspuren je Richtungsfahrbahn vorhanden und in der Mitte der Straße befindet sich ein Rasengleis für die Tram. Die Tram wird allerdings nur bis zum Schwabinger Tor auf der Leopoldstraße geführt danach biegt sie ab. Hier ändert sich die Anzahl der Fahrspuren von zwei auf drei je Richtungsfahrbahn. Häufig werden auch Unfälle aufgenommen die sich nicht direkt auf einer der drei Straßen ereigneten, sondern z.B. im Bereich einer Tankstelle, die von der Straße aus angefahren werden kann oder auf einem Parkplatz. Deshalb wurden auch solche Punkte bei der Analyse des Gebiets berücksichtigt.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

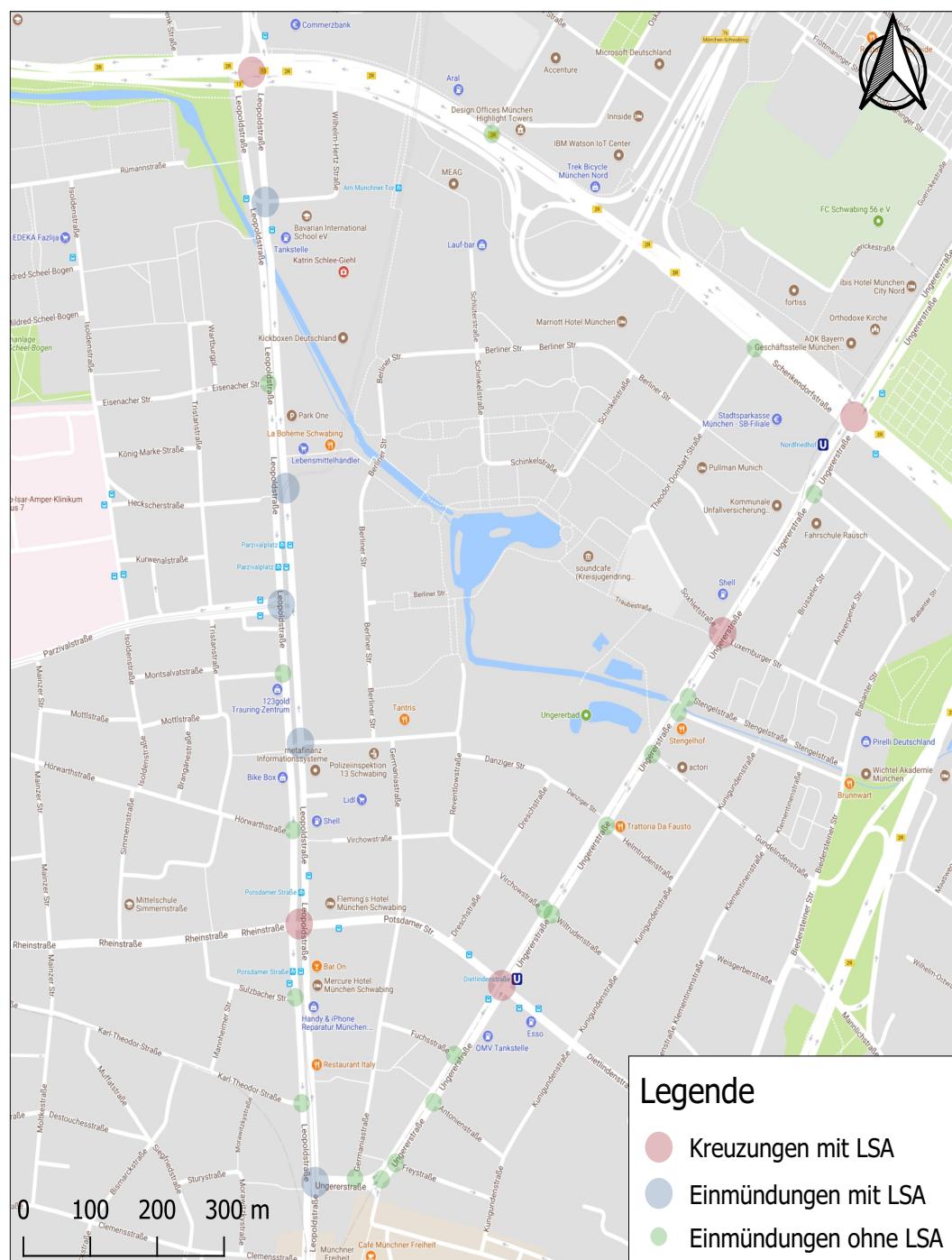


Abbildung 4.2.: Darstellung der Teststrecke, markiert sind die Knotenpunkte, die bei der Analyse berücksichtigt wurden.

Bei den Kreuzungen und Einmündungen mit LSA soll zusätzlich noch berücksichtigt werden, ob Abbiegestreifen vorhanden sind und ob diese, falls vorhanden, eine eigene Signalisierung für Links- bzw. Rechtsabbieger besitzen. Im Folgenden werden deshalb diese Knotenpunkte noch detaillierter betrachtet. Die Knotenpunktarme der Knoten im Testgebiet sind annähernd rechtwinklig zueinander und werden deshalb in Abbildungen hier immer rechtwinklig zueinander dargestellt.

Kreuzungen mit LAS

Es gibt fünf lichtsignalisierte Kreuzungen im Testgebiet. Zwei davon besitzen keine getrennten Abbiegestreifen und werden in diesem Kapitel nicht näher erläutert. Der Knotenpunkt Rheinstraße-Leopoldstraße besitzt an allen Zufahrten einen Abbiegestreifen, hierbei handelt es sich wie in Abbildung 4.3 zu erkennen um drei Linksabbiegestreifen und einen Rechtsabbiegestreifen. Es gibt jedoch keine eigene Signalisierung für einen der Abbiegestreifen.

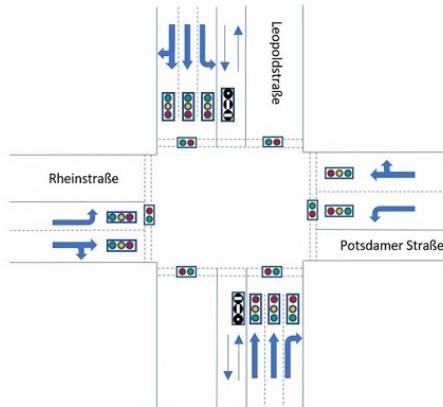


Abbildung 4.3.: Kreuzung Rheinstraße-Leopoldstraße [KUTSCH, 2018, S.28].

Die Knotenpunkte Schenkendorfstraße-Ungererstraße und Schenkendorfstraße-Leopoldstraße besitzen dagegen nicht nur mehrere Abbiegestreifen wie in Abbildung 4.4 gut zu erkennen ist, sondern teilweise auch eigene Signalphasen für die Abbiegespuren. Diese werden durch Pfeilsymbole an den Ampeln dargestellt. Ein Beispiel für Rechtsabbieger zeigt sich an der Kreuzung Schenkendorfstraße-Leopoldstraße. Wird die Leopoldstraße in Richtung Norden befahren ist beim Rechtsabbiegen auf die Schenkendorfstraße eine eigene Signalisierung vorhanden. Eine eigene Signalisierung für Linksabbieger existiert dagegen an der Kreuzung Schenkendorfstraße-Ungererstraße, wenn man die Ungererstraße in Richtung Norden befährt und links auf die Schenkendorfstraße abbiegt.

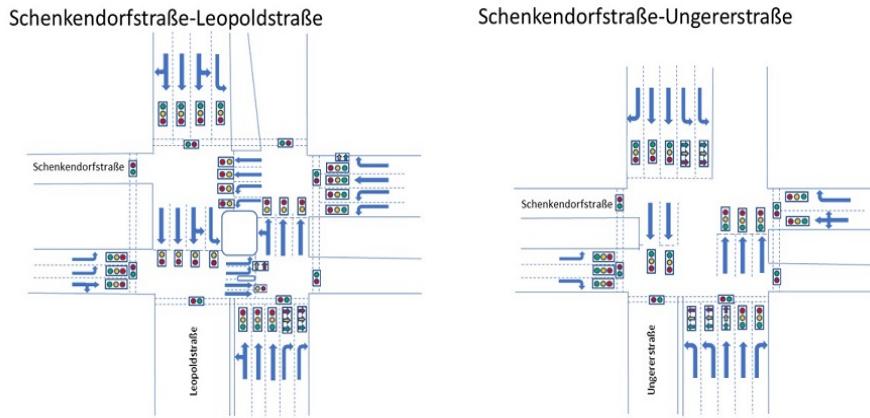


Abbildung 4.4.: Kreuzung mit eigener Signalisierung für Links- bzw. Rechtsabbieger [KUTSCH, 2018, S.30-31].

Einmündungen mit LSA

Innerhalb des betrachteten Gebiets gibt es fünf lichtsignalgeregelte Einmündungen. Eine davon ist die Kreuzung mit der Tram am Schwabinger Tor. Der Kfz-Verkehr kann hier nicht die Richtung wechseln, er folgt weiterhin der Leopoldstraße. Eine weitere besitzt keinen Abbiegestreifen und wird deshalb hier nicht weiter betrachtet. An der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße gibt es in jedem Knotenpunktarm einen Abbiegestreifen, davon zwei für Linksabbieger und einer für Rechtsabbieger. Diese werden in Abbildung 4.5 dargestellt.

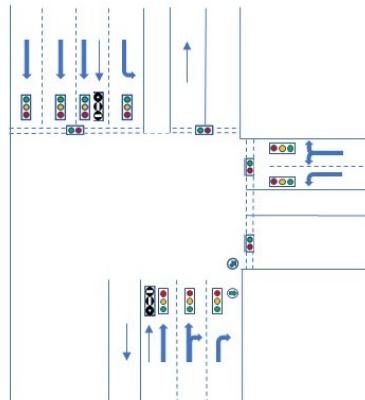


Abbildung 4.5.: Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße

Einmündungen mit einer eigenen Signalphase für Abbieger stellen die Einmündun-

gen Johann-Fichte-Straße-Leopoldstraße und Parzivalstraße-Leopoldstraße in Abbildung 4.6 dar. Die Einmündung Johann-Fichte-Straße-Leopoldstraße hat einen Rechtsabbiegestreifen ohne eigene Signalisierung und einen Linksabbiegestreifen mit eigener Signalisierung. An der Parzivalstraße gibt es ebenfalls einen Linksabbiegestreifen mit eigener Signalisierung.

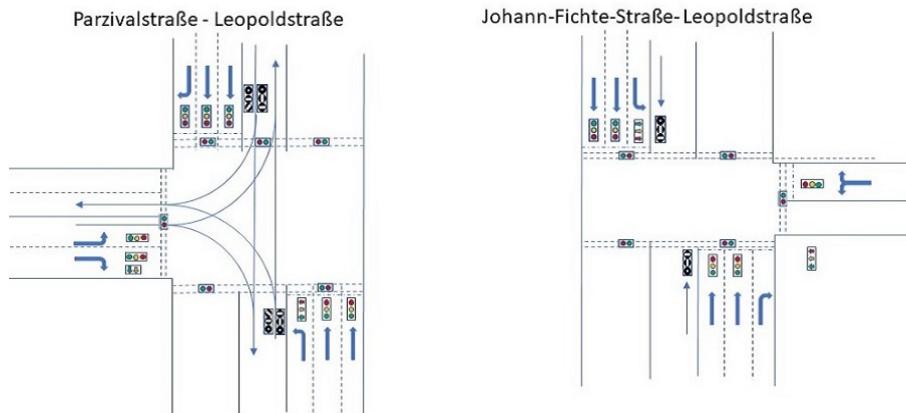


Abbildung 4.6.: Einmündungen mit eigener Signalphase für Abbieger

Bis jetzt wurden nur die Knotenpunktbereiche in Nähe der Haltelinien berücksichtigt. Im Bereich der Knotenpunktzufahrt kommt es allerdings ebenfalls häufig zu Konflikten, da hier vermehrt Spurwechsel und Bremsmanöver auftreten. ERKE et al. [1978, S.19] unterteilt die Knotenzufahrt deshalb in drei Segmente, die dann in den Knoteninnenbereich übergehen. Segment 1 beginnt 100 bis 250 m vor dem Knoten mit dem Vorwegweiser und endet mit dem Beginn der Spuraufweitung. Segment 2 erstreckt sich vom Beginn der Spuraufweitung bis zu dem Punkt, an dem alle Spuren voll ausgebildet sind. Segment 3 schließt sich an und reicht bis zur Haltelinie.

4.1.3. Vorstellung der vorhandenen Daten

Die vorhandenen Unfalldaten für das Testgebiet über die Jahre 2012 bis 2016 beinhalten allgemeine Informationen zu Datum, Uhrzeit und Position des Unfalls. Die Position wird anhand von Geo.-Koordinaten genau angegeben zusätzlich wird noch der Straßennamen und die Hausnummer, bzw. falls es sich um einen Knotenpunkt handelt die Namen beider Straßen, genannt. Die Fahrtrichtung der Fahrzeuge wird, auf die Hausnummern bezogen, mit absteigend oder aufsteigend angegeben.

Um genauere Informationen über die Eigenschaften der Unfallstelle zu bekommen können Charakteristiken und Besonderheiten angegeben werden. Diese Möglichkeit wurde bei den vorhandenen Daten jedoch eher selten genutzt. Ebenso dienen Angaben zu den Lichtverhältnissen, zum Straßenzustand und Geschwindigkeitsbeschränkungen

dazu mehr Informationen über Unfallmerkmale zu erhalten.

Um Unfälle besser klassifizieren zu können wird ihnen ein Unfallmodus zugeordnet. Es wird hierbei zwischen drei Unfallmodi unterschieden: Personenschaden, Sachschaden und Kleinunfall. Die Definitionen dazu können Kapitel 2.1.7 entnommen werden. Neben dem Unfallmodus Personenschaden wird noch angegeben, wie viele Personen sich bei einem Unfall leicht oder schwerverletzt haben bzw. wie viele getötet wurden. Ebenso wird die Höhe des gesamten Sachschadens angegeben.

Weitere Informationen erhält man durch die Angabe des Unfalltyps, der Unfallart und der Unfallursache. Diese wurden in Kapitel 2.1.7 definiert. Zusätzlich wird vermerkt, wie viele Personen an einem Unfall beteiligt waren, ob sie unter Drogen- oder Alkoholeinfluss standen und ob es zu einer Unfallflucht kam.

Bei den Beteiligten wird angegeben in Welcher Art sie am Unfall beteiligt waren z.B. Hauptverursacher, welche Verletzungen sie erlitten haben und welche persönliche Unfallursache vorliegt. Dies ist notwendig, da nicht nur beim Hauptverursacher ein fehlerhaftes Verhalten vorliegen kann.

Die Daten wurden vom Polizeipräsidium München in einer Excel-Datei zur Verfügung gestellt und dienen als Grundlage der Datenanalyse. Selten wurden zu allen oben genannten Positionen Angaben gemacht, weshalb die Datei viele Lücken aufweist. Besonders bei Kleinunfällen sind oft nur Angaben zu Datum, Uhrzeit, Position und Unfallursache gegeben. Trotzdem soll versucht werden, so viele Punkte wie möglich bei der Datenanalyse zu berücksichtigen um Fahrsituationen die zu Unfällen führen möglichst genau festzustellen. Eigenschaften die für den späteren Vergleich mit automatisierten Fahrzeugen in 5 nicht relevant sind wurden zum Teil vernachlässigt. Es wird im Verlauf der Arbeit nicht weiter darauf eingegangen, ob Fahrer unter Drogen- oder Alkoholeinfluss standen und ob es bei dem Unfall zu einer Unfallflucht kam.

4.2. Allgemeine Auswertung der Daten

Um einen Überblick über das Unfallgeschehen innerhalb des Testgebiets zu erhalten eignet es sich zunächst nur die Unfälle, bei denen es zu einem Personen- oder Sachschaden kam zu betrachten. Für Unfälle die als Kleinunfälle aufgenommen wurden liegen wesentlich weniger Informationen vor.

Um eine erste Kategorisierung vorzunehmen eignet sich der Unfalltyp. Dieser gibt Auskunft über die Konfliktsituation. Für die Arbeit von BRUHN [2018, S.16-33] lagen die Daten des Testgebiets ebenfalls vor. Er hat Karten erstellt, in denen die Unfälle der verschiedenen Unfalltypen auf der kompletten Länge der drei Straßen im Testgebiet abgebildet werden. Neben der Lage wurden auch die Schwere der Verletzungen und die Hauptverursacher der Unfälle analysiert. In Abbildung 4.7 wird deshalb nur ein Überblick über die Anzahl der Unfälle mit zugehörigem Unfalltyp und Unfallmodus innerhalb des betrachteten Zeitraums gegeben. Da hier nur der Bereich der Straßen innerhalb des Testgebiets betrachtet wurde weichen die Ergebnisse zum Teil voneinander

ab.

Am Zweithäufigsten wurde nach dem Unfalltyp 7 „Sonstiger Unfall“ der Typ 6 „Unfall im Längsverkehr“ Bei 26% der Unfälle angegeben. Hierbei kam es bei 45% der Unfällen zu einem Personenschaden. Am dritt häufigsten ereigneten sich Unfälle mit dem Unfalltyp 2 „Abbiege-Unfall“, hierbei kam es in 60% zu Unfällen mit Personenschaden. 13% der Unfälle wiesen den Unfalltyp 3 „Einbiegen/Kreuzen-Unfall“ auf. Bei diesem Typ handelt es sich an der Einmündung Schenkendorfstraße/Lyonel-Feininger-Straße laut BRUHN [2018, S.23] um eine kritische Stelle. Unfälle des Typs 4 „Überschreitunfälle“ kommen zwar selten für führten aber immer zu einem Personenschaden und ereigneten sich überwiegend in der Leopoldstraße. Hierbei sind vor allem die Bereiche, in denen sich die Tramhaltestellen in der Mitte der Fahrbahn befinden auffällig. Alle Unfälle mit Todesfolge ereigneten sich bei diesem Unfalltyp [BRUHN, 2018, S.26-27]. Bei dem Typ 5 „Unfall des ruhenden Verkehrs“ kam es dagegen lediglich in 13% der Unfälle zu einem Personenschaden.

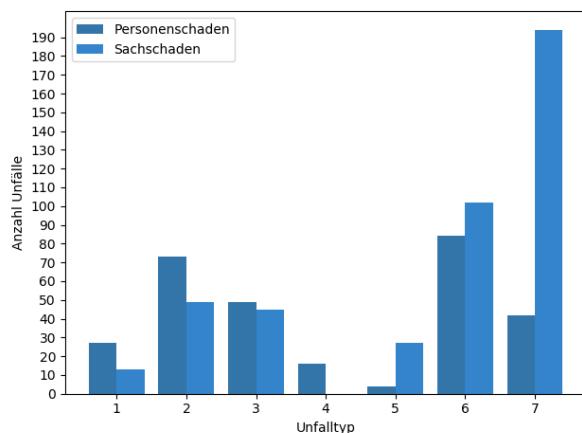


Abbildung 4.7.: Unfalltyp der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Um einen Einblick über die Bewegungsrichtung der Fahrzeuge während dem Unfall zu bekommen kann die Unfallart herangezogen werden. Unfällen bei denen ein Personen- oder Sachschaden entstand wurde auch eine Unfallart zugeordnet. Innerhalb des Testgebiets kam es am Häufigsten zu Unfällen bei denen die Unfallart 1 „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruh. Verkehr steht“ angegeben wurde. Bei 26% der aufgenommenen Unfälle wurde die Unfallart 1 angegeben, bei 22% die Unfallart 5 „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“. Waren es bei Unfälle mit der Unfallart 1 Größtenteils nur zu einem Sachschaden kam, hatten mehr als die Hälfte mit der Unfallart einen Personenschaden zur Folge. Am dritthäufigsten ereigneten sich Unfälle mit der Unfallart 3 „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das seitlich oder in gleicher Richtung fährt“. Hierbei kam es in 72% lediglich zu einem Sachschaden.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Die Unfallart 6 „Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger“ wurde zwar nur bei 4% der Unfälle angegeben, es ereignete sich jedoch immer ein Personenschaden. Abbildung 4.8 gibt einen Überblick über die Unfallarten und die Unfallschwere, die den Unfällen im Testgebiet zugeordnet wurden.

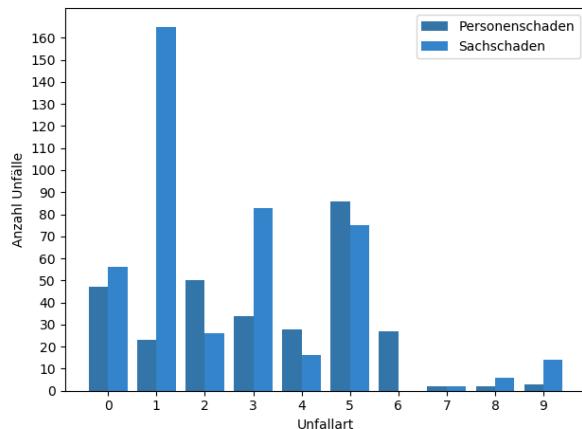


Abbildung 4.8.: Unfallart der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Beteiligungsart gibt Auskunft darüber, ob ein Unfallbeteiligter Hauptverursacher (BArt01) oder Geschädigter ist (BArt02/BArt03). Innerhalb des Testgebiets wurden nur Unfälle mit bis zu drei Unfallbeteiligten aufgenommen. Die Beteiligungsart wurde nur bei Unfällen bei denen Personen- oder Sachschaden entstand aufgenommen. In 63% handelte es sich bei den Hauptverursachern um Pkw-Fahrer. Am Zweithäufigsten wurden Unfälle durch unbekannte Fahrzeuge (13%) ausgelöst, unbekannt wird meistens bei Unfällen mit Fahrerflucht angegeben. An dritter Stelle stehen Lkw-Fahrer mit 10% als Hauptverursacher. Bei den Unfallgegnern machten ebenfalls die Pkw-Fahrer mit 71% der größten Anteil aus. An zweiter Stelle stehen Fahrradfahrer mit 16%. In Abbildung 4.9 werden die Unfälle im Testgebiet nach Beteiligungsart und Art der Verkehrsbeteiligung dargestellt.

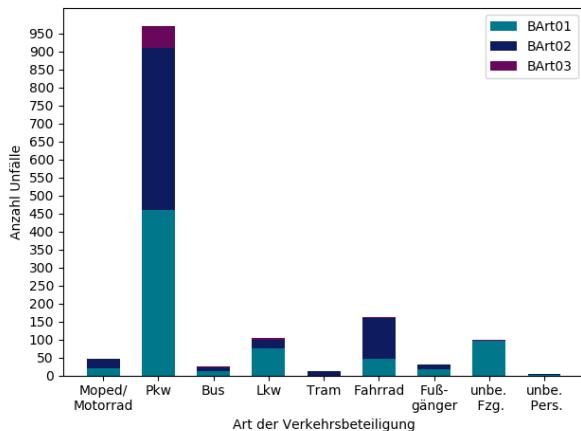


Abbildung 4.9.: Beteiligungsart der Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

4.3. Überprüfung der Hypothesen

In diesem Kapitel werde die in Kapitel 3 aufgestellten Hypothesen auf ihre Gültigkeit hin überprüft. Da zu vermuten ist, dass die Genauigkeit der Unfallaufnahme mit der Schwere der Unfallfolgen ansteigt und somit die Daten von Personenschadensunfällen verlässlicher sind [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S.11]. Wird bei der statistischen Auswertung der vorhandenen Unfalldaten der Unfallmodus miteinbezogen. Dieser gibt an, ob es sich um Unfälle mit Personen- bzw. Sachschaden oder um Kleinunfälle handelt. Zusätzlich wird in den meisten Fällen nach bestimmten Unfallursachen differenziert, um den Unfallhergang möglichst genau abzubilden.

4.3.1. Abbiegeunfälle

Der Unfalltyp Abbiegeunfälle wurde bei insgesamt 17% der Unfälle im Untersuchungsgebiet mit Personen oder Sachschaden angegeben. Dabei kam es in 60% zu Unfällen mit Personenschaden, wie in Abbildung 4.8 zu erkennen ist. Der Unfalltyp gibt jedoch keine Auskunft, ob es sich um einen Unfall beim Rechtsabbiegen oder Linksabbiegen handelt. Hierfür werden zusätzlich die Unfallursachen „Fehler beim Abbiegen nach rechts“ (34) und „Fehler beim Abbiegen nach links“ (35) betrachtet. Abbildung 4.10 stellt das Verhältnis der Unfälle, bei denen eine der beiden Ursachen angegeben wurde, dar. Innerhalb des betrachteten Zeitraums ereigneten sich 57,7% der Unfälle beim Abbiegen nach links und bilden somit die Mehrheit der Abbiegeunfälle.

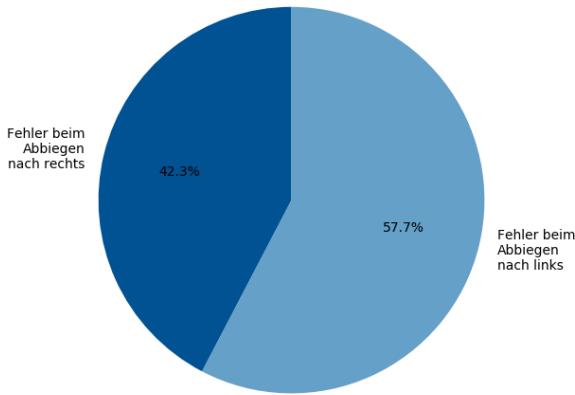


Abbildung 4.10.: Unfälle bei denen Abbiegefehler nach recht bzw. links in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Hierbei wurden alle Unfälle, unabhängig des Unfalltyps, berücksichtigt, denen entweder die Ursache 34 oder 35 zugeordnet wurde. Somit können auch Kleinunfälle, denen kein Unfalltyp zugeordnet wird, berücksichtigt werden. Abbildung 4.11 stellt die Anzahl der Unfälle beim Abbiegen nach links bzw. rechts und den zugehörigen Unfallmodus dar. Vor allem beim Abbiegen nach links kommt es häufig nur zu Kleinunfällen. Bei der Mehrheit der Unfälle mit Sach- und Personenschäden wurde auch der Unfalltyp 2 angegeben, bei Urs34 in 83% bei Urs35 in 76%.

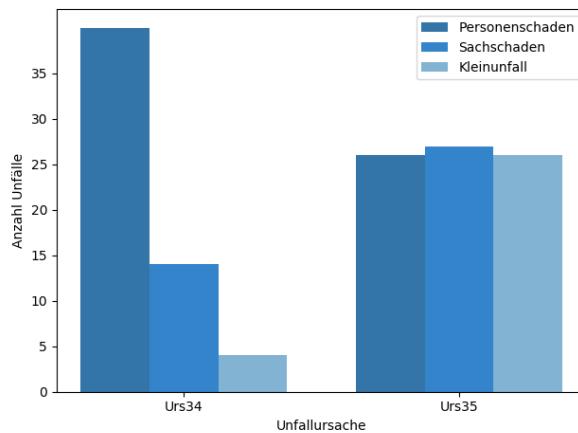


Abbildung 4.11.: Unfallmodus bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Unfälle beim Rechtsabbiegen sind zwar seltener, dafür kommt es zu schwereren Verletzungen. Häufig wird hierbei, wie in Abbildung 4.12 dargestellt ist, nicht der

Hauptverursacher des Unfalls sondern der zweite Unfallbeteiligte verletzt. Dies liegt daran, dass es oft zu Unfällen zw. Pkw-Fahren und Fahrradfahren kommt, vgl. Kapitel 4.3.5. Beim Abbiegen nach links ist die Verletzungsschwere geringer, das sich viele Unfälle zw. zwei Pkws ereignen. *Hypothese 1* gibt an, dass es beim Linksabbiegen mehr Konfliktpunkte gibt und es daher häufiger zu Unfällen kommt als beim Rechtsabbiegen und kann anhand der oben genannten Zahlen bestätigt werden.

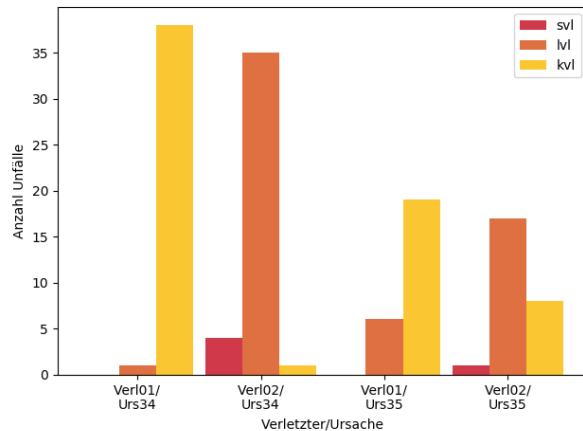


Abbildung 4.12.: Verletzungsschwere bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Abbildung 4.13 stellt Unfälle die durch Fehler beim Linksabbiegen entstanden sind dar. Auffällig sind hier vor allem die Knotenpunkte Leopoldstraße/Potsdamer Straße, Schenkendorfstr./Ungererstr. und Leopoldstr./Ungererstraße. Die Knotenpunkte wurden bereits in Kapitel 4.1.2 genauer beschrieben. Anhand der Kurzsachverhalte kann man bei fast allen Unfällen auf den genauen Unfallhergang schließen. An der Kreuzung Leopoldstr./Potsdamer Str. ereigneten sich innerhalb der Jahre 2013 bis 2016 insgesamt 16 Unfälle zwischen einem Fahrzeug, dass die Leopoldstr. in südlicher Richtung befuhrt und nach links in die Potsdamer Straße abbiegen wollte und einem Fahrzeug, welches die Leopoldstr. geradeaus in nördliche Richtung befuhrt. Bei sechs der aufgenommenen Unfälle handelte es sich beim Unfallgegner um Radfahrer. Zusätzlich kam es zu vier Unfällen zwischen Linksabbiegern und einer nachfolgenden Tram. In Abbildung 4.3 ist zu erkennen, dass die Kreuzung zwar einen Linksabbiegestreifen besitzt, dieser wird jedoch nicht durch eine eigene Signalphase geregelt. Deshalb kommt es häufig zu Konflikten mit entgegenkommenden Fahrzeugen.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

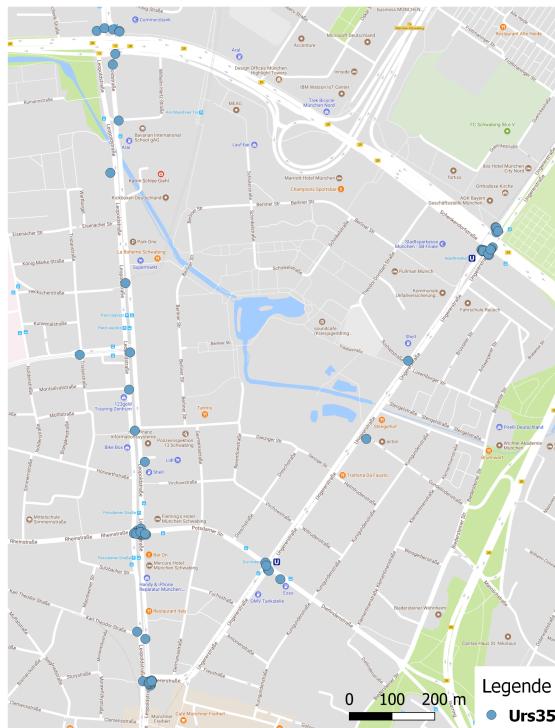


Abbildung 4.13.: Unfälle durch Fehler beim Linksabbiegen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Kreuzung Ungererstraße/Schenkendorfstraße besitzt Linksabbiegestreifen mit eigener Signalphase (Abbildung 4.4). Eine Phase ist für die Ungererstr. in südliche Fahrtrichtung und eine für die Ungererstr. in nördliche Fahrtrichtung. Trotzdem sieht es so aus als würden sich an dieser Kreuzung ähnlich viele Unfälle ereignen wie an der zuvor diskutierten. Betrachtet man die Unfälle genauer, handelt es sich vor allem um Unfälle mit Fahrzeugen die in die gleiche Richtung fahren. Die Linksabbieger werden auf zwei Linksabbiegestreifen geführt, wird die Fahrspur beim abbiegen nicht eingehalten kommt es zum Zusammenstoß. Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen konnten nur in vier Fällen ausgemacht werden. Diese ereigneten sich durch nicht verkehrsgerechtes Wenden.

Die Einmündung Leopoldstraße/Ungererstraße besitzt keine eigene Signalphase für Linksabbieger (Abbildung 4.5). Hier ereigneten sich in den Jahren 2013 bis 2016 fünf Unfälle zwischen Fahrzeugen, welche den Abbiegestreifen auf der Leopoldstraße in südliche Richtung befuhren um nach links in die Ungererstr. abzubiegen und entgegenkommenden Fahrzeugen. An den Einmündungen mit einer eigenen Signalphase für Linksabbieger, die in der Abbildung 4.6 dargestellt werden. Ereignete sich lediglich ein Unfall im Untersuchungszeitraum. Hierbei handelt es sich um einen Auffahrunfall, welcher durch zu starkes Bremsen beim Abbiegevorgang ausgelöst wurde.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Tabelle 4.5.: Verkehrsstärken an ausgewählten Linksabbiegestreifen im Testgebiet

Knotenpunkt	Linksabbiegestreifen	Verkehrsstärke
Leopoldstr./Potsdamer Str.	Leopold in südl. Richtung	2084 [Kfz/Tag]
Leopoldstr./Parzivalstr.	Leopold in nördl. Richtung	2027[Kfz/Tag]
Leopoldstr./Ungererstr.	Leopold in südl. Richtung	2206 [Kfz/Tag]

Neben den Unfällen wurden an den Knotenpunkten in der Leopoldstraße auch die Verkehrsstärken berücksichtigt. Für die Kreuzung Ungererstraße/Schenkendorfstraße liegen leider keine Werte vor. Es wurden an den Kreuzungen jeweils die Messwerte von Detektoren der Linksabbiegerstreifen betrachtet. Als Referenz wurde Donnerstag der 7.5.2016 bzw. 3.5.2018 gewählt. Hierbei handelt es sich um einen Arbeitstag außerhalb der Schulferien. Der Einfachheit halber wurde zum Vergleich die Tagessumme der Messwerte verwendet. Diese wird in Tabelle 4.5 dargestellt. Die Verkehrsstärken der Knoten Leopoldstr./Reihenstr. und Leopoldstr./Parzivalstr. weichen nur minimal voneinander ab. Trotzdem ereignen sich an erstgenanntem Knoten wesentlich mehr Unfälle. Die Daten für die Einmündung Untererstr./Leopoldstr. sind aus dem Jahr 2018 und weisen eine etwas höhere Verkehrsstärke auf. Es ist anzunehmen, dass sich die Verkehrsstärke innerhalb zwei Jahren etwas erhöht hat. Die Verkehrsstärke im Jahr 2016 sollte hier also ähnlich gewesen sein, wie an den anderen zwei Knotenpunkten. Trotzdem ereigneten sich an der Einmündung mit der Ungererstraße mehr Unfälle als an der Parzivalstraße.

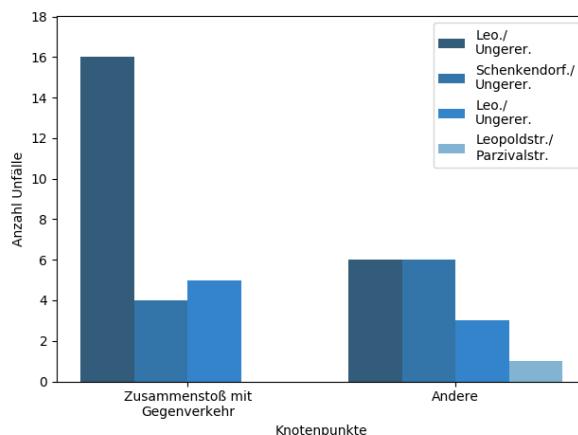


Abbildung 4.14.: Linksabbiegeunfälle an Knotenpunkten mit und ohne eigene Signalisierung, die in den Jahren 2013 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Hypothese 2 gibt an, dass sich die Konfliktpunkte und Unfallzahlen reduzieren, wenn

Linksabbieger, an Kreuzungen mit LSA, auf einem eigenen Fahrstreifen mit eigener Signalphase geführt werden. Betrachtet man die Zahlen in Abbildung 4.14 kommt es in 73% an Kreuzungen ohne eigene Signalisierung zu Unfällen beim Linksabbiegen. In 70% handelt es sich dabei um Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Vor allem dieser Konflikt kann durch eine eigene Phase deutlich reduziert werden. *Hypothese 2* kann daher bestätigt werden.

4.3.2. Unfälle während der Hauptverkehrszeiten

Laut STATISTISCHES BUNDESAMT [2017, S.80-81] ereigneten sich die meisten Unfälle im Jahr 2016 innerhalb von Ortschaften, bei denen es zu einem Personenschaden kam, von Montag bis Freitag zwischen 7 und 20 Uhr. In den morgen Stunden kommt es zwischen sieben und acht am häufigsten zu Unfällen. Auffällig ist, dass keine deutlichen Spitzen zu den vermuteten Hauptverkehrszeiten (Vormittags/Nachmittags) zu erkennen sind. Die Zahl der Unfälle steigt nach einem leichten Rückgang am Vormittag schon zur Mittagszeit gegen elf Uhr wieder an. Am Nachmittag ereignen sich die meisten Unfälle zwischen 16 Uhr und 18 Uhr. Auffällig ist auch, dass sich mehr Unfälle am Nachmittag als am Vormittag ereignen. An Wochenenden kommt es seltener zu Unfälle, dafür ist die Anzahl in den Nächten von Freitag auf Samstag und von Samstag auf Sonntag höher als unter der Woche.

Für das Testgebiet stehen zum Teil Messwerte von Detektoren an Knotenpunkten zur Verfügung. BRUHN [2018, S.10-16] hat anhand dieser Daten ermittelt, wann die Verkehrsmengen auf den einzelnen Straßen am höchsten sind. In der Leopoldstraße ist die Verkehrsmenge grundsätzlich von 8 bis 19 Uhr erhöht. Einzelne Spitzen sind am Vormittag zwischen 8 und 10 Uhr und Abends zw. 18 und 19 Uhr zu erkennen. Diese sind jedoch sehr gering ausgeprägt. Auf der Ungererstraße ist das Verkehrsaufkommen zwischen 7 und 9 Uhr sowie zw. 16 und 19 Uhr erhöht. In den Zeiträumen von 7 bis 9 Uhr und 17 bis 19 Uhr konnte auf der Schenkendorfstraße ein erhöhtes Verkehrsaufkommen festgestellt werden. Bei den Detektordaten werden nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer vernachlässigt, da an Rad- bzw. Fußgängerüberwegen keine Detektoren vorhanden sind.

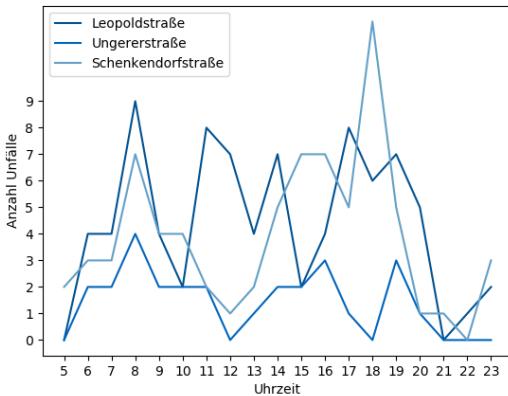


Abbildung 4.15.: Zeitliche Verteilung der Unfälle mit Unfalltyp 6 in den Jahren 2012 bis 2016 innerhalb des Testgebiets

Hypothese 3 gibt an, dass bei höherem Verkehrsaufkommen, die Anzahl der Verkehrsunfälle im Längsverkehr steigt. Zu Überprüfung der These werden hier nur die Unfälle betrachtet, bei denen der Unfalltyp 6 angegeben wurde. Der Zeitliche Verlauf aller Unfälle im Testgebiet wurde bereits von BRUHN [2018, S.10-16] analysiert. In Abbildung 4.15 ist zu erkennen, dass Unfälle im Längsverkehr auf der Leopoldstraße zwischen 8 und 20 Uhr erhöht auftraten. Auf der Ungererstraße ereigneten sich innerhalb des Untersuchungszeitraums insgesamt nur 27 Unfälle mit dem Unfalltyp 6. Daher ist es schwer Zeitpunkte mit erhöhtem Verkehrsaufkommen zu bestimmen. Zwischen 8 und 9 Uhr, 16 und 17 Uhr sowie 19 und 20 Uhr sind leichte Spitzen zu erkennen. Auf der Schenkendorfstraße kam es Vormittags zwischen 8 und 11 Uhr sowie Nachmittags zwischen 14 und 20 Uhr vermehrt zu Unfällen im Längsverkehr. Am meisten Unfälle ereigneten sich zwischen 18 und 19 Uhr. Vergleicht man die Zeiträume in denen sich Unfälle ereigneten mit den Messwerten der Detektoren, stimmen diese nur zum Teil überein. Auf der Leopoldstraße wurde sowohl ein erhöhtes Verkehrsaufkommen als auch erhöhte Unfallzahlen über den gesamten Tag festgestellt werden. Die Unfallzahlen der Ungererstraße sind für einen konkreten Vergleich zu gering und auf der Schenkendorfstraße stimmen die Bereiche fast überein. Die Zeiträume in denen es vermehrt zu Unfällen kommt sind jedoch größer als diejenigen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen. Zusammenfassend sind die Daten nicht aussagekräftige genug um *Hypothese 3* vollständig bestätigen zu können.

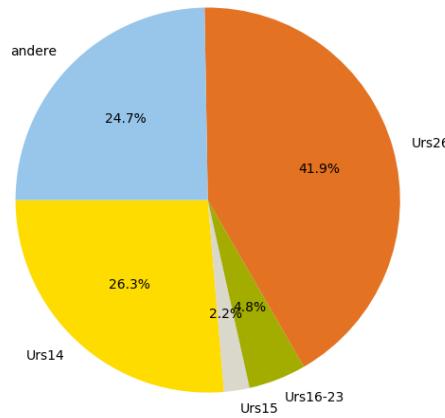


Abbildung 4.16.: Unfallursachen, die Unfälle im Längsverkehr innerhalb des Testgebiets zugeordnet wurden

Hypothese 3 gibt zudem an, dass sich Unfällen im Längsverkehr hauptsächlich durch Konflikte beim Spurwechsel und durch zu geringen Sicherheitsabstand ereignen. Hierfür wurden die Unfallursachen betrachtet, die angegeben werden können, wenn beim Fahrzeugführer Fehler auftraten, die auf den Abstand, Überholen oder das Nebeneinanderfahren zurückzuführen sind. Bei 75% der Unfälle im Längsverkehr wurde eine dieser Ursachen angegeben. Am häufigsten kam es dabei zu Unfällen, aufgrund von Fehlern beim Fahrstreifenwechsel (Ursache 26). Diese Ursache wurde bei 42% der Unfälle mit Unfalltyp 6 angegeben. Gefolgt von der Ursache 14 „ungenügender Sicherheitsabstand“, welche bei 26% genannt wurde. Fehler beim Überholen wurden lediglich bei 5% notiert. Bei 2% der Unfälle wurde die Ursache 15 „Starkes Bremsen des Vorausfahrenden ohne zwingenden Grund“ angegeben. Bei 46 Unfällen (25%) wurden Ursachen angegeben, die auf auf den ersten Blick nicht auf Unfälle im Längsverkehr hinweisen. Abbildung 4.16 werden die Unfallursachen, der Unfälle im Längsverkehr angegeben. Die häufige Nennung der Unfallursachen, die auf Fehler beim Spurwechsel oder zu geringen Sicherheitsabstand hinweisen führt dazu, dass *Hypothese 3* in diesem Punkt bestätigt werden kann.

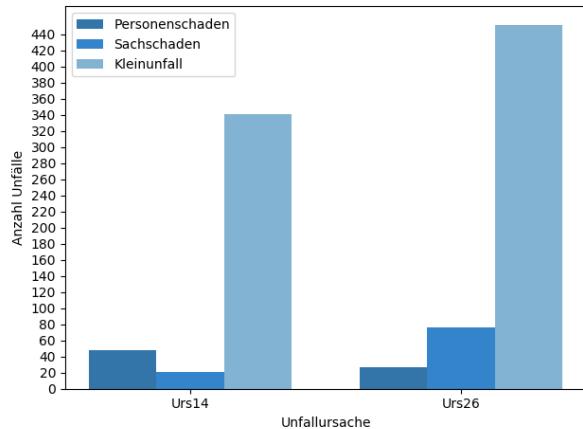


Abbildung 4.17.: Schwere der Unfälle, bei denen als Unfallursache Ungenügender Sicherheitsabstand bzw. Fehler beim Spurwechsel angegeben wurden

Betrachtet man nur die Unfallursachen 14 und 26 ohne Unfalltyp können auch Kleinunfälle mit berücksichtigt werden. Diese machen hier, wie in Abbildung 4.17 zu erkennen ist, mit % bei Ursache 26 bzw. % bei Ursache 14 einen erheblichen Anteil aus. Auffällig ist zudem, dass es zwar seltener zu Unfällen durch zu geringen Sicherheitsabstand kam, diese führten dafür häufiger zu Personenschaden, als die Unfälle beim Spurwechsel.

4.3.3. Unfälle durch ruhenden Verkehr

Unfälle des ruhenden Verkehrs stellen den Unfalltyp 5 in Abbildung 4.7 dar. Im Untersuchungszeitraum wurden 31 Unfälle von diesem Typ aufgenommen. Bei lediglich 13% davon kam es zu einem Personenschaden. Ein Unfalltyp wurde nur den Unfällen mit Personen- bzw. Sachschaden zugeordnet. Bei Kleinunfällen kann man nur anhand von angegebenen Unfallursachen darauf schließen, ob es sich um einen Unfall durch ruhenden Verkehr handelt. Betrachtet man zunächst die Unfälle denen ein Unfalltyp zugeordnet wurden ereigneten sich ca. 61% auf der Leopoldstraße, 29% auf der Ungererstraße und 10% auf der Schenkendorfstraße.

Eine weiter Möglichkeit Parkunfälle zu identifizieren ist die Unfallursache „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das anfährt, anhält, im ruh. Verkehr steht“ (1). Die Anzahl der Unfälle bei denen die Unfallart 1 angegeben wurde ist, wie in Abbildung 4.8 zu erkennen ist, mit insgesamt 187 Stück wesentlich höher als die Anzahl Unfälle, bei denen der Unfalltyp 5 angegeben wurde. Trotzdem ist das Verhältnis von Personen- zu Sachschaden sehr ähnlich, ebenso die Verteilung der Unfälle auf die drei Straßen des Untersuchungsgebiets.

Entlang der Leopold- und Ungererstraße sind innerhalb des Testgebiets Längsparkplätze auf beiden Seiten vorhanden. Die erhöhte Anzahl der Unfälle durch ruhenden

Verkehr in der Leopoldstraße kann dadurch erklärt werden, dass die Leopoldstraße in einem Mischgebiet liegt. Geschäfte führen zu Kurzparkverkehr. In der Ungererstraße ist überwiegend Wohnnutzung zu erkennen, hier wird der Parkverkehr daher überwiegend durch Anwohnerparken geprägt. Die geringe Anzahl der Unfälle durch ruhenden Verkehr auf der Schenkendorfstraße kann dadurch erklärt werden, dass es keine Parkmöglichkeiten im Seitenraum gibt. *Hypothese 4* gibt an, dass es im urbanen Raum häufig zu Konflikten mit Fahrzeugen im ruhenden Verkehr kommt. Besonders auffällig sind Bereiche mit Längsaufstellung am Fahrbahnrand. Dieser Punkt kann hier zum Teil bestätigt werden. Die Bereiche mit Längsparkplätzen weisen zwar mehr Unfälle durch ruhenden Verkehr auf, jedoch weichen die aufgenommenen Unfallzahlen trotz ähnlicher Parkstruktur stark voneinander ab. Es kommt also nicht nur auf die Anordnung der Parkplätze im Seitenraum an, sondern auch auf die Höhe des Verkehrsaufkommens und der Siedlungsstruktur.

Zusätzlich gibt die *Hypothese 4* an, dass verbotswidriges auf der Straße Halten/Parken eine bedeutende Rolle bei Unfällen im Ruhenden Verkehr spielt, da beim Vorbeifahren kritische Situationen entstehen, die Unfälle auslösen. Als Beispiel wird Parken in Zweiter Reihe genannt. Betrachtet man zunächst die Unfallursachen der Unfälle mit Unfalltyp 5, wurde in 71% der Fälle „andere Fehler beim Fahrzeugführer“ (49) angegeben. Bei den Unfällen mit der Unfallart 1 überwiegt ebenso die Ursache 49. Da diese Ursache keine Aussagekraft besitzt werden Unfallursachen, die dem ruhenden Verkehr zugeordnet werden direkt betrachtet. Eine davon ist „unzulässiges Halten oder Parken“ (43). Diese wurde jedoch nur zwei mal innerhalb des Untersuchungszeitraums einem Unfall zugeordnet und liefert daher keine ausreichende Auskunft. Etwas häufiger, insgesamt 17 mal, wurde die Ursache „verkehrswidriges Verhalten beim Ein- oder Aussteigen, Be- und Entladen“ angegeben. Hierbei kam es jedoch in 15 Unfällen nur zu Kleinunfällen. Diese Ursache könnte allerdings auf Unfälle mit Lieferverkehr hinweisen die, ähnlich wie in Abbildung 4.19 zu erkennen ist, in der zweiten Reihe parken/halten. Die Aufnahme in Abbildung 4.19 wurde bei einer Ortsbegehung aufgenommen. Keinem der Unfälle bei denen eine der beiden Ursachen angegeben wurde wurde gleichzeitig der Unfalltyp 5 zugeordnet, dafür immer die Unfallart 1. Eine weiter Unfallursache, die auf Unfälle, mit Fahrzeugen welche auf der Straße Halten, hindeutet ist „Nichtbeachten des nachfolgenden Verkehrs beim Vorbeifahren an haltenden Fahrzeugen“ (25). Sie wurde bei vier Unfällen mit Sachschaden, wovon nur einem Unfall gleichzeitig die Unfallart 1 zugeordnet wurde, und fünf Kleinunfällen angegeben. Da die Anzahl der Unfälle, denen die oben genannten Ursachen zugeordnet wurden gering ist, kann *Hypothese 4* hier nicht bestätigt werden. Um herauszufinden, welche Unfälle sich wirklich durch verbotswidriges Halten/Parken ereignet haben müssten genauere Beschreibungen zu den Unfällen vorliegen.

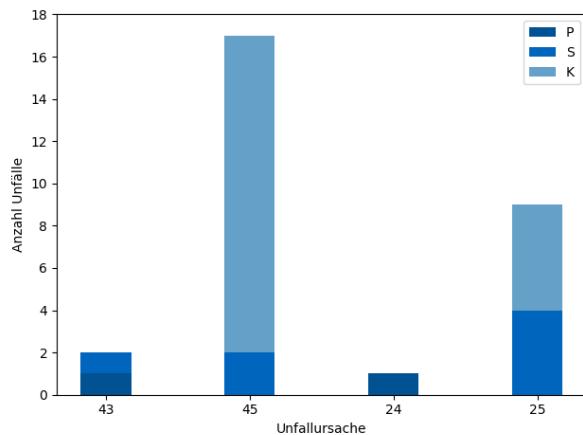


Abbildung 4.18.: Unfallursachen die Auskunft über Unfälle im Ruhenden Verkehr geben können, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden



Abbildung 4.19.: Parken in zweiter Reihe auf der Ungererstraße, zu Be- bzw. Entladen

4.3.4. Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern

Betrachtet man Abbildung 4.9 ist zu erkennen, dass der Anteil an Unfällen an denen Fahrradfahrer, Fußgänger oder unbekannte Personen, sogenannte ungeschützte Verkehrsteilnehmer, beteiligt waren gering ist. Die Beteiligungsart wurde nur für Unfälle mit Sach- oder Personenschaden angegeben. Es kann daher anhand der vorliegenden Unfalldaten nicht ausgewertet werden, wie viele ungeschützte Verkehrsteilnehmer an Kleinunfällen beteiligt waren. Unfälle mit Moped/Motorrad Beteiligung sollen hier auch zu den ungeschützten Verkehrsteilnehmern gezählt werden. Insgesamt gab es innerhalb des Untersuchungszeitraums 725 Unfälle bei denen es zu einem Personen

oder Sachschaden kam. Die Anzahl der Unfälle stimmt nur mit der Summer der Hauptbeteiligten überein, da auch Alleinunfälle aufgenommen wurden. Betrachtet man zunächst die Hauptunfallverursacher wurden 88% der Unfälle durch motorisierte Verkehrsteilnehmer (ohne Moped/Motorrad) ausgelöst. Lediglich in 12% der Fälle waren ungeschützte Verkehrsteilnehmer Hauptverursacher. In 654 Fällen gab es mindesten zwei Unfallbeteiligte, hier betrug der Anteil an motorisierten Fahrzeugen 76,5%, an ungeschützten Verkehrsteilnehmern 23,5%. Unfälle mit drei Unfallbeteiligten gab es innerhalb des Untersuchungszeitraums nur 71 Stück. Dabei wurden bei 97% der Unfälle motorisierte Verkehrsteilnehmer als dritte Beteiligungsart angegeben.

Hypothese 5 gibt an, dass die Komplexität, und somit die Zahl der Unfälle, einer Fahrsituation erhöht wird, sobald nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer daran beteiligt sind. Betrachtet man die Art der Verkehrsbeteiligung im Untersuchungsgebiet kann dies nicht bestätigt werden. Der Anteil an motorisierten Verkehrsteilnehmern sowohl als Hauptverursacher eines Unfalls als auch als weiterer Unfallbeteiligter ist deutlich höher als der der nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer, hier als ungeschützt bezeichnet.

Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Teststrecke mit der Schenkendorfstraße einen Teil des Mittleren Rings beinhaltet. Hier kommt es seltener zur Beteiligung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern, da sie auf Teilen des Streckennetzes gar keinen Zugang haben. Auf der Leopoldstraße ist die Beteiligung von ungeschützten Verkehrsteilnehmern höher, da viele Geschäfte und Haltestellen des ÖPNV's vorhanden sind. Um die Hypothese genauer überprüfen zu können müssten man auf Verkehrsstärken an verschiedenen Punkten im Untersuchungsgebiet zugreifen zu können. So könnte man herausfinden, ob sich mit steigender Anzahl an ungeschützten Verkehrsteilnehmern die Anzahl der Unfälle verändert. Für diese Arbeit liegen leider nur Messwerte an einzelnen Knotenpunkten für den motorisierten Verkehr vor. Die Werte wurden Anhand von Detektoren in der Straße ermittelt. Werte für Fußgänger und Radfahrer müssten voraussichtlich anhand von Verkehrszählungen ausgewertet werden, da sie schlecht mit Detektoren gemessen werden können.

Zusätzlich gibt *Hypothese 5* an, dass durch den geringen Schutz von Radfahrern/-Fußgängern der Verletzungsgrad höher ist als bei Unfällen, an denen nur motorisierte Verkehrsteilnehmer beteiligt sind. Abbildung 4.20 stellt die Beteiligung von ungeschützten und motorisierten Verkehrsteilnehmern an Unfälle mit Personenschaden dar. Es ist zu erkennen, dass Unfällen zwischen motorisierten und ungeschützten Verkehrsteilnehmern fast 50% der Unfälle mit Personenschaden im Testgebiet ausmachen. Motorrad- und Mopedfahrer wurden hier bei den ungeschützten Verkehrsteilnehmern berücksichtigt. Am geringsten ist die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden zwischen zwei ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Ein Grund hierfür könnte die oft geringe Geschwindigkeit von ungeschützten Verkehrsteilnehmern sein. In ca. 35% ereignete sich ein Personenschaden bei Unfällen zwischen zwei motorisierten Verkehrsteilnehmern. 10,5% der Unfälle mit Personenschaden machen Alleinunfälle aus. Zu Alleinunfällen kam es bei Mopeds, Pkw'a und Fahrrädern. Die Fahrräder machten hierbei mit 21

Alleinunfällen den größten Anteil aus.

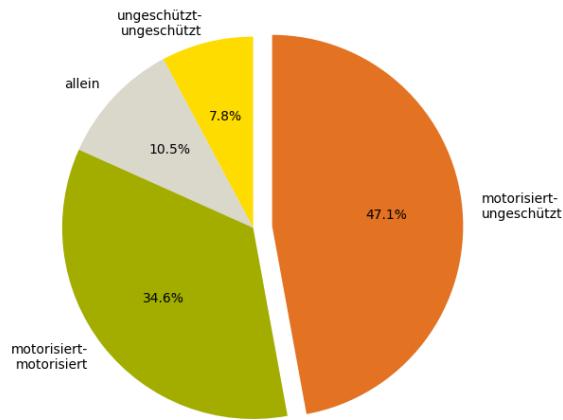


Abbildung 4.20.: Beteiligung von motorisierten und ungeschützten Verkehrsteilnehmern an Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.21 ist die Verletzungsschwere von Pkw-Fahrer dargestellt. Andere motorisierte Verkehrsteilnehmer werden nicht betrachtet, da sie selten an Unfällen beteiligt sind (vgl. Abbildung 4.9). Pkw's sind zwar häufig an Unfällen mit Personenschaden beteiligt, tragen aber selbst selten eine Verletzung davon. Lediglich in 10% der Unfälle mit Personenschaden wurde ein Pkw-Fahrer leicht verletzt.

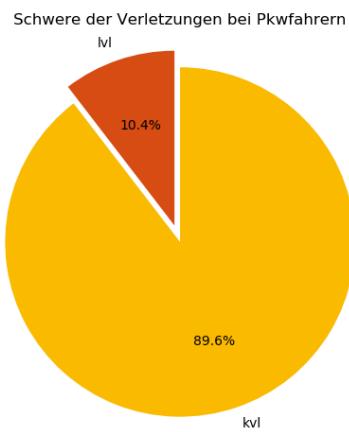


Abbildung 4.21.: Schwere der Verletzungen von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Bei Radfahrern kommt es dagegen bei Unfällen mit Personenschaden in über 80% der

Fälle zu Verletzungen. In 10% wurden Radfahrer sogar schwer verletzt. Fußgänger sind zwar seltener an Unfällen beteiligt, tragen dafür bei einer Unfallbeteiligung fast immer eine Verletzung davon. Im Untersuchungsgebiet kam es bei 93% der Unfälle an denen Fußgänger beteiligt waren zu einem Personenschaden. 80% führten zu einer leichten Verletzung bei ca. 7% wurden die Fußgänger schwer oder tödlich verletzt. Abbildung 4.22 stellt die Verletzungsschwere von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschaden dar. Die Annahmen in *Hypothese 5*, dass der Verletzungsgrad bei Ungeschützten Verkehrsteilnehmern höher ist kann daher bestätigt werden.

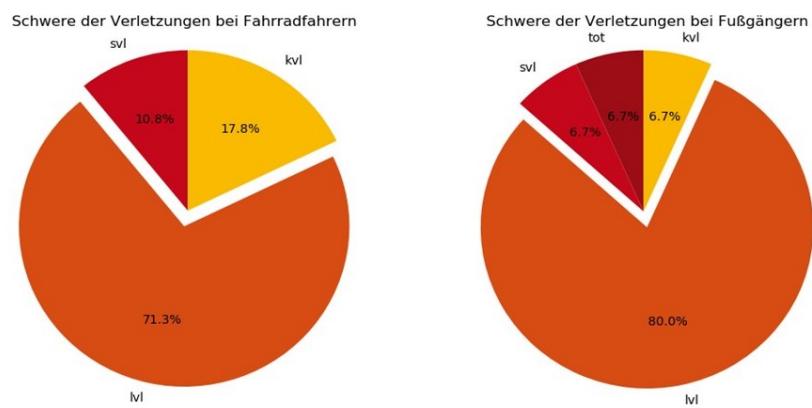


Abbildung 4.22.: Schwere der Verletzungen von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

4.3.5. Unfälle mit Radfahrerbeteiligung beim Abbiegen

Bei Unfällen bei denen die Unfallursache „Fehler beim Abbiegen nach rechts“ (34) angegeben wurde kam es in 86% der Fälle zu Unfällen mit Radfahrern. Dabei waren die Radfahrer, bis auf einmal, nicht Hauptverursacher der Unfalls. Bei den Hauptverursachern handelte es sich in fast 89% der Fällen um Pkw-Fahrer. Bei drei Unfällen waren Lkw-Fahrer die Hauptverursacher, bei jeweils einem Unfall ein Motorrad- und ein Reisebusfahrer. Insgesamt kam es innerhalb des Testgebiets im Untersuchungszeitraum zu 45 Unfällen mit Radfahrerbeteiligung, bei denen die Ursache „Fehler beim Abbiegen nach rechts“ bei den jeweiligen Hauptverursachern des Unfalls angegeben wurde.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

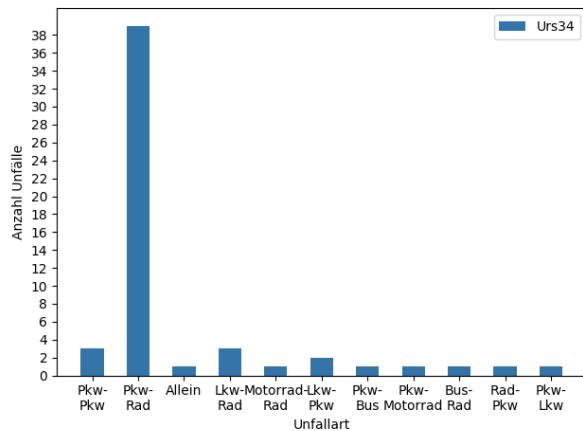


Abbildung 4.23.: Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 34, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Ursache „Fehler beim Abbiegen nach links“ (35) wurde lediglich bei ca. 26% der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung angegeben. Hierbei war keiner der Radfahrer Hauptverursacher. Bei den Hauptverursachern handelte es sich bis auf einen Fall, Motorradfahrer, immer um Pkw-Fahrer. Innerhalb des Testgebiets ereigneten sich zwölf Unfälle mit Radfahrerbeteiligung, bei denen die Unfallursache 35 bei Hauptverursacher angegeben wurde. Die Abbildungen 4.23 und 4.24 zeigen, bei wie vielen Unfällen im Testgebiet die zwei genannten Ursachen, mit den jeweiligen Unfallbeteiligten angegeben wurden. Auffällig ist, dass keine der beiden Ursachen bei Unfällen mit Fußgängern angegeben wurde.

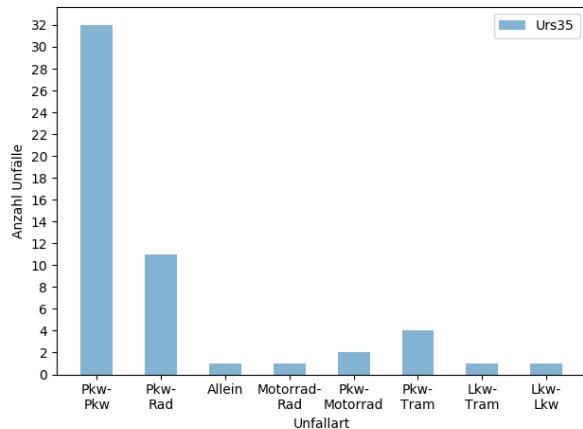


Abbildung 4.24.: Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Betrachtet man die Unfallart, wurde bei den Unfällen mit der Ursache 34 und Radfahrerbeteiligung am häufigsten die Unfallart „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt genannt“ (5). Gefolgt von „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das seitlich oder in gleiche Richtung fährt“ (3) und „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das entgegenkommt“ (4). In einem Fall wurde die Ursache „Zusammenstoß mit Fahrzeug, anfährt, anhält, im ruh. Verkehr steht“ (1) genannt. Wie in Abbildung 4.25 zu erkennen ist, weisen die Unfälle mit der Unfallursache 35 ein ähnliches Bild auf. Hier steht lediglich die Unfallart 4 an zweiter und die Unfallart 3 an dritter Position .

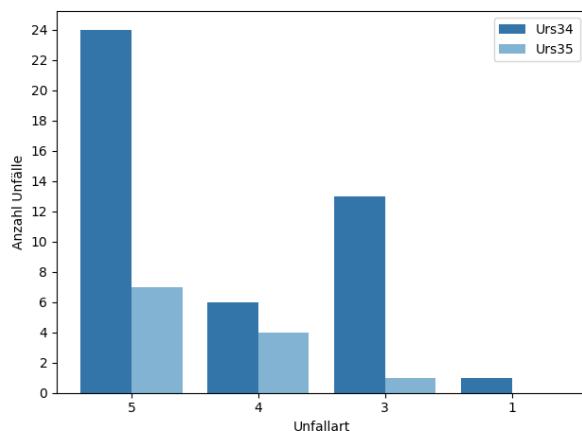


Abbildung 4.25.: Unfallart bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Angabe der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Hypothese 6 gibt an, dass sich beim Rechtsabbiegen häufiger Unfälle mit Radfahrern oder Fußgängern die sich parallel zum Fahrzeug bewegen ereignen als beim Linksabbiegen. Während sich deutlich mehr Unfälle mit Fahrradbeteiligung beim Rechtsabbiegen ereignen kann zu Unfällen mit Fußgängerbeteiligung anhand der vorhandenen Daten keine Angabe gemacht werden. Ob sich die Radfahrer bei den Unfällen parallel zum Unfallverursacher bewegt haben soll anhand der Unfallart überprüft werden. Wurde die Unfallart 3 oder 4 genannt, bewegten sich die Radfahrer parallel zum Unfallverursacher. Wurde die Unfallart 5 angegeben ist zunächst davon auszugehen, dass sich die Radfahrer hier nicht parallel zum Fahrzeugverkehr bewegten. Bei einer Stichprobenhaften Überprüfung der Kurzbeschreibungen für das Jahr 2013 bis 2016, ist zu erkennen, dass sich die Radfahrer auch hier häufig parallel zum Unfallverursacher bewegten. Da die Kurzbeschreibungen nicht für den gesamten Untersuchungszeitraum vorliegen soll hier zunächst nur darauf hingewiesen werden, dass auch Unfälle der Art 5 mit parallelen Bewegungen stattfinden können. Insgesamt wurde die Unfallart 5, wie in Abbildung 4.25 zu erkennen ist, häufiger angegeben als Unfallart 3 und 4 zusammen. Die Annahme in *Hypothese 6*, dass sich die Unfallbeteiligten parallel

bewegten kann zunächst nicht bestätigt werden. Es sollte allerdings immer anhand der Kurzbeschreibungen überprüft werden, ob nicht auch Unfälle bei denen die Unfallart 5 genannt wurde solch ein Bewegungsmuster aufweisen.

Zusätzlich gibt *Hypothese 6* an, dass kritische Situationen, vor allem dann entstehen, wenn Radfahrer den Radweg in die falsche Richtung befahren. Hierfür werden Unfälle mit Radfahrern im Untersuchungsgebiet betrachtet, bei denen die Ursachen „Verbotswidrige Benutzung der Fahrbahn oder anderer Straßenteile (z.B. Gehweg, Radweg)“ (10) oder „Benutzung der Fahrbahn entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung in anderen Fällen“ (9) angegeben wurden. Im Untersuchungszeitraum wurde bei insgesamt zwölf Unfällen mit Radfahrerbeteiligung die Ursache 10 angegeben. Bis auf einmal wurde sie immer dem beteiligten Radfahrer zugeordnet. Es kam sieben mal zu Unfällen mit Pkw-Rad Beteiligung, vier mal ereignete sich ein Unfall mit zwei Radfahrern und einmal kam es zu einem Unfall mit Rad-Pkw Beteiligung. Der Erstgenannte ist hierbei immer der Unfallverursacher. Die Unfallursache 9 wurden lediglich bei zwei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung angegeben. Um diesen Teil der *Hypothese 6* bestätigen zu können müsste zu den Ursachen 10 und 9 noch die Ursachen 34 oder 35 angegeben werden. Es kommt im Untersuchungsgebiet jedoch nur zu einem Unfall mit Radbeteiligung, bei dem sowohl die Ursache 10 als auch die Ursache 35 aufgenommen wurden. *Hypothese 6* kann daher in diesem Punkt nicht bestätigt werden.

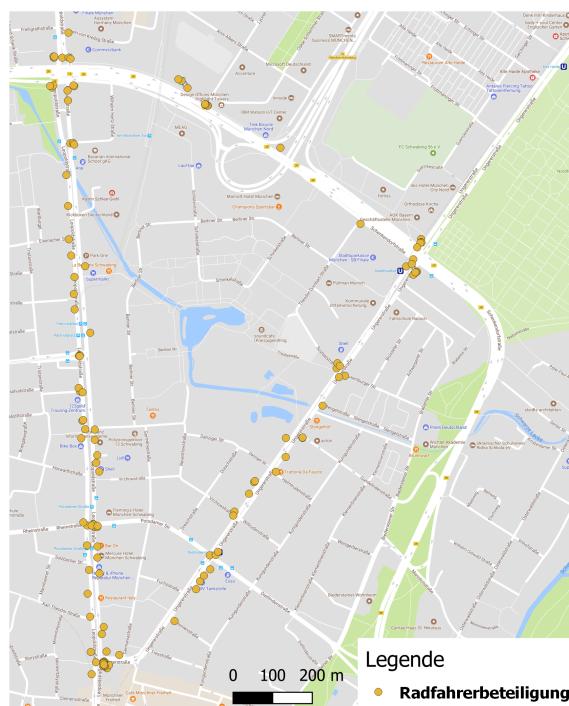


Abbildung 4.26.: Unfälle mit Fahrradbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.26 werden die Unfälle mit Fahrradbeteiligung dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass es an der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße vermehrt zu Unfällen mit Fahrradfahrern kommt. Hierbei wurden x von y Unfällen durch Fehler beim Rechtsabbiegen ausgelöst. Hierbei kommt es vor allem zu Konflikten, wenn Fahrzeuge die Leopoldstraße in nördliche Richtung befahren und nach rechts auf die Ungererstraße abbiegen. Der Radweg darf hier in beide Richtungen befahren werden und ist im Bereich der Einmündung, zumindest im Konfliktbereich, rot eingefärbt. Abbildung 4.27 wurde mit Blick in Richtung Norden aufgenommen, die Einfärbung ist rechts im Bild gut zu erkennen. Laut Bildern von Google Earth wurde die Markierung im Jahr 2016 angebracht. Das die vorhanden Unfalldaten nur bis zum Jahr 2016 reichen, kann nicht gesagt werden, ob die Konflikte reduziert werden konnten.



Abbildung 4.27.: Konfliktpunkt an der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße mit eingefärbter Radverkehrsanlage

4.3.6. Fehlverhalten der Fußgänger

Um Fehlern von Fahrzeugführern und Fußgängern unterscheiden zu können gibt es Unfallursachen die das Falsche Verhalten der Fußgänger beschreiben. In Abbildung 4.28 ist zu erkennen, dass im Testgebiet die Ursache „ohne auf den Fzg.-verkehr zu achten“ (64) am häufigsten angegeben wurde. Hierbei kam es fast immer zu einem Unfall mit Personenschaden.

An zweiter Position steht die Ursache „andere Fehler der Fußgänger“ (69). Obwohl es bei sechs Unfällen einen Personenschaden gab wurden keine weiteren Angaben gemacht um was für Fehler es sich genau handelt. Wählen es sich bei der erst genannten Unfallursache meist um Situationen handelt, in denen Fußgänger einfach auf die Straße treten ohne den Fzg.-Verkehr zu beachten kann dieser Punkt keiner bestimmten Situation im Straßenraum zugeordnet werden. Weitere Unfälle ereigneten sich „durch plötzliches Hervortreten hinter Sichthindernissen“ (63), „in der Nähe von Kreuzungen oder Einmündungen, Lichtzeichenanlagen oder Fußgängerüberwegen, bei dichtem Verkehr an anderen Stellen“ (62) oder durch „Nichtbenutzen des Gehwegs“ (65). Wenn diese drei Unfallursachen angegeben wurden kam es in acht von zehn Fällen zu einem Personenschaden. Etwas seltener und mit geringeren Folgen wurden dagegen die Ursachen „Nichtbenutzen der vorgeschriebenen Straßenseite“ (67) und „Nichtbenutzen des Gehwegs“ (66) angegeben.

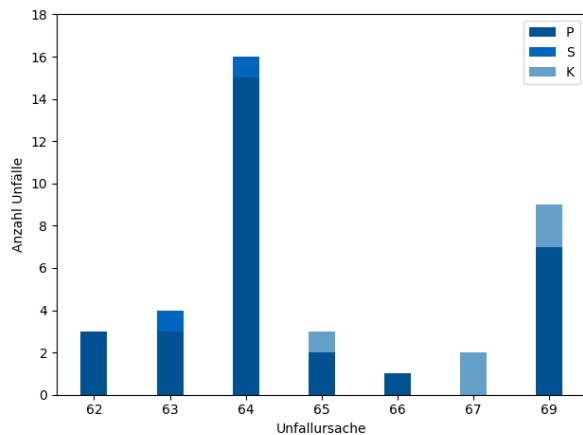


Abbildung 4.28.: Unfallursachen durch falsches Verhalten der Fußgänger mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

In Abbildung 4.9 ist zu erkennen, dass bei etwas mehr als der Hälfte der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, Fußgänger selbst die Hauptverursacher sind. Betrachtet man hier nochmals die Unfallursache „ohne auf den Fzg.-verkehr zu achten“ wurden sogar bei ca. 81% der Unfälle Fußgänger als Hauptbeteiligter angegeben. *Hypothese 8* gibt an, dass Falsches Verhalten der Fußgänger häufig die Ursache für Unfälle mit Personenschaden im urbanen Raum ist. Im Vergleich zu Kfz sind Fußgänger zwar seltener an Unfällen beteiligt, dafür kommt es bei einer Beteiligung häufig zu Personenschaden. Im Testgebiet gab es innerhalb von fünf Jahren 36 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, dabei kam es bei 30 zu einem Personenschaden. Betrachtet man alle Unfälle mit Personenschaden im Untersuchungsgebiet wurde immerhin bei 10% der Unfälle als Unfallursache falsches Verhalten der Fußgänger angegeben. *Hypothese 8* kann daher in diesem Punkt bestätigt werden.

Zusätzlich wurde in *Hypothese 8* angenommen, dass die Unfallursachen Rotlichtverstöße (60) und „Überschreiten der Fahrbahn ohne auf den Fzg.-verkehr zu achten“ dabei am häufigsten auftreten. In Abbildung 4.28 ist zu erkennen, dass Rotlichtverstöße innerhalb von fünf Jahren im Untersuchungsgebiet gar nicht aufgenommen wurden, während „Überschreiten der Fahrbahn ohne auf den Fzg.-verkehr zu achten“ am häufigsten genannt wurde. Abbildung 4.29 bezieht sich nur auf diese Ursache und gibt die Schwere der Verletzungen an. Hierbei ist auffällig, dass es lediglich bei 12,5% der am Unfall Beteiligten keine Verletzung (kvl) auftrat. Bei über 60% kam es zu leichten Verletzungen (lvl) und in jeweils 12,5% der Fälle wurden Unfallbeteiligte schwer (svl) oder sogar tödlich Verletzt (tot). Eine tödlich Verletzung trat im gesamten Untersuchungsgebiet innerhalb der Untersuchungszeiträume nur bei zwei Unfällen auf, diese machen genau die eben genannten 12,5% der Unfallursache 64 aus. Die *Hypothese 8* kann zwar in ihrem zweiten Teil nur in einem Punkt bestätigt werden. Dieser hat dafür

einen wesentlichen Einfluss auf Unfälle mit Personenschaden.

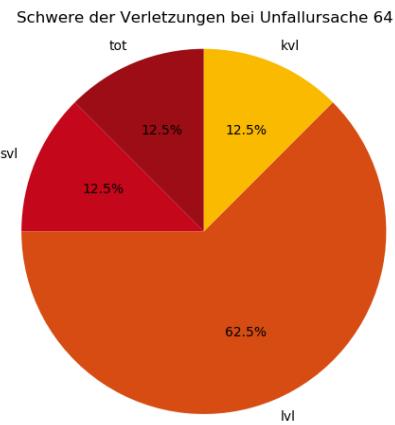


Abbildung 4.29.: Verletzungen die durch Unfälle mit Angabe der Ursache 64 bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Betrachtet man die den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung zugeordneten Besonderheit wurden im Testgebiet nur vier Mal „Fußgängerfurt“ und sechs Mal „Haltestelle“ angegeben. Überraschend ist, dass es bei „Fußgängerüberwegen“ kein Unfall mit Fußgängern gab. Obwohl diese Besonderheit in Abbildung 4.31 am häufigsten vorkommt. In *Hypothese 8* wird vermutet, dass sich Unfälle mit Fußgängern häufig in der Nähe von ÖPNV Haltestellen ereignen.

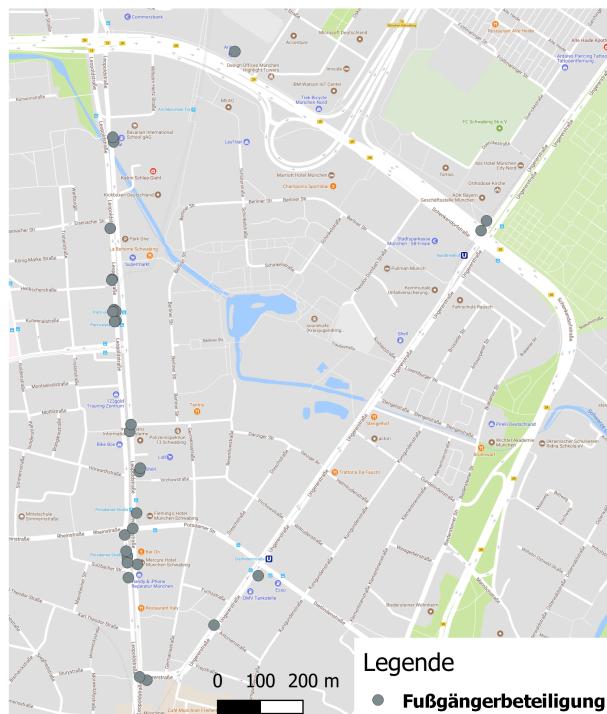


Abbildung 4.30.: Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Betrachtet man Abbildung 4.30 ist zu erkennen, dass sich vor allem im Bereich der Haltestellen Parzivalplatz und Potsdamer Straße Unfälle ereigneten. Am Parzivalplatz ereigneten sich fast 17% der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung um Bereich der Haltestelle Potsdamer Straße sogar 23%. Die beiden tödlichen Unfälle im Untersuchungszeitraum traten jeweils an einer der Haltestellen auf. *Hypothese 8* kann somit in diesem Punkt bestätigt werden. Auffällig ist auch, dass alle, bis auf fünf, Unfälle bei denen Fußgänger beteiligt waren auf der Leopoldstraße aufgenommen wurden.

4.3.7. Besonderheiten der Unfallstelle

Besonderheiten der Unfallstelle werden nur bei Unfällen mit Personen- und Sachschäden angegeben. Innerhalb des Testgebiets wurden in fünf Jahren bei 11,9% der Unfälle mit Personenschäden und bei lediglich 3,7% mit Sachschäden Besonderheiten angegeben. In Abbildung 4.31 werden die angegebenen Besonderheiten mit zugehörigem Unfallmodus dargestellt. Am häufigsten wurde als Besonderheit „Fußgängerüberweg“ (3) angegeben. Gefolgt von „Fußgängerfurt“ (4) und „Haltestelle“ (5). Betrachtet man diese drei Punkte genauer, fällt auf dass es bei Unfällen an denen die Besonderheit Haltestelle genannt wurde am häufigsten zu Unfällen mit Personenschäden kommt.

Unfälle an Fußgängerfurten führen ebenfalls häufiger zu Personen- als zu Sachschaden, während bei Fußgängerüberwegen die Unfälle mit Sachschaden überwiegen. Neben Fußgängerüberweg gibt es noch den „Schienengleichen Wegübergang“ (2). Diese Besonderheit wurde im Untersuchungsgebiet nur in zwei Fällen angegeben. Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass diese Eigenschaft nur in der Leopoldstraße, in dem Bereich mit Tram, angegeben werden kann.

In lediglich einem Fall wurde „Unübersichtlich“ (1) als Besonderheit angegeben und in drei Fällen war eine „Arbeitsstelle“ (6) im Bereich des Unfallorts vorhanden. Da sich innerhalb der Teststrecke kein Verkehrsberuhigter Bereich befindet, wurde diese Besonderheit (7) auch nie angegeben.

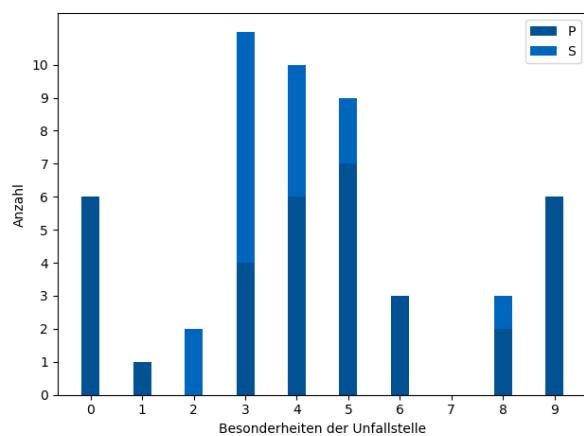


Abbildung 4.31.: Besonderheiten der Unfallstellen mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Bei Unfällen mit Personenschäden wurden die Besonderheiten „Benutzungspflicht der Radverkehrsanlage“ (0) und „baulich von der Fahrbahn getrennte Radverkehrsanlage“ am zweithäufigsten angegeben. Auffällig ist, dass diese Besonderheiten nur bei Unfällen mit Personenschäden angegeben wurden. /Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn oder lediglich durch Markierung von der Fahrbahn abgetrennt (8) wurde im Vergleich zu den zwei vorherigen Besonderheiten seltener angegeben. Während die Besonderheiten 7 und 9 jeweils 2% der Unfälle mit Personenschäden ausmachen wurde 8 nur in 0,8% der Fälle genannt.

Hypothese 7 gibt an, dass es bei baulich getrennten Radverkehrsanlagen häufiger zu Unfällen kommt als bei Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn. Die Anzahl der Unfälle bei denen diese zwei Punkte als Besonderheit genannt wurden ist zwar gering, trotzdem ist in Abbildung 4.31 zu erkennen, dass es bei baulich getrennten Radverkehrsanlagen häufiger zu Unfällen kam. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass innerhalb des Testgebiets größtenteils nur solche Radverkehrsanlagen vorhanden sind. Betrachtet

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

man diese zwei Besonderheiten etwas genauer fällt auf, dass die Radfahrer ungefähr zu gleichen Teilen als Beteiligter01 und Beteiligter02 angegeben werden. Zudem kommt es auf baulich getrennten Radverkehrsanlagen häufig zu Unfällen zwischen zwei Radfahrern oder zwischen Fahrrad und Fußgänger bzw. Fahrrad und Moped. Die Unfälle bei denen angegeben wurde, dass es sich um Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn handelt wiesen alle einen Konflikt zwischen Pkw und Fahrrad auf.

Im Testgebiet traten an der Einmündung Schenkendorfstraße/Leyonel-Feininger-Straße häufig Unfälle mit Fahrradbeteiligung auf siehe Abbildung Hierbei wurde bei zwei Unfällen die Besonderheit Radverkehrsanlage auf der Straße und bei einem getrennte Radverkehrsanlage angegeben. Bei den ersten zwei Unfällen ereignete sich der Unfall direkt am Knotenpunkt. Es kam dabei jeweils zu einem Unfall zwischen einem Pkw der nach rechts auf die Schenkendorfstraße einbiegen wollte und einem Radfahrer der von rechts kam. Der Radweg darf an dieser Stelle in beide Richtungen befahren werden. Der dritte Unfall trat an der Tankstelle unmittelbar neben der Einmündung auf. Auch hier wollte ein Pkw nach rechts Einbiegen und übersah einen von rechts kommenden Radfahrer. Da dieser Unfall sich allerdings im Bereich der Tankstelle ereignete wurde getrennte Radverkehrsanlage als Besonderheit angegeben. Die beiden Stelle sind im Abbildung 4.32 zu erkennen. In diesem Fall ist nicht die Art der Radverkehrsanlage für die Unfallhäufungen verantwortlich, sondern die Freigabe des Radwegs entgegen die Fahrtrichtung. Mit dieser Situation rechnen Fahrzeugführer häufig nicht, obwohl an der Einmündung, vgl. Abbildung 4.32, deutlich kenntlich gemacht wurde, dass Radfahrer von beiden Seiten kommen können. Die Markierungen waren laut Bildern von Google Earth auch schon zu den jeweiligen Unfallzeitpunkten vorhanden.

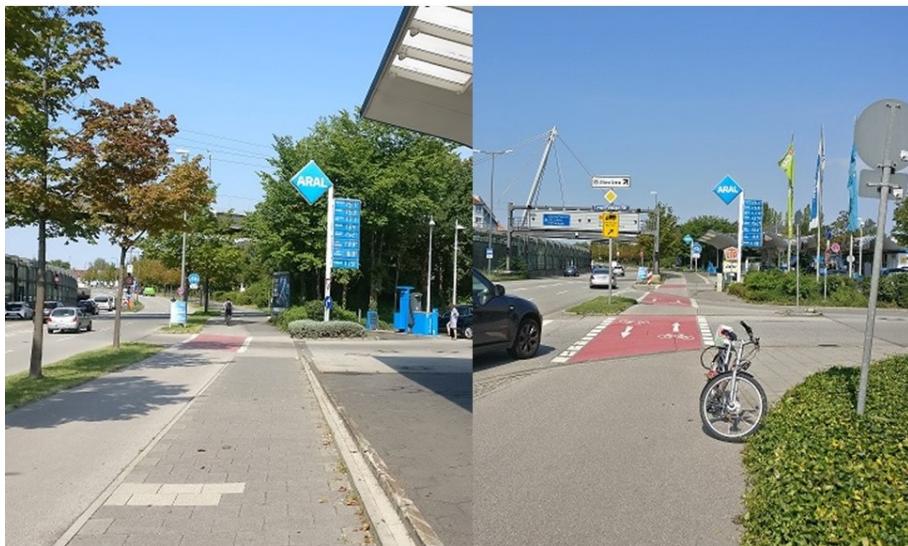


Abbildung 4.32.: Links: Ausfahrt der Aral Tankstelle mit baulich von der Fahrbahn getrennter Radverkehrsanlage Rechts: Einmündung mit markiertem Radweg auf der Fahrbahn

Hypothese 7 kann daher nur bedingt bestätigt werden. Sie wird zunächst Anhand der statistischen Auswertung in Abbildung 4.31 bekräftigt. Das Unfallgeschehen an der Einmündung Lyonel-Feininger-Straße macht dagegen deutlich, dass nicht nur die Art der Radverkehrsanlage sondern auch die Führung der Radfahrer von Bedeutung ist. Zusätzlich scheint der Einfluss der vorhanden Markierung, trotz Roteinfärbung, nicht den gewünschten Effet zu erbringen. Dies kann jedoch nicht nachgewiesen werden, da keine Unfallzahlen für einen Zeitraum vorliegen, in dem keine Markierung vorhanden war.

4.3.8. Einfluss allgemeiner Unfallursachen

Neben den persönlichen Ursachen können je Unfall bis zu zwei allgemeine Ursachen angegeben werden. Abbildung 4.33 zeigt die allgemeinen Ursachen die Unfällen im Testgebiet innerhalb von fünf Jahren zugewiesen wurden. Es ist zu erkennen, dass „Glätte oder Schlüpfrigkeit der Fahrbahn“ (Nr. 70 bis 74) neben dem Punkt „Sonstige Ursachen“ (Nr. 89) am häufigsten zu Unfällen führten. Obwohl sonstige Ursachen am häufigsten genannt wurden, können sie hier nicht näher betrachtet werden, da keine zusätzlichen Beschreibungen über die Art vorliegen. Auffällig ist, dass Schnee, Eis (Nr. 72) zwar häufiger als Unfallursache angegeben wurden, Regen (Nr. 72) dafür zu mehr Unfällen mit Personenschäden führt.

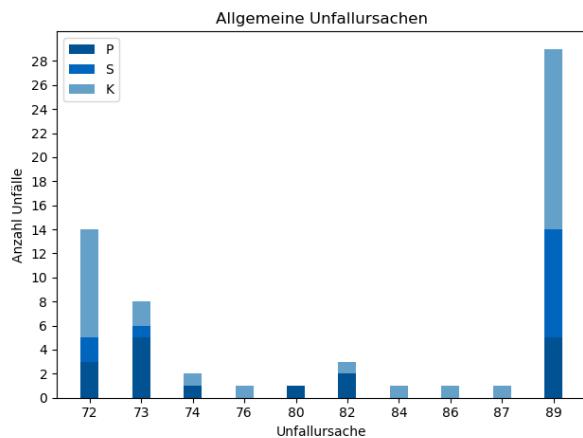


Abbildung 4.33.: [Allgemeinen Unfallursachen mit Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden]

Witterungseinflüsse können nicht nur die Straßenverhältnisse beeinflussen sondern auch zu Sichtbehinderungen führen (Nr. 80 bis 84). Innerhalb von fünf Jahren wurden im Testgebiet jedoch nur bei fünf Unfällen eine dieser Ursachen angegeben. Jeweils ein Unfall wurde durch starken Regen, Hagel, Schnee (Nr. 81) bzw. Unwetter (Nr. 84) und drei durch blendende Sonne (Nr. 82) beeinflusst. Zwei der Unfälle die sich durch Sonnenblendung ereigneten hatten sogar einen Personenschaden zur Folge. Betrachtete man jedoch alle Unfälle mit Personenschaden im Untersuchungsgebiet über die fünf Jahre wurden lediglich 0,7 % durch blendende Sonne beeinflusst. *Hypothese 9* gibt an, dass es bei Sichtbehinderung durch blendende Sonne vermehrt zu Unfällen kommt. Blendende Sonne wird zwar im Vergleich zu den anderen Ursachen am häufigsten genannt, aber trotzdem zu selten um ihr eine wirkliche Bedeutung zukommen zu lassen. *Hypothese 9* kann daher nicht bestätigt werden. Trotzdem sollte man die Einwirkung durch blendende Sonne mit Fokus auf Kapitel 5 nicht vernachlässigen, Sensoren von automatisierten Fahrzeugen könnten hier Schwierigkeiten haben.

Noch seltener haben der „Zustand der Straße“ (Nr. 75 bis 79) und „Hindernisse“ Einfluss auf Unfälle innerhalb des Testgebiets. Sie werden im Summe nur drei mal genannt und deshalb nicht näher betrachtet. Allgemeine Unfallursachen, die in dem betrachteten Zeitraum nie einem Unfall zugewiesen wurden werden in Abbildung 4.33 nicht berücksichtigt.

4.4. Unfallhäufungsstellen/Unfallschwerpunkte

Um markante Punkte der Teststrecke ausfindig zu machen werden zunächst alle Unfälle auf einer Übersichtskarte dargestellt und dann Auffälligkeiten genauer betrachtet.

4.5. Zuordnung der Unfälle zu Fahrsituationen

4.6. Zwischenfazit

4.7. Sonstiges

4.7.1. Unfallursachen

Es gibt häufig nicht nur eine Unfallursache, sondern verschiedene Rahmenbedingungen mit negativem Einfluss auf die Verkehrssituation. (FGSV)

Unfälle haben im Schnitt 1,4 Ursachen. Die Hauptunfallursachen beim Fahrzeugführer sind Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren sowie beim Ein- und Anfahren. Am Zweithäufigsten wird die Vorfahrt bzw. der Vorrang anderer missachtet. [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016, S.149]

5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrzeuge

"Die Motivation zur Teilnahme am Straßenverkehr ist Mobilität, nicht Sicherheit." [HUGUENIN et al., 2017, S.146]

Äutonomes Fahren: Die Fahraufgabe nach Donges wird „vollautomatisiert“ ausgeführt. Diese Definition wird erweitert um die Annahme, dass die Ausführung der Fahraufgabe auf Basis maschinell autonomen Verhaltens, innerhalb einer vorher festgelegten Verhaltensrahmens, geschieht." [MAURER et al., 2015, S.34]

Einige wenige Unfallkonstellationen werden sich auch durch die Erhöhung des Automatisierungsgrades nicht verhindern lassen. Zusätzlich muss bei höherer Automatisierung ein spezifisches Automatisierungsrisiko berücksichtigt werden. ("Dieses Risiko wird begrenzt durch Maßnahmen der funktionalen Sicherheit in Bezug auf elektrische und elektronische Fehler sowie die bei Nutzung von Sensorik zwangsläufig begrenzte Wahrnehmung von Vorgängen in der Außenwelt.") [GASSER, 2011, S.5]

"Der Fahrer ist bei der Entstehung von Unfallsituationen häufig nicht in der Lage, ein vollständiges Situationsmodell aufzubauen und kann somit nicht angemessen auf die Situation in der Umgebung reagieren." [ZADEMACH, 2015, S.48] Der Aufbau eines Situationsmodells wird durch sich potenziell bewegende Objekte erschwert. Dies liegt vor allem darin, dass der Fahrer das Verhalten dynamischer Objekte nur schwer vorhersagen kann und sich dadurch die Wahrscheinlichkeit unvorhergesehener Ereignisse erhöht.

FAS bestehen aus drei Grundkomponenten:

- Sensorik (Zuständig für die Informationserkennung)
- Hard- und Software (Verarbeitet die durch die Sensoren erfassten Informationen und gleicht diese mit dem Soll-Zustand ab)
- Aktorik oder auch Mensch-Maschine Schnittstelle genannt (Gleicht den Unterschied zw. dem Ist- und Soll-Zustand aus) [BLAKAJ, 2016, S.10]

Beim voll automatisierten Fahren würde die dritte Komponente wegfallen, da der Fahrer nicht mehr verpflichtet ist einzutreten bzw. bei Fahrten zum Parkplatz gar kein Fahrer an Bord ist.

Drei Stufen von FAS:

5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrze

- Systemen, die den Bewegungszustand des Fahrzeugs erkennen und mit dem Fahrerwunsch vergleichen können.
- Systeme, die zusätzlich durch fahrzeugseitige Sensoren bereitgestellt Informationen über das Umfeld verwenden. (Automatische Schutzmechanismen)
- Stufe drei wird erreicht, wenn dem Fahrzeug zusätzliche durch die eigene Sensorik nicht zugängliche Informationen zur Verfügung gestellt werden. (C2C, C2I, C2X)

Die drei Stufen werden bei der Entwicklung nicht nacheinander durchlaufen, sondern überschneiden sich [WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, 2011a, S.88].

Assistenzsysteme können in vier Gruppen unterteilt werden: Informationssysteme, Warnsysteme, aktiv unterstützende Systeme und eingreifende Systeme. Eine Erweiterung um eine fünfte Gruppe würden dann Systeme darstellen, die selbständig bestimmte Aktionen übernehmen, ohne dass der Fahrer dies verhindern oder korrigieren kann [VOLLRATH et al., 2006, S.13].

„Es sollte daher geprüft werden, ob für autonom arbeitenden, nicht übersteuerbare Systeme mit erheblichem unfallvermeidendem oder schützendem Potenzial eine besondere Form der Typgenehmigung möglich ist, die die Risiken der Erprobung unter realen Bedingungen für die Herstelle, Halter und Versicherungen kalkulierbar macht“[WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, 2011a, S.89].

„Die Fehlerrate eines konventionellen Fahrers wird mit ca. $2,2 \cdot 10^{10}$ Unfallbeteiligungen/Stunde geschätzt. Die Anforderungen an autonome Fahrzeuge liegen mit 10^{10} Unfallbeteiligungen/Stunde extrem hochaktuell ist die Umfelderkennung weit davon entfernt solch einen Wert zu garantieren. Daraus ergibt sich, dass die Voraussetzung für jegliche Art autonomes Fahren zunächst die sensorielle Wahrnehmung der Umgebung darstellt. Vor allem im urbanen Bereich sind für den Nachweis der Sicherheit außerordentlich umfangreiche Feldtests notwendig [KLINGNER et al., 2017, S.246-249].

Empfehlungen für FAS bei gefährlichen Abbiegesituationen mit Radfahrern: Erforderlich ist die Detektion von Radfahrern, die sich mit vergleichsweise hohen Geschwindigkeiten bei oft gleichzeitig eher geringer Abbiegegeschwindigkeit des Kfz von hinten nähern. Ebenso sollten Assistenzsysteme auch links fahrende Radfahrer erkennen können und auch beim Linksabbiegen unterstützen.“[SCHREIBER et al., 2014, S.310]

BREMER [2004, S.55] weißt drauf hin, dass der Schilderwald in den Städten immer dichter wird. Es ist selbst für den menschlichen Fahrer schwer das ihn betreffende Schild rechtzeitig zu erkennen. Häufig führen zu viele sich zum Teil widersprechende Schilder dazu, dass der Fahrer überfordert ist. Kann dieses Problem durch automatisiertes Fahren gelöst werden?

Bei der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge darf die Planerkennung nicht vernachlässigt werden. Was können Sensoren wirklich alles erfassen? Ist es möglich Absichten anderer Verkehrsteilnehmer, vor allem von Fußgängern und Radfahrern, zu erkennen? Die Möglichkeit Hypothesen über die Absichten von Verkehrsteilnehmern zu erstellen, ist die Voraussetzung für die Erkennung kritischer Situationen [MOCK-HECKER, 1994, S.30].

KOSSAK [2017, S.639] nennt folgende zwingende Bedingungen für eine vertretbare volle Automatisierung im Straßenverkehr: alle Automobile:

- können sämtlich Hindernisse in der unmittelbaren Umgebung rechtzeitig erkennen und korrekt identifizieren
- verfügen über jederzeit perfekt aktualisierte Straßenkarten und
- sind mit einer Software ausgestattet, die absolut einwandfrei funktioniert."

Er weist zudem auf die Anfälligkeit digitaler Systemen in bestimmten Bereichen hin. Schnee, Hagel, Starkregen oder Vereisung der Monitore und Sensoren können Fehlerfunktionen bewirken. Die Spiegelung der Sonne in Fenstern der Straßenbebauung hat bereits zu kritischen Systemstörungen selbst im konventionellen Bereich der FAS geführt. Ein weiteres Problem könnte sich dadurch ergeben, dass AVs wahrscheinlich so programmiert werden, dass es zu gut wie Möglich vermieden wird Fußgänger zu treffen und zu verletzen. Das könnte dazu führen, dass Fußgänger und Radfahrer die Situation ausnutzen und die Autos "ärgern". Zudem erschwert es die Vielfalt unterschiedlicher und/oder unterschiedlich positionierter Verkehrszeichen insbesondere in Sonderzonen (z.B. Baustellen) den automatischen Systemen, Situationen korrekt zu erkennen und einzuordnen. Sind die Schilder schlecht positioniert oder wegen mangelhafter Wartung schlecht erkennbar kann es zum Teil dazu führen, dass es unmöglich ist sie zu erkennen. Dies gilt nicht nur für Schilder, sondern auch für Worte und Texte die oft Zusammen mit Verkehrsschildern als Ergänzung angebracht werden. Hier kommt noch dazu, dass sie in anderen Ländern in einer "fremden Sprache" auftreten.

GSCHWENDTNER [2015, S.18-21] geht auf vorhanden FAS im Bereich niedriger Geschwindigkeiten ein um Sachschadensunfälle zu vermeiden. Es gibt Bereits Systeme die in diesem Bereich wirken (z.B. Einpark-Assistent, Einparkhilfe). Dies werden aktuell häufig als Komfortsysteme vermarktet, da sie nur einen indirekten Einfluss haben. Es gibt erst wenige Systeme die nicht nur warnen, sondern auch direkt eingreifen. Auffällig ist zudem, dass bei allen vorhandenen FAS die Fahrzeugflanken, bei denen es bei einer Beschädigung zu hohen Reparaturkosten kommt, vernachlässigt werden. Dies soll in Zukunft durch eine Rundumüberwachung vermieden werden. Zudem erhofft man sich zukünftig z.B. von Valet-Parking-Systemen oder FAS-Systemen die vom Nutzer gesteuert werden (z.B. Handsteuerung) großes Potential im Bereich der Sachschadensunfälle.

GERSTENBERGER [2015, S.29] stellt fest, „dass für die Unterstützung des Fahrers durch Assistenzsysteme am Knotenpunkt vor allem die Einschätzung des kritischen Verhaltens

5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrze

notwendig ist.“ Dabei müssen vor allem Sichtbehinderungen bei der Annäherung und die Fahrabsicht anderer Verkehrsteilnehmer erkannt werden.

“Die durch die Anwendung von Kommunikation (V2V, V2I) ermöglichte räumliche und zeitliche Erweiterung des Wahrnehmungshorizonts erlaubt es, potentielle Gefahrensituationen im Voraus zu erkennen und mögliche Verkehrsunfälle zu vermeiden.”[GERSTENBERGER, 2015, S.59]

Gerstenberger nennt auf S.160 mögliche Ansätze zur Adressierung grundlegender Ursachen von Knotenpunktunfällen durch Maßnahmen im System Mensch-Straße-Fahrzeug.

Systeme die dazu dienen die Fahrbahn zu beobachten sind z.B. Videokameras, Radar- oder Lasersensoren können für die Abstands- und Geschwindigkeitserkennung verwendet werden [SCHMIDT, 2010, S.4-5].

Viele Unfälle entstehen durch Abstandfehler, hier ist eine gute Unterstützung durch FAS möglich [SCHMIDT, 2010, S.25].

SSpezifische Wirkungen sind unmittelbare Auswirkungen des Agierens des Systems sowie die Reaktionen des Fahrers auf Informationen, Warnungen und Eingriffe des Systems. Unspezifische Wirkungen sind die mittelbaren Effekte, die sich aus dem Vorhandensein eines Fahrerassistenzsystems für die Fahrweise ergeben.”[GRÜNDL, 2005, S.50-51]

“Die Erkennung des Ampellicts könnte aus technischer Sicht ein Problem darstellen, Sensoren die dies zuverlässig ermöglichen sind noch sehr kostspielig.”[GRÜNDL, 2005, S.230]”Das vielversprechendste FAS stellt die Automatische Notbremse dar.”[GRÜNDL, 2005, S.243] ”Besonders wünschenswert wäre es, wenn nicht nur der vor dem Fahrzeug liegende Bereich sonder ebenso die seitlichen Bereiche des Fahrzeugs erfasst würden, sp dass vpn der Seite nahende Gefahren erkannt werden können.”[GRÜNDL, 2005, S.244]

Anforderung an aktive Sicherheitssysteme stellen sowohl Kunden, die Fahrzeugherrsteller als auch die öffentliche Hand. Diese Anforderungen können sich zum Teil widersprechen [MEITINGER, 2008, S.8].

“Die Funktion des mechatronischen Systems ist von den Schnittstellen zwischen logischer und physikalischer Ebene gekennzeichnet, den Sensoren und Aktoren.”[MEITINGER, 2008, S.9] Ebenso spielen die Möglichkeiten und die Qualität der Erfassung der Fahrumgebung eine wichtige Rolle.

SZiel eines Aktiven Sicherheitssystems ist die Verbesserung der Verkehrssicherheit. Wie groß der Sicherheitsgewinn ist hängt von der Anzahl der relevanten Situationen, die in einem betrachteten Zeitraum auftreten, der Wirksamkeit des Systems, seiner konstruktiven Sicherheit und dem Schutz gegen Missbrauch ab.Es besteht die Gefahr, dass die Sicherheit durch ein Sicherheitssystem nicht verbessert, sonder verschlechtert wird. Grund dafür ist die Risikohomöostase.Sie führt dazu, dass sich der Fahrer durch das System sicherer fühlt und aufgrund dessen ein höheres Risiko eingeht. [MEITINGER, 2008, S.10]

Es kann zwischen den vier Handlungen - Information, Warnung, Unterstützung und

5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrze

autonomer Eingriff - von FAS unterschieden werden. Hierbei ist die Wirksamkeit von autonom eingreifenden Systemen an höchsten einzuschätzen [MEITINGER, 2008, S.11].

Aktive Sicherheitssysteme sind effizienter, wenn sie gezielt gegen Unfalltypen die häufig auftreten wirken. Hierfür ist die absolute Anzahl der Unfälle von Bedeutung [MEITINGER, 2008, S.19]. "Die Daten, die für die Abschätzung der Wirksamkeit von Aktiven Sicherheitssystemen nützlich sein können, liegen oft nur spärlich vor, sind nicht ausgewertet oder fehlen." [MEITINGER, 2008, S.22]

Auf S.22 erwähnt er zwei Hauptkategorien von Kreuzungsassistenten „stand-alone“ und „cooperative“. Während bei den stand-alone Systemen nur die Infrastruktur oder das Fahrzeug dafür verantwortlich ist die Situation richtig einzuordnen treffen Kooperativesystem ihre Entscheidungen auf ausgetauschten Daten (z.B. V2V, V2I). Urbane Fahrsituationen werden im Projekt UR:BAN in deutschen Städten betrachtet und analysiert. Ziel ist die Entwicklung von FAS und Verkehrsmanagementsystemen. <http://urban-online.org/de/urban.html>

Um die Realisierung und Markteinführung von Fahrzeugfunktionen wie autonomes Fahren, im Sinne eines selbständigen Zurechtfindens des Fahrzeugs im Straßenverkehr, überhaupt in greifbare Nähe zu rücken, werden große Anforderungen an die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Software sowie der erfüllenden Systeme gestellt." [HILLENBRAND, 2011, S.3]

Aus der Unfallstatistik ist zu erkennen, dass Fahrerassistenzfunktionen und sicherheitsrelevante Funktionen in Fahrzeugen einen Beitrag zur Sicherheit im Straßenverkehr leisten. Ein Beispiel ist das von Bosch entwickelte elektronische Antiblockiersystem (ABS) oder das Elektronische Stabilitätsprogramm von Mercedes [HILLENBRAND, 2011, S.4].

"Durch die Unterlassung oder die nicht korrekte Ausführung des Systemfunktionen von sicherheitsbezogenen Systemen können Gefährdungen für die Umgebung, des Systems entstehen. Für die Systementwicklung ist es notwendig, diese Gefährdungen früh zu erkennen um das System im Folgenden so zu entwickeln, dass das mit der Verwendung oder dem Einsatz des Systems in Verbindung stehende Risiko gering gehalten wird." [HILLENBRAND, 2011, S.49] "Gibt es ernst zunehmende Gefährdungen, so muss das System dahingehend zu entwickeln, dass diese möglichst vermieden werden, bzw. dass die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens dem Grad der Gefährdung sowie dem damit verbundenen Risiko angemessen ist. Diese Angemessenheit wird durch Normen festgelegt." [HILLENBRAND, 2011, S.50]

Ein enormes Potenzial, Verkehrsunfälle deutlich zu reduzieren bietet das automatisierte Fahren. Über 90 Prozent aller Unfälle sind heute auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen. Mit dem Einzug von Fahrcomputern werden wir die Fahrer deutlich entlasten und kritische Verkehrssituationen massiv reduzieren. Der Sprung zum automatisierten und vernetzten Fahren ist damit nicht nur die größte Mobilitätsrevolution seit der Erfindung des Automobils, sondern bringt auch ein großes Plus an Sicherheit." [DEKRA, 2017, S.4]

5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrze

Wenn es gelingt rechtliche und technische Hürden zu überwinden könnte das automatisierte Fahren ein wesentlicher Schlüssel für die längerfristige Entwicklung hin zur Annäherung an das Ziel der "Vision Zeroßein [DEKRA, 2017, S.16].

"Die Wirkung elektronischer Fahrerassistenzsysteme kann sich nur entfalten, wenn diese über das ganze Fahrzeugleben zuverlässig funktionieren. Der periodischen Fahrzeugüberwachung kommt dabei noch mehr Bedeutung zu." [DEKRA, 2017, S.62]

Der Mensch wird häufig als schwächstes Glied im System Straßenverkehr angesehen. Diese Betrachtung führt zu Annahme, dass die Technik aufgrund ihrer geringeren Fehleranfälligkeit dem Menschen überlegen ist. Daraus ergibt sich der Schluss, dass die menschlichen Schwächen mit Hilfe der Technik beseitigt werden sollen [BURG et al., 2017, S.270].

Der Vorteil von Kommunikationslösungen besteht darin, dass die Anforderungen an die „konventionelle“ Umfeldsensorik sinken. Zudem sind Informationen über den Querverkehr trotz eventuellen Sichtbehinderungen verfügbar. Nachteilig ist hingegen, dass alle Fahrzeuge eine gewisse Mindestausrüstung enthalten müssen um den Anforderungen gerecht zu werden [MAGES, 2008, S.2].

Um Unfälle mit Hilfe einer Kreuzungsassistenz vermeiden zu können müssen vielfältige Anforderungen erfüllt werden. Dazu zählt die Erfassung von Kreuzungen und Vorfahrtsregelungen, das Erkennen des nächsten Phasenwechsels von LSA, die Berücksichtigung vorausfahrender Fahrzeuge und Fußgänger sowie das Abschätzen der Gefahr von Kollisionen mit dem Querverkehr [MAGES, 2008, S.9].

"Das Unfallvermeidungspotential aktiver Sicherheitssysteme steht und fällt mir der Anzahl der ausgerüsteten Fahrzeuge." [MAGES, 2008, S.9]

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Fahrer anhand von Assistenzsystemen zu unterstützen. Infrastructur-Only(IO)-Systeme sind Systeme die an markanten Punkten z.B. an einer Kreuzung installiert werden. Die Systeme sind nicht ans Fahrzeug gebunden und daher auch nicht auf Neuerungen im Fahrzeug angewiesen. Häufig werden sie in Form von aktiven Verkehrszeichen ausgeführt. Fahrzeugautarke (FAT) Systeme stellen Systeme dar, deren Funktion weder auf Komponenten in der Kreuzung noch auf Systeme in anderen Fahrzeugen angewiesen ist. Zur Umfelderfassung werden Sensoren im Fahrzeug benötigt, die Informationen über Vorfahrtsregelungen werden aus GPS mit digitalen Karten oder Kamerasystemen gewonnen. Die Fahrzeug-Fahrzeugkommunikation (C2C) funktioniert nur zwischen ausgestatteten Fahrzeugen, kann dafür z.B. bei eingeschränkten Sichtbereichen an Kreuzungen besser agieren. Kooperative Systeme können Systemkomponenten der Infrastruktur mit Elementen im Fahrzeug kombinieren. Das Fahrzeug kann so beispielsweise Informationen zum Phasenwechsel einer LSA erhalten [MAGES, 2008, S.23-26].

Hohe Zahlen an Unfällen werden fälschlicherweise dem Menschen zugeordnet. Das System kann auch mangelhaft sein [HUGUENIN et al., 2017, S.147].

5.0.1. Rechtlichehintergründe

Bei Hoch- bzw. Vollautomatisierung würde der Fahrer, in den Phasen die autonom gesteuert werden, gegen seine Pflichten aus der StVO verstossen. Hier heißt es, der Fahrer muss jederzeit in das Verkehrsgeschehen eingreifen können. Ziel der Vollautomatisierung ist jedoch, dass der Fahrer sich während der Fahrt anderen Aufgaben widmen kann und nicht permanent den Fahrtverlauf überwachen muss oder Fahrzeuge Strecken sogar ohne Fahrer zurücklegen. Die Nutzung von Hoch- bzw. Vollautomatisierung ist somit nicht mehr als zulässig einzustufen, weil sie eine Abwendung des Fahrers von seiner Fahraufgabe vorsehen. Die Haftung des Fahrzeughalters bleibt dagegen widerspruchsfrei auf die höheren Automatisierungsgrade anwendbar. Bei der Produkthaftung ergibt sich bei einer automatisierten Fahrt, dass jeder Schaden, der nicht auf das Fehlverhalten eines Dritten zurückzuführen ist, potentiell zu einem Fall von Produkthaftung führt. Das könnte für die Hersteller enorme Folgen haben. Hier muss also auch noch nach Lösungen gesucht werden [GASSER, 2011, S.6-7]. Auch MAGES [2008, S.8] stellt fest, dass nicht vom Fahrer übersteuerbare Systeme grundlegende Änderungen des Straßenverkehrsrechts erfordern.

6. Fazit und Ausblick

Es besteht ein dringender Handlungsbedarf in der Umsetzung wie in der Forschung zur Verkehrssicherheit. Ziel kann es auch sein, "mit ambitionierten Verkehrssicherheitszielen den Weg zu weisen: Towards Zero. Als wirksam erkannte Verkehrssicherheitsmaßnahmen sollten mit hoher Dringlichkeit umgesetzt werden. Die rechtlichen Bedingungen für die Einführung autonom wirkender Fahrerassistenzsysteme müssen verbessert werden." [WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, 2011b, S.170]

"Tatsache ist: Für die Beurteilungen der Verkehrssicherheit und die Einleitung entsprechender Optimierungsmaßnahmen spielt das reale Unfallgeschehen auf den Straßen die ganz entscheidende Rolle." [DEKRA, 2017, S.12] Auch in Bezug auf die Ursachenanalyse von Unfällen und Verletzungen bestehe nach wie vor ein großes Defizit." [DEKRA, 2017, S.14]

Eine Möglichkeit einfacher an Unfalldaten zu kommen ist es ähnlich wie in Flugzeugen auch in Kfz-Fahrzeugen Unfalldatenspeicher (UDS) zu verbauen. Diese können nach einem Unfall Auskunft über die genaue Unfallzeit, die Geschwindigkeit, das Betätigen der Blinker und der Bremse, sowie die Beschleunigung in Längs. und in Querrichtung zum Fahrzeug geben. Bis jetzt werden UDS, obwohl sich auch nachträglich eingebaut werden können, selten in Kfz-Fahrzeugen verwendet. Ein Grund hierfür könnte die Angst der Fahrer sein ihre Daten werden „ausspioniert“. Dies ist allerdings nicht der Fall, da Unfalldatenschreiber zwar die ganze Zeit über Daten messen, aufgezeichnet werden die Daten allerdings nur unter bestimmten Bedingungen, die auf einen Unfall schließen lassen und dann auch nur über einen Zeitraum von ca. 45 s [BURG et al., 2017, S.99].

Probleme der Unfallanalyse sind, dass Unfälle seltene Ereignisse darstellen und eine Veränderung des Unfallgeschehens erst nach Ablauf einer relativ langen Erhebungsperiode ersichtlich sind. Zudem können Unfälle nicht vollständig und zuverlässig erfasst werden, die Dunkelziffer kann je nach Unfallart bis zu 85% betragen [ERKE et al., 1978, S.7-9]

Literaturverzeichnis

- ABDEL-ATY, Mohamed und KELLER, Joanne (2005). „Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections“. In: *Accident Analysis and Prevention* 37.3, S. 417–425.
- ANTONIOU, Constantinos und KATRAKAZAS CHRISTOS (2018). *Advanced Road Safety Concepts: Empirical Bayes Methodology*.
- AURICH, Allan, HANTSCHEL, Sebastian, KOLLMUS, Bernhard und SCHÜLLER HAGEN (2015). „Prognose für die Verkehrssicherheit in Städten“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 61.2, S. 83–90.
- BELLOW, Ariane von (2016). *Verkehrssicherheit von Radfahrern: Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen*. 1. Auflage. Bd. 264. Mensch und Sicherheit. Bremen: Wirtschaftsverlag NW. ISBN: 978-3-95606-234-6.
- BERGER, Ralf (2017). „Webbasierter Maßnahmenkatalog gegen Unfallhäufungen Ma-KaU“. In: *Straßenverkehrstechnik* 61.5, S. 322–329.
- BLAKAJ, Laura (2016). „Potenzieller Einfluss des hochautomatisierten Fahrens auf die Verkehrssicherheit“. Bachelorarbeit. München: TUM.
- BOCK, Ottokar (1989). *Aufbereitung und Auswertung von Fahrzeug- und Unfalldaten: Gemeinsamer Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen und des Kraftfahrt-Bundesamtes*. Bd. 71. Unfall- und Sicherheitsforschung, Strassenverkehr. Bergisch Gladbach: Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung. ISBN: 3-88314-857-1.
- BREMER, Horst (2004). *Stadt und Verkehr 2003: 100 Themen zum Verkehr in Stadt und Region: Fakten, Perspektiven, Forderungen*. 2. Aufl. München: ADAC.
- BRILON, Werner, KELLER, Hartmut und SCHNABEL, Werner (2016). „60 Jahre Straßenverkehrstechnik“. In: *Straßenverkehrstechnik* 60.12, S. 819–835.
- BRUHN, Adrian (2018). „Analyse und Visualisierung von Verkehrsunfalldaten“. Study Project. München: TUM.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2017). *Verkehr in Zahlen 2017/18*. 46. Aufl. Hamburg: DVV Media Group. ISBN: 978-3-87154-617-4.
- BURG, Heinz und Andreas MOSER, Hrsg. (2017). *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion: Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation*. 3. aktualisierte Auflage. ATZ/MTZ-Fachbuch. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN: 978-3-658-16142-2.
- BÜRGER, Hartmut (1983). „Möglichkeit und Grenzen der statistischen Auswertung von Unfalldaten: Einsatz der analytischen Statistik, Wahrscheinlichkeitsberechnung und Kombinatorik bei der Analyse von Unfalldaten“. Dissertation. Berlin: TU Berlin.

- DEKRA (2017). „Schritte zur Realisierung der Vision Zero“. In: *DEKRA Verkehrssicherheitsreport 2017*, S. 1–84.
- ERKE, Heiner und ZIMOLOG, Bernhard (1978). *Verkehrskonflikte im Innerortsbereich: Eine Untersuchung zur Verkehrskonflikt-Technik*. Bd. 15. Unfall- und Sicherheitsforschung, Straßenverkehr. Köln: Im Auftrage des Bundesministers für Verkehr von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (2012a). *Begriffsbestimmungen Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb*. Köln: FGSV-Verl.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (2012b). *Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen: M Uko*. Bd. 316/1. Köln: FGSV-Verl. ISBN: 978-3-86446-012-8.
- FRICKE, Nicola, GLASER, Charlotte und FILIPPIS, Monica de (2006). „Passive und Aktive Sicherheitsmaßnahmen im Kraftfahrzeug“. In: *MMI-Interaktiv* 10, S. 1–9.
- FULLER, Ray (2005). „Towards a general theory of driver behaviour“. In: *Accident Analysis and Prevention* 37, S. 461–472.
- GASSER, Tom Michael (2011). *Ergebnisse der Projektgruppe Automatisierung: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*. Hrsg. von BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN.
- GERSTENBERGER, Marcus (2015). „Unfallgeschehen an Knotenpunkten: Grundlagenuntersuchung zu Ursachen und Ansätzen zur Verbesserung durch Assistenz“. Dissertation. München: TUM.
- GESAMTVBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V. (2016). *Unfalltypen-Katalog: Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps*. Berlin.
- GRÜNDL, Martin (2005). „Fehler und Fehlverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen“. Dissertation. Regensburg: Universität Regensburg.
- GSCHWENDTNER, Klaus (2015). *Sachschadenanalyse zur Potenzialermittlung von Fahrerassistenzsystemen - von der Unfalltypen-Erweiterung zum Kundenwert*. Fahrzeugtechnik. München: Verlag Dr. Hut. ISBN: 978-3-8439-2416-0.
- GSCHWENDTNER, Klaus, LIENKAMP, Markus und KISS, Miklós (2014). „Prospective analysis-method for estimating the effect of advanced driver assistance systems on property damage“. In: *IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2014. Piscataway, NJ: IEEE, S. 372–377. ISBN: 978-1-4799-6078-1.
- HILLENBRAND, Martin (2011). „Funktionale Sicherheit nach ISO 26262 in der Konzeptphase der Entwicklung von Elektrik/Elektronik Architekturen von Fahrzeugen“. Dissertation. Karlsruhe: KIT. URL: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fn12/716638142.pdf>.
- HOFFMANN, Silja (2013). „Mikroskopische Modellierung und Bewertung von verkehrssicherheitskritischen Situationen: am Beispiel kommunikationsbasierter Fahrerwarnungen“. Dissertation. München: TUM.

- HUGUENIN, Raphael und EWERT, Uwe (2017). „Zur Logik der Unfallprävention im Straßenverkehr“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 63.4, S. 145–166.
- KLINGNER, Matthias, ERBSMEHL, Christian und LANDGRAF, Tom (2017). „Sicherheit des autonomen Fahrens“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 63.5, S. 244–250.
- KOSSAK, A. (2017). „Würde autonomes Fahren tatsächlich die Verkehrssicherheit erhöhen?“ In: *Straßenverkehrstechnik* 61.9, S. 639–643.
- KUTSCH, Alexander (2018). „Entwicklung eines Verfahrens zur Kritikalitätsbewertung von Lichtsignalanlagen“. Bachelorarbeit. München: TUM.
- MAGES, Mark Alexander (2008). „Top-Down-Funktionsentwicklung eines Einbiege- und Kreuzenassistenten“. Dissertation. Darmstadt: TU Darmstadt.
- MAURER, Markus, GERDES, J. Christian, LENZ, Barbara und WINNER, Hermann (2015). *Autonomes Fahren*. Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-45853-2.
- MEITINGER, Karl-Heinz (2008). „Top-Down-Entwicklung von Aktiven Sicherheitssystemen für Kreuzungen“. Dissertation. München: TUM.
- MOCK-HECKER, Rüdiger (1994). *Wissensbasierte Erkennung kritischer Verkehrssituationen - Erkennung von Plankonflikten*. Bd. 209. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Verkehrstechnik, Fahrzeugtechnik. Düsseldorf: VDI-Verl. ISBN: 3-18-320912-8.
- REICHART, Günter (2001). *Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen*. Bd. 7. Fortschritt-Berichte / VDI Mensch-Maschine-Systeme. Düsseldorf: VDI-Verl. ISBN: 3-18-300722-3.
- SCHMIDT, Christian (2010). „Hardware-in-the-loop gestützte Entwicklungsplattform für Fahrerassistenzsysteme: Analyse und Generierung kritischer Verkehrsszenarien“. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- SCHREIBER, Marcel (2014). „Typische Gefahren für Fußgänger und Radfahrer im innerstädtischen Verkehr“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 60.4, S. 221–227.
- SCHREIBER, Marcel (2016). „Verkehrssicherheit an lichtsignalisierten Knotenpunkten“. In: *Straßenverkehrstechnik* 60.5, S. 272–280.
- SCHREIBER, Marcel, ORTLEPP, Jörg und BUTTERWEGGE, Petra (2014). „Abbiegeunfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern“. In: *Straßenverkehrstechnik* 58.5, S. 303–310.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2013). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2012. Fachserie 8 Reihe 7*. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2014). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2013. Fachserie 8 Reihe 7*. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2015). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2014. Fachserie 8 Reihe 7*. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2016). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2015. Fachserie 8 Reihe 7*. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2017). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2016. Fachserie 8 Reihe 7*. Wiesbaden.

- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018a). *Statistik der Straßenverkehrsunfälle*. URL: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online;sid=9C0529547E48CEC4331B46A2D3EFEC10.G0_2_1?operation=previous&levelindex=1&levelid=1535486462122&step=1.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018b). *Verkehr: Verkehr im Überblick 2016. Fachserie 8 Reihe 1.2.* Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018c). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2017. Fachserie 8 Reihe 7.* Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018d). *Verkehrsunfälle: Zeitreihen 2017.* Wiesbaden.
- VOLLRATH, Mark, BRIEST, Susanne und SCHISSL, Caroline (2006). *Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit.* Bd. 60. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen / F. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW, Verl. für Neue Wiss. ISBN: 978-3-86509-551-0.
- WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011a). „Sicherheit zuerst - Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland - Teil 1“. In: *Straßenverkehrstechnik* 55.2, S. 76–90.
- WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011b). „Sicherheit zuerst - Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland - Teil 2“. In: *Straßenverkehrstechnik* 55.3, S. 160–170.
- ZADEMACH, Martin (2015). „Analyse des Fahrerverhaltens an innerstädtischen Kreuzungen: Ermittlung von Anforderungen an ein System zur Vermeidung von Kollisionen“. Dissertation. München: Universität der Bundeswehr.

Abkürzungsverzeichnis

ASIL	Automotive Safety Untegrity Level
BAS	Bundesanstalt für Straßenwesen
FAS	Fahrerassistenzsystem
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GIDAS	German in Depth Accident Study
Kfz	Kraftfahrzeug
LSA	Lichtsignalanlage
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr

Abbildungsverzeichnis

2.1. Darstellung zur Beschreibung von Verkehrssicherheit und -unsicherheit	5
2.2. Unfallentstehungsmodell	8
2.3. Anzahl der Unfälle innerorts nach Unfallkategorie	13
2.4. Anzahl der Unfälle innersorts nach Art der Verkehrsbe teiligung	14
2.5. Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Gerad- ausfahren und Rechtsabbiegen	18
2.6. Unfalltyp 2 Abbiege-Unfall	20
2.7. Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall	22
2.8. Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall mit Radfarerbeteiligung	24
2.9. Risikoverteilung auf Unfalltypen	29
2.10. Vier-Felder-Tafel zur Veranschaulichung der Berechnung des Relativen Risikos	30
2.11. Risikograph nach DIN V 1925	31
2.12. ASIL Bestimmung nach ISO 26262	32
4.1. Häufigkeit des Unfallmodus	41
4.2. Darstellung der Teststrecke, markiert sind die Knotenpunkte, die bei der Analyse berücksichtigt wurden	43
4.3. Kreuzung Rheinstraße-Leopoldstraße	44
4.4. Kreuzungen mit eigener Signalisierung für Links- bzw. Rechtsabbieger	45
4.5. Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße	45
4.6. Einmündungen mit eigener Signaphase für Abbieger	46
4.7. Unfalltyp der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	48
4.8. Unfallart der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	49
4.9. Beteiligungsart der Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	50
4.10. Unfälle bei denen Abbiegefehler nach recht bzw. links in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	51
4.11. Unfallmodus bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	51
4.12. Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	52

Abbildungsverzeichnis

4.13. Unfälle durch Fehler beim Linksabbiegen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	53
4.14. Linksabbiegeunfälle an Knotenpunkten mit und ohne eigene Signalisierung, die in den Jahren 2013 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	54
4.15. Zeitliche Verteilung der Unfälle mit Unfalltyp 6 in den Jahren 2012 bis 2016 innerhalb des Testgebiets	56
4.16. Unfallursachen, die Unfällen im Längsverkehr innerhalb des Testgebiets zugeordnet wurden	57
4.17. Schwere der Unfälle, bei denen als Unfallursache Ungenügender Sicherheitsabstand bzw. Fehler beim Spurwechsel angegeben wurden	58
4.18. Unfallursachen die Auskunft über Unfälle im Ruhenden Verkehr geben können, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	60
4.19. Parken in zweiter Reihe auf der Ungererstraße, zu Be- bzw. Entladen	60
4.20. Beteiligung von motorisierten und ungeschützten Verkehrsteilnehmern an Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	62
4.21. Schwere der Verletzungen von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	62
4.22. Schwere der Verletzungen von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	63
4.23. Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 34, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	64
4.24. Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	64
4.25. Unfallart bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Angabe der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	65
4.26. Unfälle mit Fahrradbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	67
4.27. Konfliktpunkt an der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße mit eingefärbter Radverkehrsanlage	68
4.28. Unfallursachen durch falsches Verhalten der Fußgänger mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	69
4.29. Verletzungen die durch Unfälle mit Angabe der Ursache 64 bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	70

Abbildungsverzeichnis

4.30. Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	71
4.31. Besonderheiten der Unfallstelle mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	72
4.32. Ausfahrt Aral Tankstelle und Einmündung Lyonel-Feininger-Straße	74
4.33. Allgemeinen Unfallursachen mit Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	75

Tabellenverzeichnis

2.1. Kategorisierung nach DIN V 19250	31
2.2. Klassifizierung der Gefährdungen nach ISO 26262	32
4.1. Unfälle mit Personenschaden	39
4.2. Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden	40
4.3. Kleinunfälle der Jahre 2012 bis 2016 auf den drei Straßen im Testgebiet	40
4.4. Analyse der Teststrecke im Münchener Norden.	41
4.5. Verkehrsstärken an ausgewählten Linksabbiegestreifen im Testgebiet . .	54

Anlagenverzeichnis

A. Anhang 1

91

A. Anhang 1