



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



MASTER'S THESIS

für Vera Schaffhäuser

Tag der Ausgabe: 2018-05-24

Tag der Abgabe: 2018-11-23

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

Jedes Jahr ereignen sich Millionen von Unfällen auf deutschen Straßen. Zwar halten Sicherheitssysteme zunehmend Einzug in die Fahrzeuge und versprechen großes Potenzial für die Verbesserung der Verkehrssicherheit. Die meisten dieser Systeme adressieren allerdings nur Fahrsituationen im Außerortsbereich. Urbanes Fahren ist aber weitaus komplexer als das Fahren auf Landstraßen und Autobahnen. Bald schon sollen automatisierte Fahrfunktionen auch im städtischen Verkehr funktionieren und auch hier die Verkehrssicherheit steigern. Die Technik verspricht insofern großes Potenzial, da eine Vielzahl an Unfällen durch menschliche Fehler verursacht wird.

Bei der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge sollen Funktionen priorisiert werden, welche sicherheitsrelevante Fahrsituationen adressieren. Innerhalb der Masterarbeit soll auf Basis von Verkehrsunfalldaten einer Testroute in München bewertet werden, welche Fahrsituationen auf dieser Strecke besonders sicherheitskritisch sind, weil sie bei menschlichen Fahrern häufig zu Unfällen oder zu besonders schwerwiegenden Unfällen führen.

Innerhalb dieser Arbeit soll zunächst eine Literaturrecherche zur Sicherheitsbewertung urbaner Fahrsituationen durchgeführt werden. Anschließend sollen Verkehrsunfalldaten aufbereitet und mit statistischen Methoden ausgewertet werden. Diese stehen für den Zeitraum von fünf Jahren für die Testroute zur Verfügung. Ziel der Arbeit ist es, eine Bewertung unterschiedlicher Fahrsituationen des Testgebietes im Hinblick auf die Sicherheitsrelevanz zu erstellen. Folgende Punkte müssen innerhalb der Master's Thesis bearbeitet werden:

- Literaturrecherche zur Sicherheitsbewertung urbaner Fahrsituationen
- Aufbereitung und Auswertung der Verkehrsunfalldaten der Teststrecke im Münchener Norden

- Erstellung einer Bewertung von Fahrsituationen bzgl. ihrer Sicherheitsrelevanz
- Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrzeuge

Die Thesis-Verfasserin legt den Mentorinnen (Sabine Krause, M.Sc.; Fabian Fehn, M.Sc.) in der fünften, der zehnten, der 15. und der 20. Woche Zwischenergebnisse vor.

Spätestens zwei Monate nach Abgabe der Thesis muss die Thesis-Verfasserin einen 20-minütigen Vortrag mit anschließender Diskussion halten. Der Vortrag und die Präsentation gehen in die Beurteilung ein, wenn die Notenlage der schriftlichen Arbeit nicht eindeutig ist.

F. Busch

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

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Zielstellung	2
1.3. Struktur der Arbeit	2
2. Grundlagen	4
2.1. Definitionen und wichtige Begriffe der Unfallforschung	4
2.1.1. Risiko	4
2.1.2. Gefahr	4
2.1.3. Sicherheit	5
2.1.4. Verkehrssituation	6
2.1.5. Verkehrskonflikt/Unfallentstehung	8
2.1.6. Unfallschwerpunkte/Unfallhäufungen	9
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. Verkehrsbeteiligung an Unfällen im urbanen Raum	13
2.2.3. Innerorts auftretende Unfalltypen und Unfallarten	14
2.2.4. Charakteristiken und Besonderheiten von Unfällen im urbanen Raum	15
2.2.5. Häufige Unfallursachen innerhalb geschlossener Ortschaften	15
2.3. Menschliches Verhalten im Straßenverkehr	16
2.3.1. Der Mensch als Fahrzeugführer	17
2.3.2. Fehler des Menschen bei der Verkehrsbeteiligung	18
2.4. Urbane Fahrsituationen und ihre Sicherheitsbewertung	19
2.4.1. Konfliktpunkte an Knotenpunkten	20
2.4.2. Urbane Fahrsituationen mit geringen Geschwindigkeiten	24
2.4.3. Konfliktpunkte zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern	25
2.4.4. Konflikte außerhalb von Knotenpunkten	26
2.4.5. Konfliktpunkte bei Nacht	26
2.5. Ansätze zur Bewertung von Fahrsituationen	27
2.5.1. Risikoverteilung auf Unfalltypen	27
2.5.2. Relatives Risiko	28
2.5.3. Risikograph	28
2.5.4. Gefährdungs- und Risikoanalyse	29
2.5.5. Konfliktschweregrade und Komplexität von Verkehrssituationen	30
2.6. Weiterer Forschungsbedarf	31

Inhaltsverzeichnis

3. Methodik	33
3.1. Hypothesen	33
3.2. Vorgehen zur Bewertung urbaner Fahrsituationen	35
3.2.1. Vorgehen zur Typisierung von Unfällen	35
3.2.2. Bewertungsskala	36
3.2.3. Bewertung urbaner Fahrsituationen	40
4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets	41
4.1. Überblick	41
4.1.1. Unfälle in München	41
4.1.2. Vorstellung der Teststrecke	43
4.1.3. Vorstellung der vorhandenen Daten	47
4.2. Allgemeine Auswertung der Daten	48
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	57
4.3.4. Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern	59
4.3.5. Unfälle mit Radfahrerbeteiligung beim Abbiegen	62
4.3.6. Fehlverhalten der Fußgänger	65
4.3.7. Besonderheiten der Unfallstelle	68
4.3.8. Einfluss allgemeiner Unfallursachen	70
4.4. Bewertung der Unfälle im Testgebiet	71
4.4.1. Bewertung der Unfälle mit zugeordnetem Unfalltyp	71
4.4.2. Bewertung der typisierten Unfälle	72
4.5. Bewertung urbaner Fahrsituationen anhand der Feintypen	80
4.5.1. Zuordnung mit Hilfe der aufgenommenen Fahrsituationen und den Kurzsachverhalten	80
4.5.2. Zuordnung mit Hilfe von Heatmaps	89
4.6. Zwischenfazit	94
5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum	96
5.1. Allgemeines	96
5.1.1. Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen	96
5.1.2. Fahrerassistenzsysteme	97
5.1.3. Rechtliche Hintergründe	100
5.2. Vergleich menschlicher Fahrer automatisierte Systeme	101
5.3. Vergleich der Fahrsituationen innerhalb des Testgebiets	102
6. Fazit und Ausblick	107
Literaturverzeichnis	108
Abkürzungsverzeichnis	111

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	113
Tabellenverzeichnis	116
Anhang	117

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 von unterstützenden Fahrerassistenzsystemen (FAS). Hier ist es bereits gelungen, einige serienreife Systeme zu entwickeln, die zunehmend Einzug in die Fahrzeuge halten. Bereits vorhandene Systeme adressieren überwiegend Fahrsituationen in Außerortsbereichen. Der urbane Raum wurde bisher nur in wenigen Fällen betrachtet und bietet daher ein erhöhtes Potential, die Verkehrssicherheit zu verbessern. Zudem führen urbane Fahrsituationen aufgrund weitaus komplexerer Situationen, im Vergleich zu Situationen auf Autobahnen und Landstraßen, häufiger zu Unfällen. Die Vision, Unfälle komplett verhindern zu können, existiert schon lange. Die Entwicklung automatisierter Systeme soll hierbei einen wesentlichen Beitrag leisten.

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 Gesamtanzahl 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 Sachschaden [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. Diese führt dazu, dass immer mehr Menschen in die Städte ziehen, was eine steigende Verkehrsdichte zur Folge hat. 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.

1. Einleitung

Aufgrund der Komplexität von innerstädtischen Verkehrssituationen gibt es aktuell noch keine serienreifen Systeme die für Fahrsituationen im urbanen Raum geeignet sind. Es sind jedoch viele verschiedene Ansätze und Prototypen in der Literatur 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. Der Verlauf des Unfalls hingegen 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 oben genannte Zitat geht auf einen wesentlichen Punkt dieser Arbeit ein. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Bewertung unterschiedlicher Fahrsituationen auf einer Testroute im Münchner Norden. Die Situationen werden bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz bewertet, so ist es möglich, kritische Situationen zu verstehen und mögliche Unfallursachen ausfindig zu machen. Hierzu werden Unfalldaten, die vom Polizeipräsidium München 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 Örtlichkeiten 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 dann den Fahrsituationen im Testgebiet gegenübergestellt. Anhand der Gegenüberstellung wird eine Bewertung der Situationen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz ermöglicht.

Fahrsituationen die ein erhöhtes Risiko aufweisen, 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 verglichen. 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

Nach den einleitenden Worten und Angaben zu Ziel und Aufbau der Arbeit in Kapitel 1 werden in Kapitel 4 zunächst wichtige Begrifflichkeiten für das Verständnis der Arbeit anhand von Definitionen eingeführt. Zudem gibt dieses Kapitel einen allgemeinen Überblick über Verkehrsunfälle in Deutschland. Anschließend werden menschliche Reaktionen und Handlungen

1. Einleitung

im Straßenverkehr berücksichtigt. Da urbane Fahrsituationen ein hohes Unfallpotenzial bieten, werden diese noch detaillierter betrachtet und abschließend mögliche Ansätze zur Bewertung von Fahrsituationen vorgestellt.

Mit der Methodik, die im weiteren Verlauf der Arbeit angewendet wird, befasst sich Kapitel 3. Zu Beginn werden Hypothesen aufgestellt, die im folgenden Kapitel überprüft werden. Ein weiterer Punkt bildet die Entwicklung einer Bewertungsmethodik für Unfälle und Fahrsituationen im urbanen Raum.

Das Unfallgeschehen im Untersuchungsgebiet wird in Kapitel 4 anhand eines umfangreichen Unfalldatensatzes analysiert. Die Hypothesen aus Kapitel 3 werden überprüft und die Häufigkeit und Unfallschwere von bestimmten Unfalltypen ermittelt. Um kritische Fahrsituationen zu ermitteln, werden die Unfälle kategorisiert und dann möglichen Fahrsituationen innerhalb des Testgebiets zugeordnet.

Kritische Situationen, die sich aus dem vorangehenden Kapitel ergeben, werden in Kapitel 5 mit automatisierten Systemen verglichen. Es wird aufgezeigt, in welchen Fällen diese Potenzial besitzen, Unfälle zu vermeiden bzw. in was für Situationen auch automatisierte Systeme Schwierigkeiten haben könnten.

Abschließend werden in Kapitel 6 die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit nochmals zusammengefasst und Ansatzpunkte aufgezeigt, die weiteren Forschungsbedarf benötigen.

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 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 dass ausreichende Gegenmaßnahmen

2. Grundlagen

gewährleistet sind. „Der Begriff bezeichnet eine Bedrohung durch ein zukünftiges Schadenserignis, 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 Angriffssicherheit (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 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

2. Grundlagen

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.

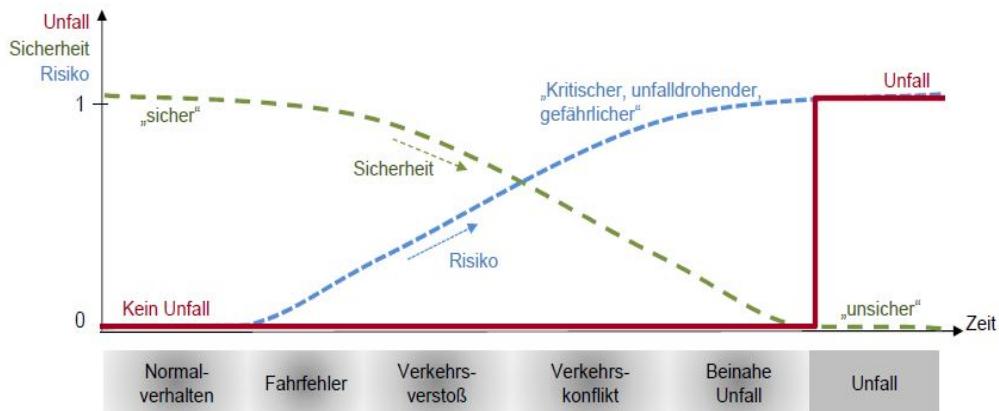


Abbildung 2.1.: Darstellung zur Beschreibung von Verkehrssicherheit und -unsicherheit [HOFFMANN, 2013, S. 10]

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

2. Grundlagen

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 (warpflichtig 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 Unfälle 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 äußeren 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 Fahrzeug 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

2. Grundlagen

die Anforderung an die Informationsverarbeitung gering, während die Anforderung an die Fahrzeugbedienung hoch ist. Handelt es sich dagegen um eine beschilderte 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 dies 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].

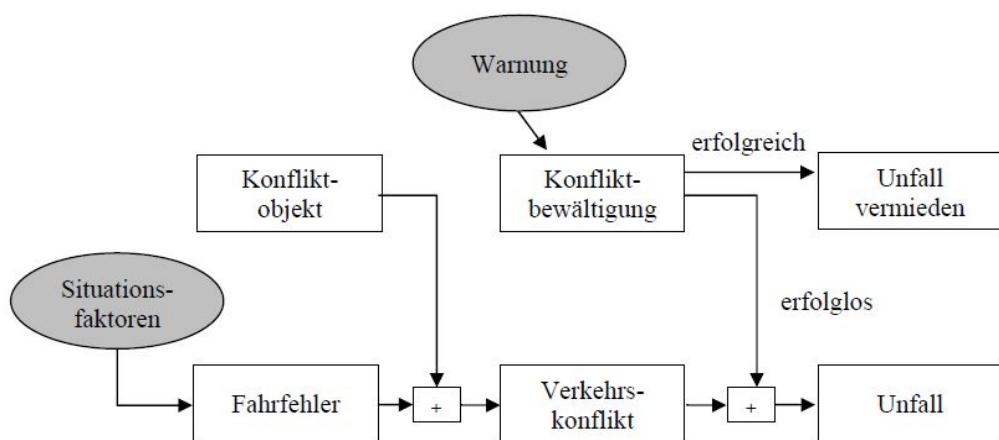


Abbildung 2.2.: Unfallentstehungsmodell [FRICKE et al., 2006, S. 44]

Um den Ablauf eines Verkehrsunfalls zu beschreiben, werden oft der Unfalltyp und die Unfallart verwendet. Darüber hinaus ist die Unfallursache ein weiteres wichtiges Klassifizie-

2. Grundlagen

rungsmerkmal, 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 Abgelenktsein 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 der FORSCHUNGS-GESELLSCHAFT 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 unfallaufläufig, 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 Konfliktlösung 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 Fahrerfall, 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

2. Grundlagen

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 differenziertere Aussagen zu den Unfallursachen und Möglichkeiten zur Unfallprävention ermöglicht werden [GRÜNDL, 2005, S. 106]. Die Feintypen ermöglichen auch, dass das Wirkungsfeld von Fahrerassistenzsystem (FAS) oder automatisierten Fahrzeugen besser beurteilt werden kann.

Unfallart

„Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer“ [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 17]. Es wird zwischen zehn Unfallarten unterschieden. Ein Beispiel für eine Unfallart bei der es zu einem Zusammenstoß kommt ist die Unfallart 2 „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“. Die Unfallart 8 „Abkommen von der Fahrbahn nach rechts“ hingegen beschreibt eine Situation, bei der es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist.

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 Unfallursachen 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 Personenschäden und Sachschäden unterschieden. Kommen Personen zu Schaden wird zwischen Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten unterschieden. Zu den Getöteten zählen Personen, die innerhalb von 30 Tagen

2. Grundlagen

an den Unfallfolgen starben, Schwerverletzte 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 Sachschadensunfällen 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

Dieses Kapitel dient dazu einen Überblick über die Unfallsituation in Deutschland zu erhalten. Im folgenden Abschnitt werden daher zunächst allgemeine Unfallzahlen vorgestellt. Damit die hier vorgestellten Zahlen mit der Datenanalyse in Kapitel 4 vergleichbar sind, wird der Zeitraum von 2012 bis 2016 betrachtet.

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 die von 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

2. Grundlagen

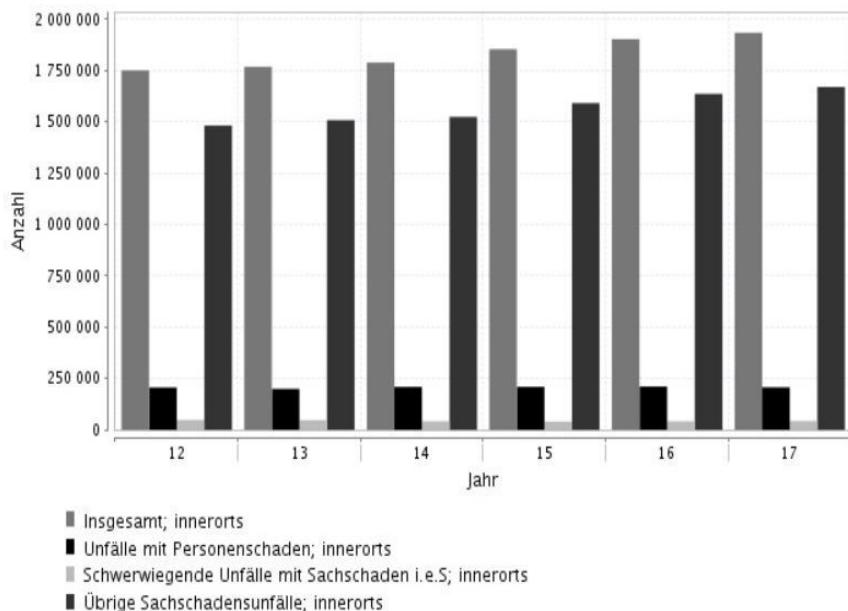
berücksichtigt werden, dass es eine gewisse Dunkelziffer gibt, über die keine Informationen vorliegen.

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 der 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.



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

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

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

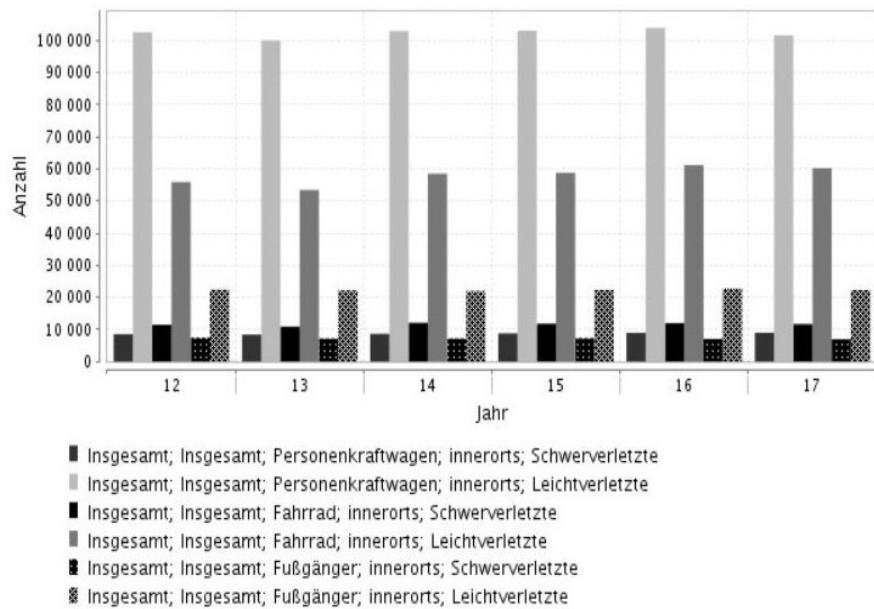
2. Grundlagen

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.

2.2.2. Verkehrsbeteiligung an Unfällen im urbanen Raum

Mit ca. 59 % sind Pkws 2016 am häufigsten an Unfällen mit Personenschäden 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 Fußgängerbeteiligung 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.

2. Grundlagen



© 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 Personenschäden 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 zu Personenschäden kam es 2016 bei Einbiege-/Kreuz-Unfällen, gefolgt von Unfällen im Längsverkehr. Am dritthäufigsten traten Abbiege-Unfälle auf. Diese drei Unfalltypen machten zusammen über 60 % der Unfälle mit Personenschäden 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 Personenschäden, Verunglückten und schwere Unfälle mit Sachschäden 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

2. Grundlagen

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 übereinstimmten, 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 „Verbotswid-

2. Grundlagen

riger Benutzung der Fahrbahn oder anderer Straßenteile“ [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 274-277]. Es ist zu erkennen, dass bei den Radfahrern 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. Mit Abstand am meisten Unfälle ereigneten sich, wenn Fußgänger die Fahrbahn überquerten ohne dabei auf den Fahrzeugverkehr zu achten. Unfallanfällig 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 zweiter Stelle 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. 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

2. Grundlagen

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 2.3.1 betrachtet werden. Kapitel 2.3.2 befasst sich mit der Entstehung der Fehler und gibt einen Ausblick, was bei der Unfallaufnahme im Bezug auf menschliche Fehler berücksichtigt werden muss.

2.3.1. Der Mensch als Fahrzeugführer

Die Fahransforderungen 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 die für die Umsetzung der ausgewählten Route notwendigen Aufgaben (z.B. Abbiegen an einem Knotenpunkt) und auf der Stabilisierungsebene werden die Fahransforderungen für die Längs- und Querführung des Fahrzeugs zusammengefasst (z.B. Lenk- und Bremsvorgänge) [GERTSTENBERGER, 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 der Straßenverkehr auf den Fahrer einwirkt, kann durch statische oder dynamische Faktoren hervorgerufen werden. Im urbanen Raum zählen die Art der Vorfahrtssituation

2. Grundlagen

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 Informations- und 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, was wiederum dazu führt, dass der Fahrer unaufmerksam ist und sich evtl. leichter ablenken lässt. Ein Beispiel könnte die Handynutzung darstellen. Monotone Aufgaben können auch zu Müdigkeit führen, was eine hohe Gefahr während des Fahrens darstellt. 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.

2.3.2. 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: die Vernachlässigung oder Nicht-Ausführung bestimmter Fahraufgaben, Fehlanpassung der Manöver an die Fahrsituation, Fehlinterpretation der Fahrsituation, Fehleinschätzung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, das bewusste Eingehen von Risiken und Verstößen oder die fehlerhafte Ausführung von Handlungen [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 bemerkt, 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, auch der Unfallbeteiligte kann ein fehlerhaftes Verhalten

2. Grundlagen

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 das Triple Fahrer-Fahrzeug-Umwelt. Aktuell wird der Fahrerkomponente der größte Anteil zugesprochen. Dieser könnte bei komplett automatisierten Fahrzeugen entfallen. Dafür würde dann evtl. ein neuer Punkt, der der Fahrzeug-Umwelt-Kommunikation, hinzukommen. Hier muss 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 geführten 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 reichen 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].

2.4. 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

2. Grundlagen

betrachtet.

2.4.1. 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 Verkehrsbeteiligten 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.

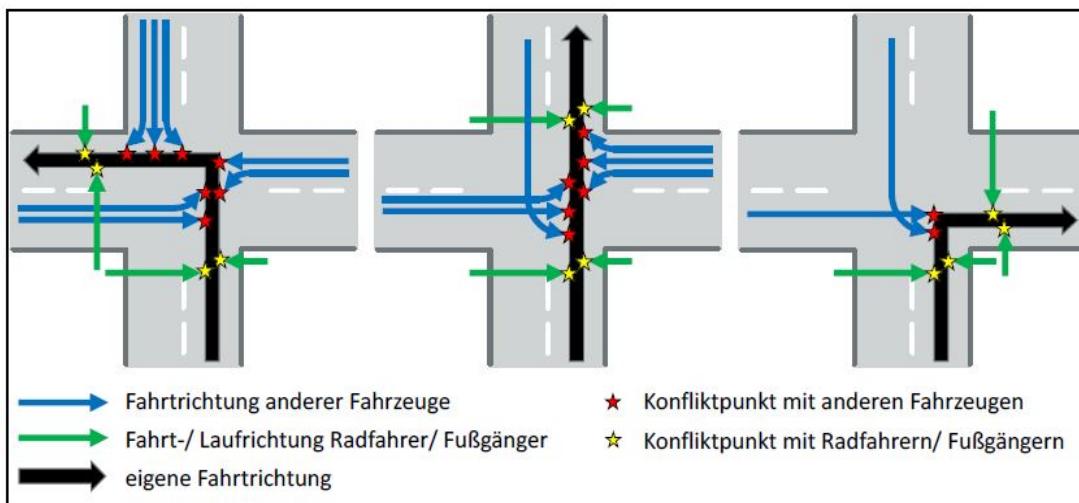


Abbildung 2.5.: Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Geradausfahren und Rechtsabbiegen [GERSTENBERGER, 2015, S. 41]

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. 101f]. 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,

2. Grundlagen

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. Häuser, 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 Fahrensituationen 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 (LSA) 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 LSA 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

2. Grundlagen

sich meist um Auffahrunfälle wegen zu geringem Sicherheitsabstand.

Am zweithäufigsten kommt es an Knotenpunkten mit LSA 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.

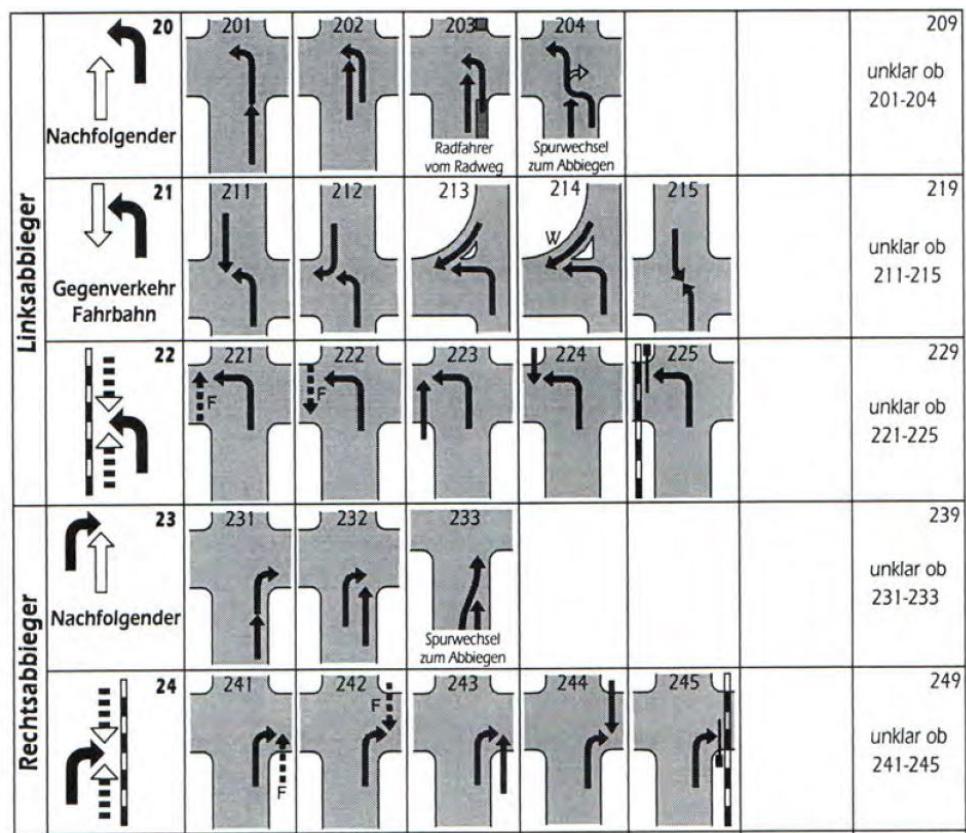


Abbildung 2.6.: Mögliche Unfalltypen beim Abbiegen [GESAMTVBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 11].

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

2. Grundlagen

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 haben, die größer als zwei Meter ist, kommt es zu Beeinträchtigungen der Sichtbeziehungen [SCHREIBER, 2016, S. 276f].

Konflikte an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage

An innerstädtischen Knotenpunkten ohne LSA kommt es am häufigsten bei Einmündungen und Kreuzungen mit der Regel Vorfahrt gewähren zu Unfällen. Hierbei kann das Einbiegen aus einer wartepliktigen 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 ergeben sich jedoch nicht nur mit dem Querverkehr sondern auch mit nachfolgenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen, Unfalltyp 201 und 202 in Abbildung 2.6.

2. Grundlagen

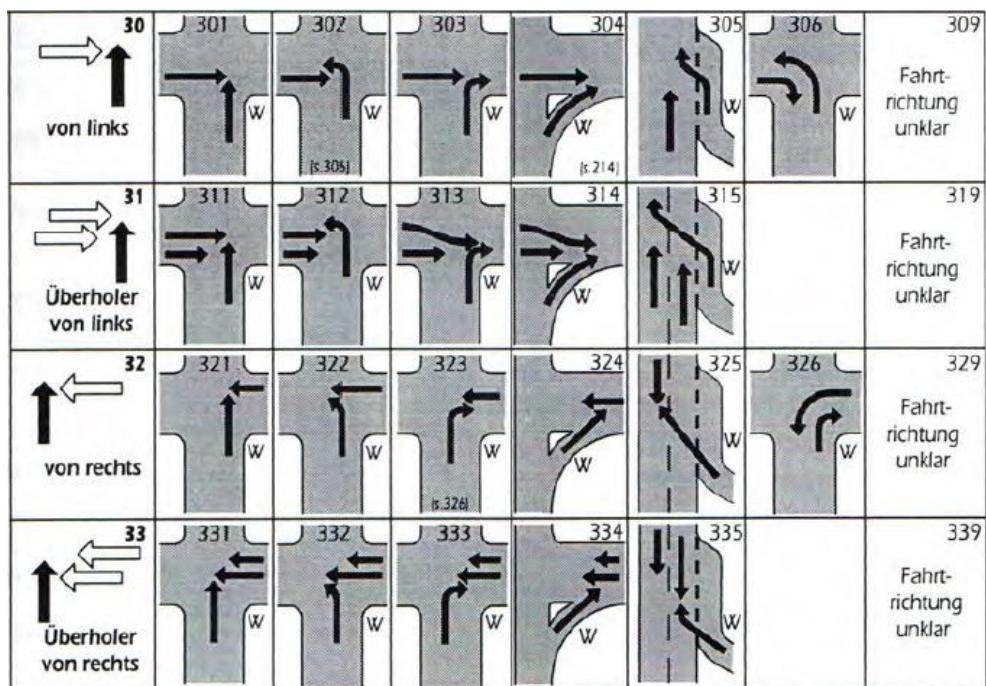


Abbildung 2.7.: Mögliche Unfalltypen beim Einbiegen/Kreuzen [GESAMTVBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 13]

2.4.2. 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 vorliegenden Unfalltypen für Unfälle mit Personenschaden 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. Hierbei 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 werden, sondern auch die Objektgröße und die Position des Objekts bzw. des Fahrzeugs, mit dem es zu einem Konflikt

2. Grundlagen

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. Häufig kommt es zu Konflikten von sich im fließenden Verkehr bewegenden Fahrzeugen, mit Fahrzeugen die längs am Straßenrand parken oder Ausparken [VOLLRATH et al., 2006, S. 53]. Längsparkplätze stellen mögliche Konfliktpunkte dar, dies wird in *Hypothese 4* in Kapitel 3.1 berücksichtigt.

2.4.3. Konfliktpunkte zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern

Im vorherigen Kapitel 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“ [GESAMTVBAND 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 Radfahren sind die Unfalltypen 341 bis 344, die in Abbildung 2.8 dargestellt werden.

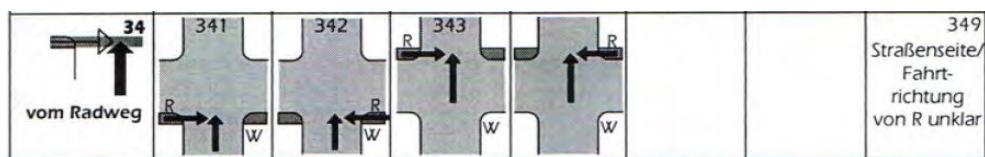


Abbildung 2.8.: Mögliche Unfalltypen, beim Einbiegen/Kreuzen mit der Beteiligung von Radfahrern [GESAMTVBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT e.V., 2016, S. 13]

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. Hier-

2. Grundlagen

bei 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.

2.4.4. 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 Unfällen 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 öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) handeln. Dies trägt mit zur Annahme der *Hypothese 8* in Kapitel 3.1 bei. Bereiche, an denen linienhaft querende Fußgänger verunglücken, können auch als „Unfallhäufungslinien“ bezeichnet werden [FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN, 2012b, S. 18]. Im Vergleich zu Unfällen an Knotenpunkten treten Überschreiten-Unfälle jedoch eher selten auf.

2.4.5. 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 Unfälle 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 auf 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

2. Grundlagen

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].

2.5. 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).

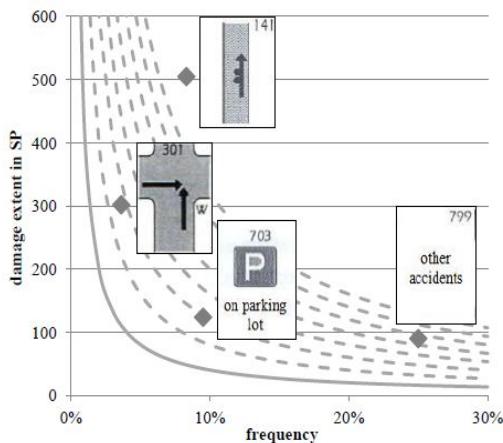


Abbildung 2.9.: Risikoverteilung auf Unfalltypen nach [GSCHWENDTNER et al., 2014, S. 376]

Anhand von Risikoäquivalenten, die durchgehende Linie stellt die geringste Risikoäquivalente dar, kann 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.

Häufig werden kleinere Unfälle, wie bereits schon erwähnt, gar nicht von der Polizei aufgenommen. Um die Bewertungsmethode 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. Grundlagen

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 Beteiligten. Das Relative 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. Sonnenblendung) 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 Unfällen durchaus nützlich sein kann.

2. Grundlagen

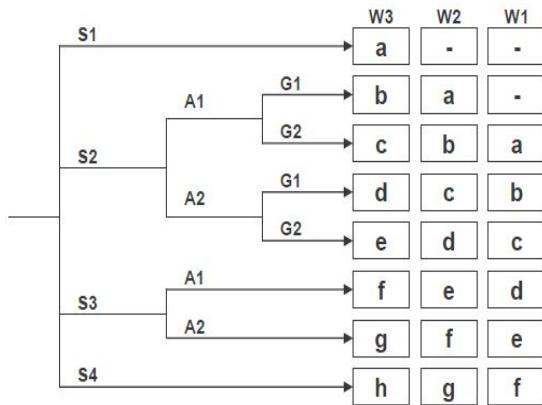


Abbildung 2.11.: Risikograph nach DIN V 19250 [HILLENBRAND, 2011, S. 51]

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.

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
Gefahrenabwehr	G1	möglich unter bestimmten Bedingungen
	G2	kaum möglich
Eintrittswahrscheinlichkeit	W1	sehr gering
	W2	gering
	W3	relativ hoch

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.

2. Grundlagen

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

Schwere eines 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

Die Klassifizierungen in Tabelle 2.2 dienen der Gefährdungsbestimmung nach Abbildung 2.12. Während das Qualitätsmanagement (QM) nur einfache Maßnahmen benötigt 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 dar, um ein akzeptables Risiko zu erzielen. Die höchste Klasse ist ASIL D, sie erfordert die effektivsten Maßnahmen [HILLENBRAND, 2011, S.94ff].

		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.

2. Grundlagen

- 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 anzudeuten. Es kann zu Folgekonflikten mit geringem Schweregrad kommen.
- Schweregrad 3: 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 übersichtliche 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 Erfassungs- und Klassifizierungssystem weitgehend einheitlich einzuführen. Grundlage lieferte damals eine 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

2. Grundlagen

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 konfliktauslösenden 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 2.4.2 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

In diesem Kapitel werden Hypothesen aufgestellt, die später anhand des vorliegenden Datensatzes ausgewertet und überprüft werden. Sie ermöglichen es, die Daten in bestimmten Bereichen detaillierter zu betrachten. Des weiteren wird die Bewertungsmethodik vorgestellt, die angewendet wird, um die aufgetretenen Unfälle bezüglich ihres Risikos zu bewerten. Die bewerteten Unfälle werden anschließend auf beispielhafte Fahrsituationen im Untersuchungsgebiet übertragen.

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, auch 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 den 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 reduziert werden können, 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

3. Methodik

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 erhöht wird, 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 es beim Rechtsabbiegen häufiger zu Unfällen kommt als beim Linksabbiegen. Kritische Situationen treten vor allem dann auf, wenn Radfahrer den Radweg in die falsche Richtung befahren. (*Hypothese 6*)
- bei baulich von der Fahrbahn getrennten Radverkehrsanlagen es häufiger zu Unfällen kommt 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 häufig die Ursache ist für Unfälle mit Personenschäden 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 ÖPNVs. (*Hypothese 8*)

Neben den Unfallursachen, die Fahrzeugführern oder Fußgängern zugeschrieben werden können, gibt es auch 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 „Blendende Sonne“ vermehrt zu Unfällen. (*Hypothese 9*)

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

3.2. Vorgehen zur Bewertung urbaner Fahrsituationen

Unfälle im urbanen Raum sind zahlreich und ihnen liegen viele verschiedene Fahrsituationen zugrunde. Hierbei gibt es Situationen, die ein erhöhtes Risiko aufweisen, wenn sich ein Unfall ereignet und solche, denen eher ein geringes Risiko zugeordnet wird. Eine Bewertungsskala ist hilfreich, Unfälle bzw. Fahrsituationen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz zu klassifizieren. Deshalb wird in diesem Kapitel, basierend auf den Ergebnissen aus Kapitel 2.5, eine Methode zur Bewertung von urbanen Fahrsituationen entwickelt.

3.2.1. Vorgehen zur Typisierung von Unfällen

Der vorhandene Datensatz enthält unterschiedlich ausführliche Angaben. Zu Unfällen, bei denen sich ein Personenschaden oder ein schwerwiegender Sachschaden im engeren Sinne ereignete, liegen ausführlichere Informationen vor, als zu denjenigen die nicht in diese beiden Kategorien passen. Liegen weniger ausführliche Angaben vor, handelt es sich um eine Kurzaufnahme eines Unfalls. Diese Unfälle werden im folgenden als Kleinunfall bezeichnet. Bei einer Kurzaufnahme werden lediglich Datum, Uhrzeit, Ort und allgemeine Ursachen des Unfalls im Aufnahmeforumular angegeben. Anhand dieser Informationen lässt sich der Unfallhergang jedoch nur schwer nachvollziehen. Hierfür eignen sich Beschreibungen des Unfalls. Diese wurden nachträglich bei der Polizei München angefragt. Aus Datenschutzgründen konnten jedoch nur noch Beschreibungen (Kurzsachverhalte) für die Jahre 2013 bis 2016 zur Verfügung gestellt werden. Daher wird bei der Typisierung der Unfälle und der folgenden Bewertung in Kapitel 4.5 nur ein Datensatz über vier Jahre berücksichtigt.

Die Unfälle, die sich im Testgebiet ereigneten, sollen typisiert werden, um die Häufigkeit eines bestimmten Unfalltyps zu bestimmen. Hierfür kann man zunächst die sieben Unfalltypen verwenden. Diese sind jedoch sehr allgemein gehalten. Es wird z.B. nur angegeben, dass es sich um einen Abbiege-Unfall handelt. Unklar ist, ob dieser sich beim Abbiegen nach rechts oder nach links ereignet hat und wer an dem Unfall beteiligt war. Deshalb werden hier die Unfalltypen nach GDV herangezogen, sie wurden z.T. bereits in Kapitel 2.4 vorgestellt.

In dieser Arbeit wird zunächst den Unfällen ein Feintyp zugeordnet, bei denen bereits ein Unfalltyp angegeben wurde (keine Kleinunfälle). Hierfür werden die Kurzsachverhalte einzeln durchgearbeitet und mit den Angaben im Unfallprotokoll verglichen. Bei sich widersprechenden Angaben werden die Angaben der Kurzsachverhalte herangezogen. Wurde bei einem Unfall z.B. der Unfalltyp Abbiege-Unfall angegeben, in der Kurzbeschreibung wurde jedoch ein Unfall beschrieben, bei dem es zu einem Zusammenstoß mit einem von links kommenden Fahrzeug und einem Rechtsabbieger kommt, wird dem Unfall der Feintyp 303 (siehe Abbildung 2.7) zugeordnet.

Anschließend werden die Kleinunfälle betrachtet. Hier sind in erster Linie die Kurzsachverhalte für die Zuordnung der Feintypen relevant. Sie werden zusätzlich mit der angegebenen allgemeinen Ursache und dem Unfallort abgeglichen. Hierfür werden die Kurzsachverhalte wieder einzeln durchgearbeitet. Bei einem Unfall wurde z.B. folgendes angegeben: „Zum Unfallzeitpunkt befuhrt die 02 die Rheinstraße in östlicher Richtung. An der Kreuzung Rheinstraße/Leopoldstraße wollte die 02 nach links in die Leopoldstraße abbiegen. Dazu ordnete sie sich auf der Linksabbiegerspur ein. Auch die 01 hatte dieselbe Absicht und befuhrt hinter der

3. Methodik

02 die Linksabbiegerspur. Bei grünem Licht der LZA fuhr die 02 in den Kreuzungsbereich ein, musste verkehrsbedingt bremsen. 01 konnte ihren Wagen nicht mehr zum Stillstand bringen und fuhr mangels Sicherheitsabstandes auf den Pkw der 02 auf.“ Hierbei handelt es sich um einen Unfall dem der Feintyp 201 in Abbildung 2.6 zugeordnet wird.

Teilweise sind die Beschreibungen sehr kurz gehalten und geben keine detaillierte Auskunft. Es ist daher mit dieser Methode nicht möglich, alle Unfälle mit Feintypen zu typisieren. Die Anzahl der Unfälle, denen kein Feintyp zugeordnet werden kann, ist jedoch gering. Es ist sehr aufwendig alle Kurzsachverhalte durchzulesen, daher ist es für größere Datensätze denkbar, den Feintypen Wortgruppen zuzuordnen, nach denen dann gefiltert wird.

3.2.2. Bewertungsskala

Die Unfälle innerhalb des Testgebiets sollen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz bewertet werden. Hierfür werden zunächst die Unfälle betrachtet, denen bei der Unfallaufnahme ein Unfalltyp zugeordnet wurde. Im weiteren Verlauf wird die Häufigkeit der typisierten Unfälle berechnet. Durch die Typisierung fließen nun auch die Kleinunfälle mit in die Berechnung ein, die gesamte Anzahl der Unfälle nimmt daher deutlich zu. Zuerst werden nur die sieben Unfalltypen betrachtet, dann wird die Anzahl der Unfälle mit einem bestimmten Feintyp auf die gesamte Anzahl der Unfälle im Testgebiet bezogen. Bei der Gesamtanzahl wird zwischen zwei Fällen unterschieden. Der erste Fall betrachtet nur die Unfälle, die ausführlich aufgenommen wurden. Bei diesen kam es zu einem Personenschaden oder Sachschaden im engeren Sinne, siehe Formel 3.1. Der zweite Fall dagegen berücksichtigt alle Unfälle im gesamten Untersuchungsgebiet (Formel 3.2 und 3.3).

$$\text{Häufigkeit}(x) = \frac{\text{Anzahl Unfälle mit Unfalltyp } x}{\text{Anzahl Unfälle mit P & S}} * 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Häufigkeit}(x) = \frac{\text{Anzahl Unfälle mit Unfalltyp } x}{\text{Anzahl Unfälle gesamt}} * 100 \quad (3.2)$$

$$\text{Häufigkeit}(x) = \frac{\text{Anzahl Unfälle mit Feintyp } x}{\text{Anzahl Unfälle gesamt}} * 100 \quad (3.3)$$

Die Anzahl der Unfälle für die Jahre 2013 bis 2016 haben im Testgebiet folgende Werte:

- Anzahl Unfälle mit P & S = 591 Stück
- Anzahl Unfälle gesamt = 1779 Stück

Die so berechnete Häufigkeit der einzelnen Unfalltypen bzw. Feintypen wird nun einem gewissen Bereich der Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet. Hierfür stehen die vier Bereiche *sehr selten*, *selten*, *oft* und *sehr oft* zur Verfügung. Dieses Vorgehen orientiert sich an dem Risikograph nach DIN V 19250, welcher in Kapitel 2.5.3 vorgestellt wird. Um eine sinnvolle Einteilung der vier Bereiche zu erhalten, erfolgt dies jeweils unter Berücksichtigung der Anzahl der verschiedenen Unfalltypen bzw. Feintypen und der gesamten Anzahl der Unfälle. Tabelle 3.1 stellt die Eintrittsbereiche dar, die im Verlauf der Arbeit auf die drei oben genannten Fälle angewendet werden.

3. Methodik

Tabelle 3.1.: Eintrittswahrscheinlichkeit der Unfälle im Testgebiet bei der Betrachtung von Unfalltypen und Feintypen

Fall	sehr selten	selten	oft	sehr oft
Unfalltypen für S & P	0 % < 7 %	7 % < 14 %	14 % < 21 %	21 % < 28 %
Unfalltypen mit K	0 % < 11 %	11 % < 22 %	22 % < 33 %	33 % < 44 %
Feintypen	0 % < 0,5 %	0,5 % < 1,5 %	1,5 % < 3 %	3 % < 8 %

Bis jetzt wurden die Unfälle nur anhand der Häufigkeit ihres Auftretens bewertet. Es sind jedoch nicht nur die Unfälle sicherheitsrelevant, welche am häufigsten vorkommen, sondern auch solche, die schwere Folgen haben. Besonders kritisch sind Unfälle, die häufig auftreten und zu schweren Folgen führen. Deshalb wird zusätzlich die Unfallschwere angegeben. Aus den oben genannten Formeln ergeben sich nun die Formeln 3.4, 3.5 und 3.6.

$$\text{Häufigkeit}(xy) = \frac{\text{Anzahl Unfälle mit Unfalltyp } x \text{ und Unfallschwere } y}{\text{Anzahl Unfälle mit P & S}} * 100 \quad (3.4)$$

$$\text{Häufigkeit}(xy) = \frac{\text{Anzahl Unfälle mit Unfalltyp } x \text{ und Unfallschwere } y}{\text{Anzahl Unfälle gesamt}} * 100 \quad (3.5)$$

$$\text{Häufigkeit}(xy) = \frac{\text{Anzahl Unfälle mit Feintyp } x \text{ und Unfallschwere } y}{\text{Anzahl Unfälle gesamt}} * 100 \quad (3.6)$$

Bei den vorliegenden Daten wird nicht immer der Wert des entstandenen Sachschadens angegeben. Zudem werden die Verletzungen der Unfallbeteiligten nicht erläutert. Es ist also nicht möglich, die Unfallschwere anhand eines Geldbetrags zu beurteilen. Deshalb wird sie in fünf fixe Kategorien eingeteilt, die die Unfallschwere verdeutlichen. Es wird unterschieden zwischen Kleinunfall (K), schwerwiegender Sachschaden im engeren Sinne (S), leichtverletzt (lvl), schwerverletzt (svl) und getötet (tot). Die genannte Reihenfolge nimmt in der Schwere zu. Anhand der Unfallschwere und der Häufigkeit ist es jetzt möglich, Unfälle bezüglich ihrer Kritikalität zu bewerten. Hierfür werden in Abbildung 3.1 Werte von a bis g zugeordnet. Das mit dem Unfall verbundene Risiko bzw. die Kritikalität steigt von a bis g an. Somit ist es möglich, Unfällen eine bestimmte Risiko-Kategorie zuzuordnen.

3. Methodik

	sehr selten	selten	oft	sehr oft
K	-	-	a	b
S	-	a	b	c
lvl	a	b	c	d
svl	b	c	d	e
tot	c	d	e	f

Abbildung 3.1.: Bewertungsskala zur Klassifizierung von Unfällen im urbanen Raum

Zur besseren Veranschaulichung können die ermittelten Häufigkeiten, mit Bezug zur jeweiligen Unfallschwere, auch in einem Diagramm dargestellt werden. In Kapitel 2.5.1 wurde erläutert, wie GSCHWENDTNER [2015, S. 60] Unfalltypen anhand einer Risikoverteilung bewertet. So eine Risikovertteilung wird auch in dieser Arbeit verwendet. Hierfür wird auf der x-Achse die Häufigkeit eingetragen, die Bereiche werden dabei entsprechend Tabelle 3.1 angepasst. Auf der y-Achse werden die fünf Unfallschweregrade, der Schwere nach aufsteigend, angegeben. Damit es auch hier möglich ist, die zugehörige Kritikalität abzulesen, werden Risikoäquivalente eingezeichnet. Den Bereichen zwischen den Risikoäquivalenten werden die gleichen Werte wie in Abbildung 3.1 zugeordnet. Abbildung 3.2 stellt ein Diagramm für die Bewertung der Unfalltypen ohne die Berücksichtigung der Kleinunfälle dar, Abbildung 3.3 für die der Feintypen. Bei den gestrichelten Linien handelt es sich um die Risikoäquivalenten. Diese wurden anhand der vier Bereiche in Tabelle 3.1 ermittelt. Da die Bereiche für die Unfalltypen gleichmäßig gesplittet sind, werden sie durch lineare Funktionen abgegrenzt. Die Bereiche für die Feintypen sind zur besseren Unterscheidung nicht gleichmäßig verteilt. Hierfür wurde über die Fixpunkte, welche in Tabelle 3.1 festgelegt werden, quadratisch interpoliert um die Risikoäquivalente zu erhalten. Den eingezeichneten Risikoäquivalenten liegt eine quadratische Funktion $f(x) = \alpha + \beta * x + \gamma * x^2$ zugrunde. Die Fixpunkte wurden in den Abbildungen 3.2 und 3.3 mit einem x gekennzeichnet.

3. Methodik

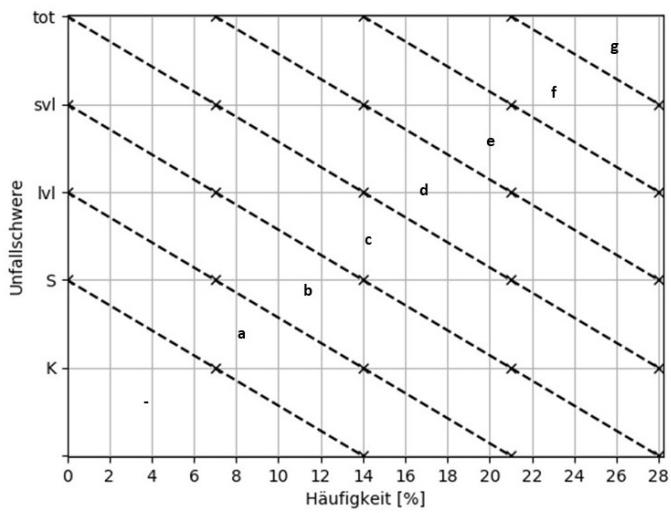


Abbildung 3.2.: Bewertungsdiagramm mit Risikoäquivalenten bei gleichmäßiger Verteilung der Häufigkeiten

Ein Unfalltyp bzw. Feintyp kann aufgrund der unterschiedlichen Schweregrade bis zu fünfmal bewertet werden. Sie kommen daher auch in der bildlichen Darstellung in Diagrammen häufiger vor. Maßgebend ist der Eintrag, dem die größte Risiko-Kategorie zugeteilt wird und der somit das höchste Risiko mit sich bringt. Der Unfalltyp 7 kann z.B. einmal mit *b*, aufgrund der Unfälle mit Leichtverletzten, und einmal mit *d*, aufgrund der Unfälle mit Sachschaden, bewertet werden. Maßgeblich ist dann die höhere Risiko-Kategorie *d*.

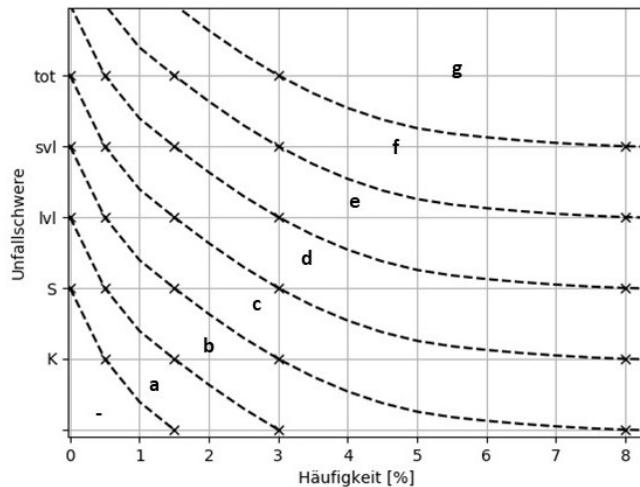


Abbildung 3.3.: Bewertungsdiagramm mit Risikoäquivalenten bei ungleichmäßiger Verteilung der Häufigkeiten

3. Methodik

3.2.3. Bewertung urbaner Fahrsituationen

Bis jetzt werden nur Unfälle bewertet, die sich bereits ereignet haben. Ziel dieser Arbeit stellt jedoch die Bewertung von urbanen Fahrsituationen dar. Anhand der Unfalltypen ist es möglich, Fahrsituationen zu bestimmen, in denen es zu einem Unfall mit einem gewissen Unfalltyp kommen kann. Hierfür werden nur die Unfälle betrachtet, denen ein Feintyp zugeordnet wurde. Die Feintypen werden bereits im Unfalltypen-Katalog der GDV bildlich dargestellt. Im Prinzip skizziert diese bildliche Darstellung (vgl. Abbildung 2.6) jeweils die Fahrsituation vor dem Unfall. Es werden die Bewegungsrichtung, die Art der Beteiligung (Fußgänger, Radfahrer und Kfz) und Eigenschaften der Strecke (Knotenpunkt, Kurve, Auf- bzw. Abfahrt, Parkplatz) angegeben.

Fahrsituationen, die sich im Untersuchungsgebiet ereignen können, wurden anhand eines weiteren Forschungsprojekts durch Testfahrten aufgenommen. Diese Situationen wurden am Lehrstuhl für Verkehrstechnik ebenfalls mit den Feintypen der GDV verknüpft und in einer Datenbank aufbereitet. Zum besseren Verständnis der Fahrsituationen im Testgebiet werden die Feintypen, denen die Risiko-Kategorie *b* oder höher zugeordnet wurde, durchgearbeitet. Hierfür wird erst nach einem relevanten Feintyp gesucht und dann werden die Situationen betrachtet, in denen dieser auf den Testfahrten auftrat. Da der vorhandene Unfalldatensatz eine Vielzahl an Unfällen mit vielen verschiedenen Unfalltypen besitzt, kann es sein, dass während der Testfahrten keine passende Fahrsituation aufgenommen wurde. Diesen Feintypen können jedoch ebenfalls beispielhaft Fahrsituationen im Testgebiet zugeordnet werden. Hierfür werden die Positionen der Unfälle und die zugehörigen Kurzsachverhalte berücksichtigt. Anhand dieser lässt sich die dem Unfall vorausgehende Fahrsituation ableiten.

Die Betrachtung von Unfallhäufungen bietet eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung kritischer Fahrsituationen. In Kapitel 2.1.6 wurden gängige Definitionen zu Unfallhäufungen vorgestellt. Da bei der Unfallaufnahme meistens nur die sieben Unfalltypen angegeben werden, werden diese häufig zur Klassifikation verwendet. In dieser Arbeit sind jedoch die Feintypen relevant, um kritische Situationen zu bestimmen. Die gängigen Verfahren zur Ermittlung von Unfallhäufungen können daher nicht angewendet werden.

Zur Ermittlung von Unfallhäufungen wird hier eine Heatmap verwendet. Berücksichtigt werden hier nur die Feintypen, denen die Risiko-Kategorie *c* oder höher zugeordnet wurde. Anhand der Heatmap können Abschnitte oder gewisse Punkte im Streckennetz ausfindig gemacht werden, an denen bestimmte Feintypen häufig vorkommen. Betrachtet man dann die markanten Punkte in Kombination mit den Kurzsachverhalten ist es möglich, den Feintypen beispielhafte Fahrsituationen zuzuordnen.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Die in Kapitel 2 gewonnenen Erkenntnisse und in Kapitel 3.1 aufgestellten Hypothesen werden in diesem Kapitel auf ein Testgebiet im Münchner Norden übertragen. Die Grundlage bildet ein Unfalldatensatz über 5 Jahre (2012-2016) für die Ungererstraße, Leopoldstraße und Schenkendorfstraße. „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 in dieser Arbeit nicht immer im Detail erklärt werden. Aus den vorhandenen Unfalldaten können nur bedingt detaillierte Rückschlüsse auf Einflussfaktoren, die zum Unfall führten, gemacht werden. 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. Das Potential automatisierter Systeme zur Prävention von Unfällen, die sich aus urbanen Fahrsituationen ergeben, werden 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 betrachtet 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. Zum besseren Verständnis der Kriterien, die von der Polizei erfasst werden, werden die wichtigsten kurz vorgestellt. Die vorhandenen Unfalldaten wurden bereits in einer anderen Arbeit analysiert. Die darin gewonnenen Ergebnisse werden hier zum Teil weiter verwendet.

4.1.1. Unfälle in München

Die Unfallzahlen im gesamten Stadtgebiet München haben sich in den Jahren 2012 bis 2016 verändert. Die Anzahl der Unfälle mit Personenschäden 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 geringe Unfallzahlen vor, was es erschwert, einen Trend zu erkennen. Im Schnitt

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 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. Die Zahlen für das Stadtgebiet München stammen aus den Angaben des Statistischen Bundesamts [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 98] und [2013-2016, S. 95].

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	36	13	16
2015	5634	37	15	12
2014	5638	36	15	16
2013	5584	33	11	6
2012	5516	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 gibt Tabelle 4.2. Die Zahlen für das Stadtgebiet München stammen aus den Angaben des Statistischen Bundesamts [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 98] und [2013-2016, S. 95].

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	48	17	16
2015	761	44	17	19
2014	713	48	14	24
2013	833	51	18	28
2012	839	47	17	22

Während in den Statistiken nur Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegendem Sachschaden aufgenommen werden, liegen bei den vorhandenen Unfalldaten auch Informationen zu Kleinunfällen vor. Diese Unfälle werden zwar bei der Aufnahme durch die Polizei nicht besonders ausführlich erfasst, sollen hier jedoch trotzdem nicht vernachlässigt werden. Es sei zudem nochmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den Zahlen in Tabelle 4.3 nur um Unfälle handelt, die bei der Polizei gemeldet wurden. Besonders bei den Kleinunfällen ist die Dunkelziffer nicht registrierter Unfälle hoch. Bei Kleinunfällen kommt es zu keinem Personenschaden und es liegt kein schwerwiegender Sachschaden im engeren Sinne vor. Sie entsprechen daher

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

den übrigen Sachschadensunfällen. 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 die Anzahl der Unfälle im Testgebiet anhand ihres Unfallmodus, Kleinunfall (K), schwerwiegender Sachschaden im engeren Sinne (S) und Personenschaden (P), 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 diese Unfälle sehr häufig vorkommen, sollen sie nicht vernachlässigt werden. Nachträglich wurden Kurzsachverhalte zu den Unfällen angefragt. Diese liegen auch für die Kleinunfälle in Form eines kurzen Textes zum Unfallhergang vor. Allerdings standen die Beschreibungen für das Jahr 2012 aus Datenschutzgründen nachträglich nicht mehr zur Verfügung.

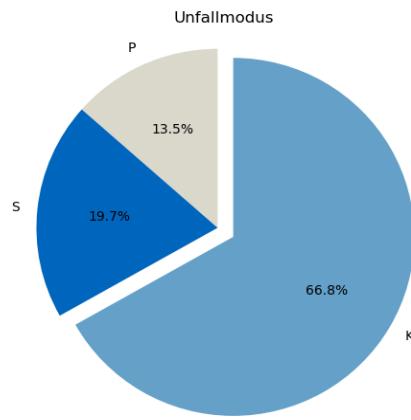


Abbildung 4.1.: Häufigkeit von Unfällen mit Personenschaden, Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden und von Kleinunfällen

4.1.2. Vorstellung der Teststrecke

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

Bei den Untersuchungen wurden nur die Abschnitte der drei Straßen betrachtet, die im Testgebiet liegen. Abbildung A.1 in Anhang A stellt die Teststrecke und alle Knotenpunkte,

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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	Münchner Freiheit	Parkhaus Schwabinger Tor	-
Häufig besuchte Punkte	2 Tankstellen Ungererbad Spielplatz	2 Tankstellen 4 Hotels Discounter	Tankstelle

unterteilt nach Kreuzungen mit LSA und Einmündungen mit/ohne LSA, da Kreuzungen ohne LSA kommen auf der Strecke nicht vor 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 Schenkendorfstraße 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 Straßenverlauf. Betrachtet man beispielsweise den südlichen Teil der Leopoldstraße, sind zwei Fahrspuren je Richtungsfahrbahn vorhanden und in der Mitte der Straße verläuft 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.

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 jeweiligen Knotenpunktarme sind annähernd rechtwinklig zueinander und werden deshalb in den Abbildungen in diesem Kapitel immer rechtwinklig zueinander dargestellt.

Kreuzungen mit LSA

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 4.2 zu erkennen ist, um drei Linksabbiegestreifen und einen Rechtsabbiegestreifen. Es gibt jedoch keine eigene Signalisierung für einen der Abbiegestreifen.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

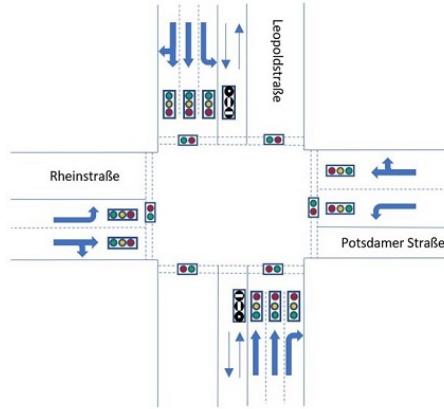


Abbildung 4.2.: Kreuzung Rheinstraße/Leopoldstraße [KUTSCH, 2018, S. 28]

Die Knotenpunkte Schenkendorfstraße/Ungererstraße und Schenkendorfstraße/Leopoldstraße besitzen dagegen nicht nur mehrere Abbiegestreifen wie in Abbildung 4.3 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 nach links auf die Schenkendorfstraße abbiegt.

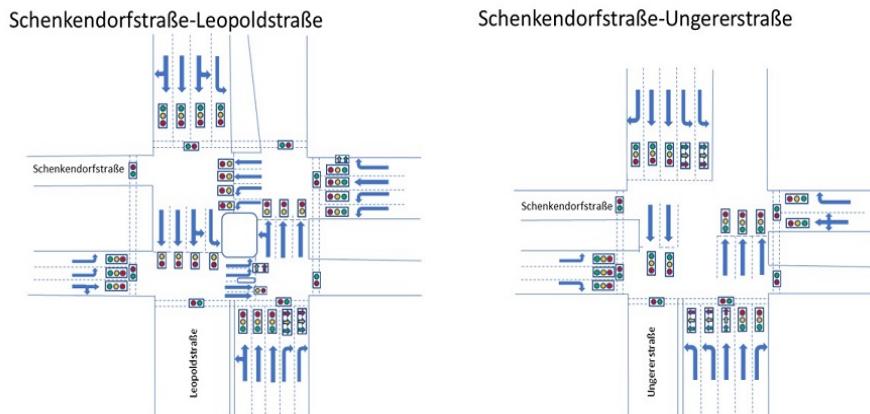


Abbildung 4.3.: Kreuzung mit eigener Signalisierung für Links- bzw. Rechtsabbieger [KUTSCH, 2018, S. 30f]

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

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Richtung wechseln, er folgt weiterhin der Leopoldstraße. Eine weitere Einmündung 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 einen für Rechtsabbieger. Diese werden in Abbildung 4.4 dargestellt.

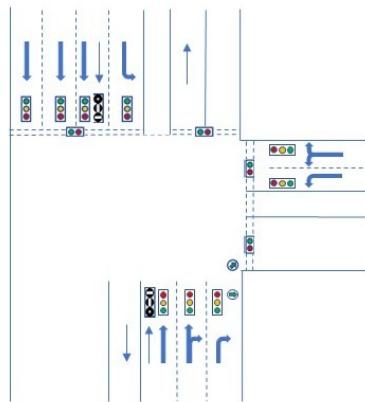


Abbildung 4.4.: Einmündung Leopoldstraße/Ungererstraße [KUTSCH, 2018]

Einmündungen mit einer eigenen Signalphase für Abbieger stellen die Einmündungen Johann-Fichte-Straße/Leopoldstraße und Parzivalstraße/Leopoldstraße in Abbildung 4.5 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.

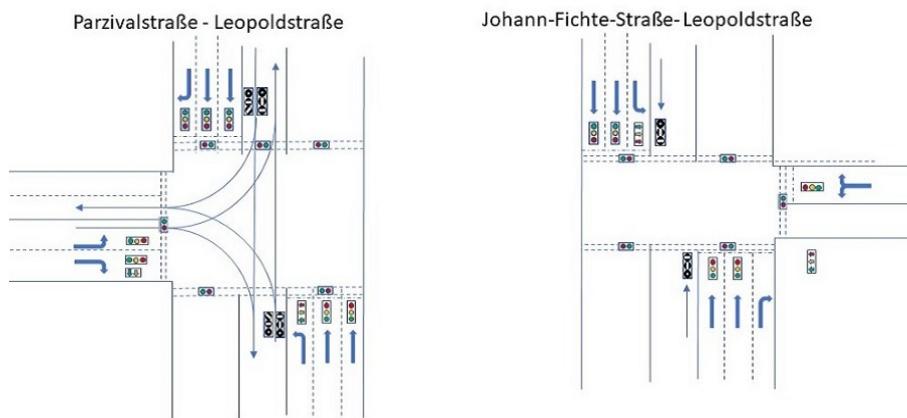


Abbildung 4.5.: Einmündungen mit eigener Signalphase für Abbieger [KUTSCH, 2018]

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

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 Geographischen Koordinaten genau angegeben. Zusätzlich werden noch der Straßenname 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 zu Geschwindigkeitsbeschränkungen dazu, mehr Informationen über Unfallmerkmale zu erhalten.

Zur besseren Klassifikation der Unfälle wird ihnen ein Unfallmodus zugeordnet. Es wird hierbei zwischen drei Unfallmodi unterschieden: Personenschaden, Sachschaden und Kleinunfall. Die dazugehörigen Definitionen können Kapitel 2.1.7 entnommen werden. Neben dem Unfallmodus Personenschaden wird noch angegeben, wie viele Personen sich bei einem Unfall leicht oder schwer verletzt 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.

Für die 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.

Bei den vorhandenen Daten wurden selten zu allen oben genannten Punkten Angaben gemacht. Der Datensatz weist daher zum Teil Lücken auf. Bei Kleinunfällen sind nur Angaben zu Datum, Uhrzeit, Position und allgemeiner Unfallursache gegeben. Eigenschaften, die für den späteren Vergleich mit automatisierten Fahrzeugen in Kapitel 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. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

4.2. Allgemeine Auswertung der Daten

Um einen Überblick über das Unfallgeschehen innerhalb des Testgebiets zu erhalten, werden zunächst nur die Unfälle betrachtet, bei denen es zu einem Personen- oder Sachschaden kam. Da für Kleinunfälle weitaus weniger Informationen vorliegen, werden diese erst im späteren Verlauf der Arbeit berücksichtigt.

Für eine erste Kategorisierung der Unfälle ist der Unfalltyp ausreichend. 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 4.6 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 von denen von BRUHN [2018, S. 16-33] ab.

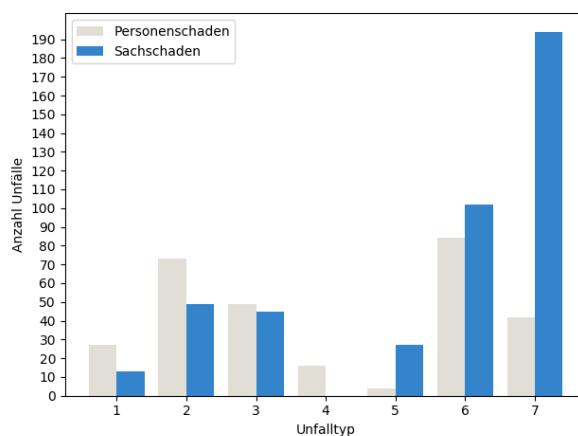


Abbildung 4.6.: Unfalltyp der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 Unfälle zu einem Personenschaden. Am dritthäufigsten 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 vor, führten aber immer zu einem Personenschaden und ereigneten sich überwiegend in der Leopoldstraße. Hierbei sind vor allem die Bereiche auffällig, in denen sich die Tramhaltestellen in der Mitte der Fahrbahn befinden. Alle Unfälle mit Todesfolge gehörten zu diesem Unfalltyp [BRUHN, 2018, S. 26f]. Bei dem Typ 5 „Unfall des ruhenden Verkehrs“ kam es dagegen lediglich in 13 % der Unfälle zu einem Personenschaden.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Die Unfallart wird herangezogen, um die Bewegungsrichtung der Fahrzeuge während des Unfalls zu beschreiben. Unfällen, bei denen ein Personen- oder Sachschaden entstand, wurde 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“. Während es bei Unfällen mit der Unfallart 1 größtenteils nur zu einem Sachschaden kam, hatten mehr als die Hälfte mit der Unfallart 5 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. Die Unfallart 6 „Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger“ wurde zwar nur bei 4 % der Unfälle angegeben, es ergab sich jedoch immer ein Personenschaden. Abbildung 4.7 gibt einen Überblick über die Unfallarten und die Unfallschwere, die den Unfällen im Testgebiet zugeordnet wurden.

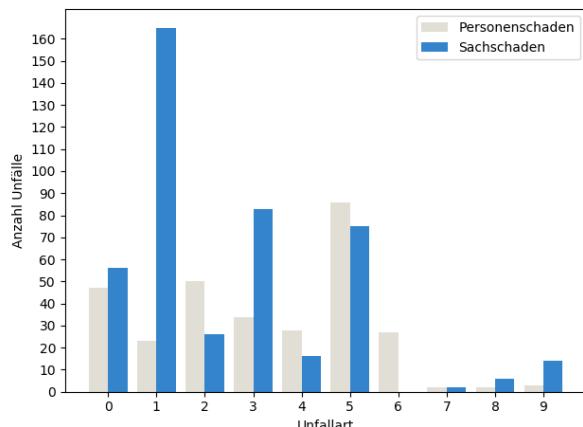


Abbildung 4.7.: Unfallart der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Beteiligungsart (BArt) 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 angegeben, bei denen Personen- oder Sachschaden entstand. 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 % den größten Anteil aus. An zweiter Stelle stehen Fahrradfahrer mit 16 %. In Abbildung 4.8 werden die Unfälle im Testgebiet nach Beteiligungsart und Art der Verkehrsbe teiligung dargestellt.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

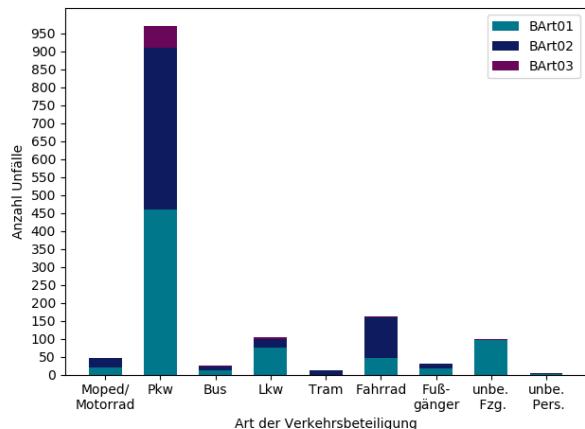


Abbildung 4.8.: Beteiligungsart der Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

4.3. Überprüfung der Hypothesen

In diesem Kapitel werden 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 mit einbezogen. 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, siehe Abbildung 4.7. 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 4.9 zeigt das Verhältnis der Unfälle, bei denen eine der beiden Ursachen angegeben wurde. Innerhalb des betrachteten Zeitraums ereigneten sich 57,7 % der Unfälle beim Abbiegen nach links und bilden somit die Mehrheit der Abbiegeunfälle.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

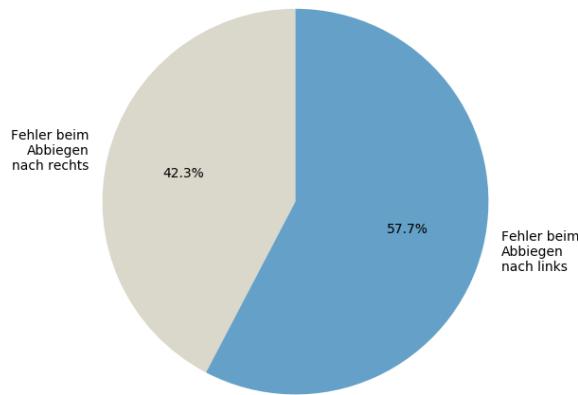


Abbildung 4.9.: Unfälle bei denen Abbiegefehler nach rechts bzw. links in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Berücksichtigt wurden alle Unfälle, unabhängig vom Unfalltyp, denen entweder die Ursache (Urs) 34 oder 35 zugeordnet wurde. Somit können auch Kleinunfälle, denen kein Unfalltyp zugeordnet wurde, berücksichtigt werden. Abbildung 4.10 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 % der Fälle.

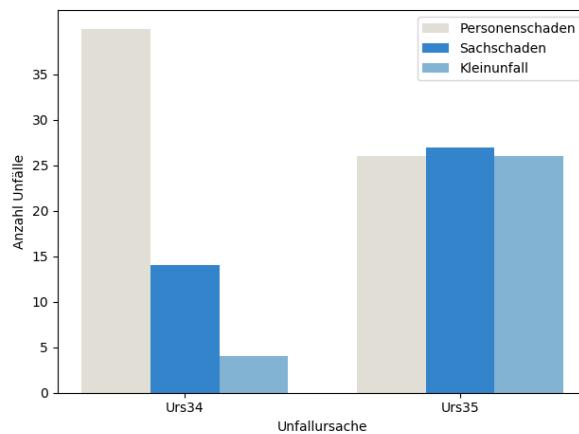


Abbildung 4.10.: Unfallmodus bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Unfälle beim Rechtsabbiegen sind zwar seltener, dafür kommt es zu schwereren Verletzungen. Häufig wird hierbei, wie in Abbildung 4.11 dargestellt ist, nicht der Hauptverursacher des Unfalls sondern der zweite Unfallbeteiligte verletzt. Dies liegt daran, dass es oft zu Unfällen zwischen Pkw-Fahren und Fahrradfahren kommt, vgl. Kapitel 4.3.5. Beim Abbiegen nach links ist die Verletzungsschwere geringer, da sich viele Unfälle zwischen zwei Pkws ereignen.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Hypothese 1 behauptet, 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.

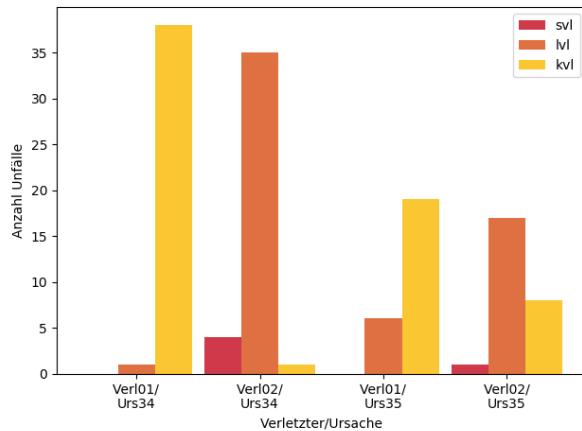


Abbildung 4.11.: Verletzungsschwere bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.12 sind Orte markiert, an denen Unfälle durch Fehler beim Linksabbiegen entstanden sind. 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, das 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 4.2 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

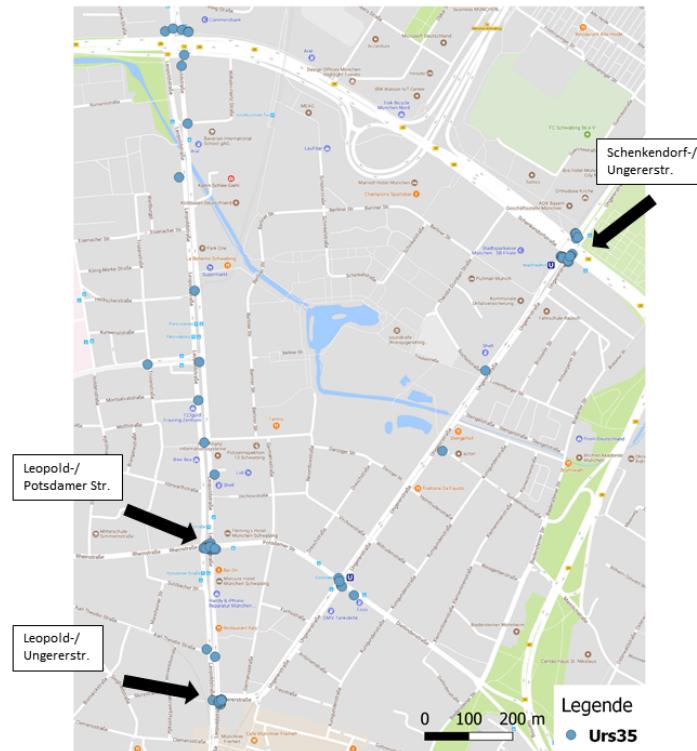


Abbildung 4.12.: Unfälle durch Fehler beim Linksabbiegen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Kreuzung Ungererstraße/Schenkendorfstraße besitzt Linksabbiegestreifen mit eigener Signalphase (Abbildung 4.3). 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 nebeneinander geführt. Kommt ein Fahrzeug beim nebeneinander Abbiegen von der Fahrbahn ab, kann es zu einem Unfall mit dem zweiten abbiegenden Fahrzeug kommen. Zu Unfällen mit entgegenkommenden Fahrzeugen kam es an dieser Kreuzung nur in vier Fällen. Ursache hierfür waren nicht verkehrsgerechte Wendemanöver.

Die Einmündung Leopoldstraße/Ungererstraße besitzt keine eigene Signalphase für Linksabbieger (Abbildung 4.4). 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 4.5 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.

Neben den Unfällen wurden an den Knotenpunkten in der Leopoldstraße auch die Verkehrsstärken berücksichtigt. Für die Kreuzung Ungererstraße/Schenkendorfstraße liegen leider

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Tabelle 4.5.: Verkehrsstärken an ausgewählten Linksabbiegestreifen im Testgebiet

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

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 die Tagessumme der Messwerte zum Vergleich verwendet. Diese wird in Tabelle 4.5 für die drei Knotenpunkte dargestellt. Die Verkehrsstärken der Knoten Leopoldstr./Reihnstr. und Leopoldstr./Parzivalstr. weichen nur minimal voneinander ab. Trotzdem ereignen sich an erstgenanntem Knoten wesentlich mehr Unfälle. Die Daten für die Einmündung Ungererstr./Leopoldstr. sind aus dem Jahr 2018 und weisen eine etwas höhere Verkehrsstärke auf. Es ist anzunehmen, dass sich die Verkehrsstärke innerhalb zweier 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.

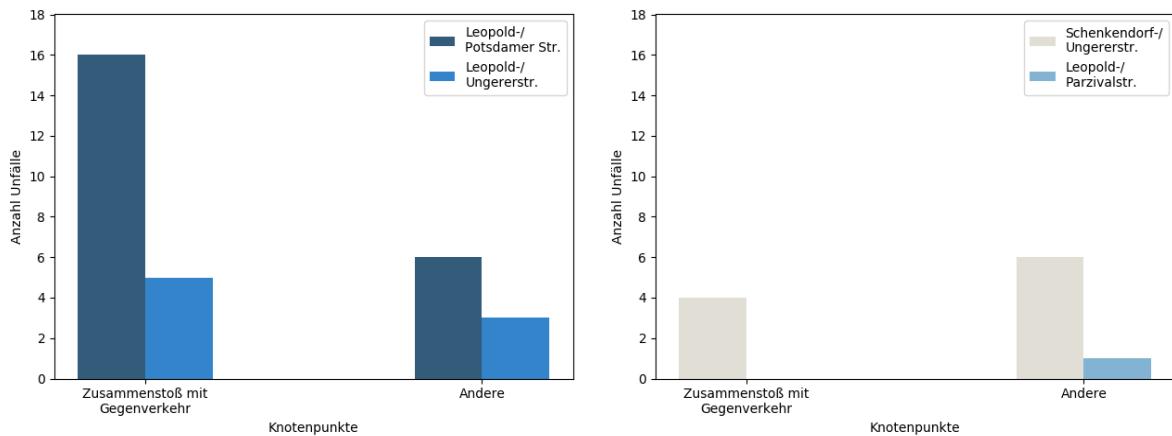


Abbildung 4.13.: Linksabbiegeunfälle an Knotenpunkten ohne (links) und mit (rechts) eigener Signalisierung, die in den Jahren 2013 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 4.13 kommt es in 73 % der Fälle an Kreuzungen ohne eigene Signalisierung zu Unfällen beim Linksabbiegen. In 70 % der Fälle handelt es sich dabei um Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Vor allem dieser

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Konflikt kann durch eine eigene Phase deutlich reduziert werden. *Hypothese 2* kann daher bestätigt werden.

4.3.2. Unfälle während der Hauptverkehrszeiten

Laut Statistischem Bundesamt ereigneten sich im Jahr 2016 die meisten Unfälle innerhalb von Ortschaften, bei denen es zu einem Personenschaden kam, von Montag bis Freitag zwischen 7 und 20 Uhr. In den Morgenstunden kommt es zwischen 7 und 8 Uhr 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 passieren die meisten Unfälle zwischen 16 und 18 Uhr. Auffällig ist auch, dass sich mehr Unfälle am Nachmittag als am Vormittag ereignen. An Wochenenden kommt es seltener zu Unfällen, dafür ist die Anzahl in den Nächten von Freitag auf Samstag und von Samstag auf Sonntag höher als unter der Woche [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 80f].

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 zwischen 18 und 19 Uhr zu erkennen. Diese sind jedoch sehr gering ausgeprägt. Auf der Ungererstraße ist das Verkehrsaufkommen zwischen 7 und 9 Uhr sowie zwischen 16 und 19 Uhr erhöht. Auf der Schenkendorfstraße konnte in den Zeiträumen von 7 bis 9 Uhr und 17 bis 19 Uhr ein erhöhtes Verkehrsaufkommen festgestellt werden. Bei den Detektordaten werden nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer vernachlässigt, da an Rad- bzw. Fußgängerüberwegen keine Detektoren vorhanden sind.

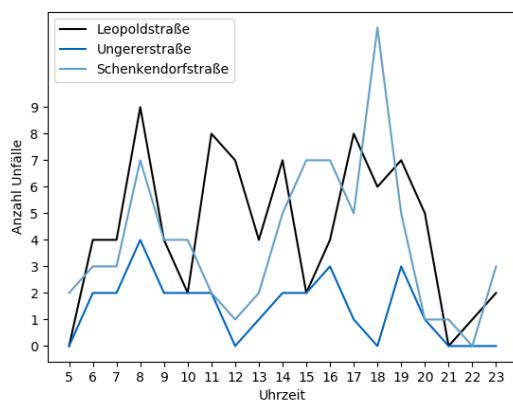


Abbildung 4.14.: Zeitliche Verteilung der Unfälle mit Unfalltyp 6 in den Jahren 2012 bis 2016 innerhalb des Testgebiets

Hypothese 3 gibt an, dass bei höherem Verkehrsaufkommen die Anzahl der Verkehrsunfälle im Längsverkehr steigt. Zur Überprüfung der These werden hier nur die Unfälle betrachtet, bei denen der Unfalltyp 6 angegeben wurde. Der zeitliche Verlauf aller Unfälle im Testgebiet

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

wurde bereits von BRUHN [2018, S. 10-16] analysiert. In Abbildung 4.14 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 zwischen 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, hier ist in Abbildung 4.14 eine deutliche Spitz zu erkennen. Vergleicht man die Zeiträume, in denen sich Unfälle ereigneten mit den Messwerten der Detektoren, stimmen diese nur zum Teil überein. Auf der Leopoldstraße wurden sowohl ein erhöhtes Verkehrsaufkommen als auch erhöhte Unfallzahlen über den gesamten Tag festgestellt. Die Unfallzahlen der Ungererstraße sind für einen konkreten Vergleich zu gering, 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 aussagekräftig genug, um *Hypothese 3* vollständig bestätigen zu können.

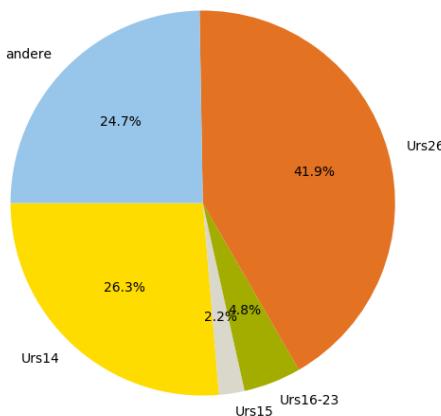


Abbildung 4.15.: Unfallursachen, die Unfällen im Längsverkehr innerhalb des Testgebiets zugeordnet wurden

Hypothese 3 gibt zudem an, dass sich Unfälle 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, das 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

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

hinweisen. In Abbildung 4.15 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.

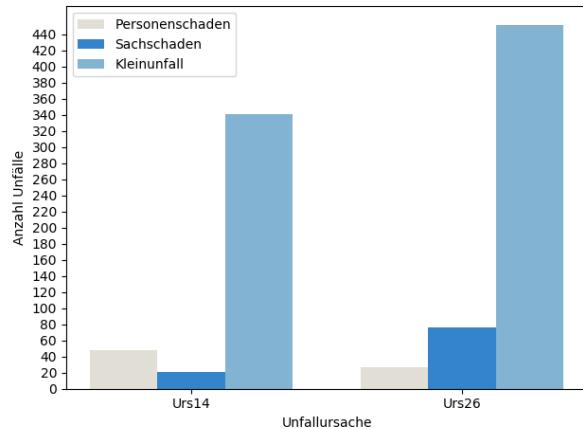


Abbildung 4.16.: Schwere der Unfälle, bei denen als Unfallursache Ungenügender Sicherheitsabstand bzw. Fehler beim Spurwechsel angegeben wurden

Betrachtet man nur die Unfallursachen 14 und 26 ohne Unfalltyp können auch Kleinunfälle mit berücksichtigt werden. Diese machen, wie in Abbildung 4.16 zu erkennen ist, mit 83 % bei Ursache 26 bzw. 81 % bei Ursache 14 einen erheblichen Anteil aus. Auffällig ist zudem, dass es zwar seltener zu Unfällen durch zu geringen Sicherheitsabstand kam, diese dafür häufiger zu Personenschäden führten, als die Unfälle beim Spurwechsel.

4.3.3. Unfälle durch ruhenden Verkehr

Unfälle des ruhenden Verkehrs stellen den Unfalltyp 5 in Abbildung 4.6 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 erkennen, ob es sich um einen Unfall durch ruhenden Verkehr handelt. Betrachtet man zunächst die Unfälle, denen ein Unfalltyp zugeordnet wurde, ereigneten sich ca. 61 % auf der Leopoldstraße, 29 % auf der Ungererstraße und 10 % auf der Schenkendorfstraße.

Eine weitere Möglichkeit Parkunfälle zu identifizieren ist die Unfallart 1 „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 4.7 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 Sachschäden 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 Straßenseiten vorhanden. Die erhöhte Anzahl der Unfälle durch ruhenden Verkehr in der Leopoldstraße kann dadurch erklärt werden, dass die Leopoldstraße in einem Mischgebiet liegt.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 ergibt sich durch die fehlenden Parkmöglichkeiten im Seitenraum.

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 die Art der Siedlungsstruktur.

Zusätzlich gibt die *Hypothese 4* an, dass verbotenes 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 zweimal 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 4.17 zu erkennen ist, in der zweiten Reihe parken/halten. Die Aufnahme in Abbildung 4.17 wurde bei einer Ortsbegehung aufgenommen.



Abbildung 4.17.: Parken in zweiter Reihe auf der Ungererstraße, zum Be- bzw. Entladen (aufgenommen am 20.08.2018)

Keinem der Unfälle, bei denen eine der beiden Ursachen angegeben wurde, wurde gleichzeitig der Unfalltyp 5 zugeordnet, dafür immer die Unfallart 1. Eine weitere Unfallursache, die

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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.

4.3.4. Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern

Betrachtet man Abbildung 4.8 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 Summe 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 mindestens 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 weitere Unfallbeteiligte, 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 selten zur einer 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 ÖPNVs angesiedelt sind. Um die *Hypothese 5* genauer überprüfen zu können, müsste man auf Verkehrsstärken an verschiedenen Punkten im Untersuchungsgebiet zugreifen können. So könnte man herausfinden, ob sich mit steigender Anzahl an ungeschützten Verkehrsteilnehmern die Anzahl der Unfälle verändert. Für die vorliegende 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 wahrscheinlich anhand von Verkehrszählungen ausgewertet werden, da sie schlecht mit Detektoren gemessen werden können.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 4.18 stellt die Beteiligung von ungeschützten und motorisierten Verkehrsteilnehmern an Unfällen mit Personenschaden dar. Es ist zu erkennen, dass Unfälle 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, Pkws und Fahrrädern. Die Fahrräder machten hierbei mit 21 Alleinunfällen den größten Anteil aus.

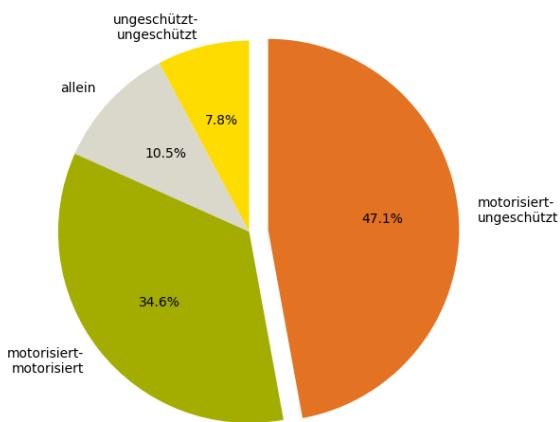


Abbildung 4.18.: Beteiligung von motorisierten und ungeschützten Verkehrsteilnehmern an Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.19 ist die Verletzungsschwere von Pkw-Fahrern dargestellt. Andere motorisierte Verkehrsteilnehmer werden nicht betrachtet, da sie selten an Unfällen beteiligt sind (vgl. Abbildung 4.8). Pkws 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.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

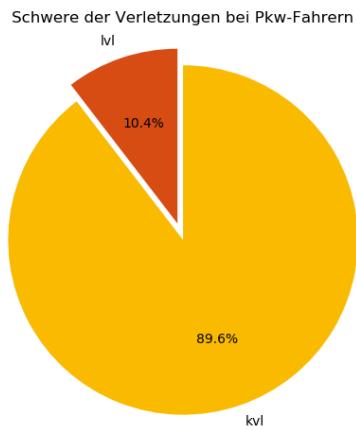


Abbildung 4.19.: Schwere der Verletzungen von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschäden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Bei Radfahrern kommt es dagegen bei Unfällen mit Personenschäden 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 4.20 stellt die Verletzungsschwere von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschäden dar. Die Annahme in Hypothese 5, dass der Verletzungsgrad bei ungeschützten Verkehrsteilnehmern höher ist kann somit bestätigt werden.

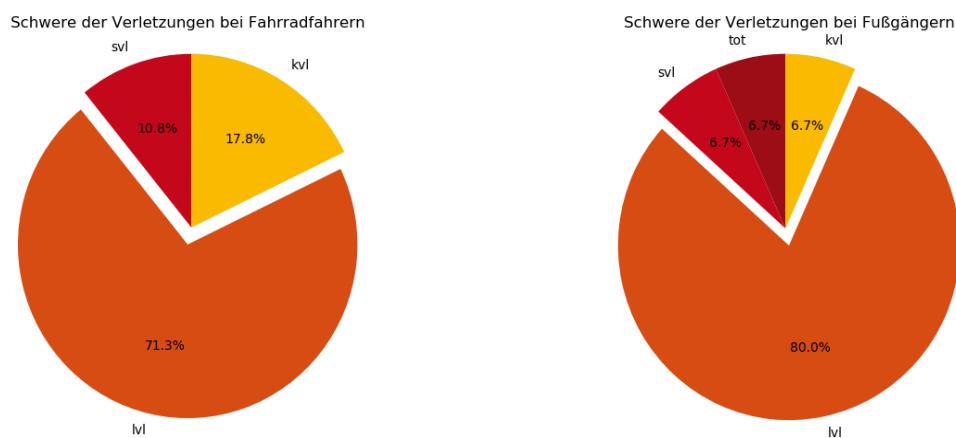


Abbildung 4.20.: Schwere der Verletzungen von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschäden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 eine Ausnahme, nicht Hauptverursacher des Unfalls. Bei den Hauptverursachern handelte es sich in fast 89 % der Fälle 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.

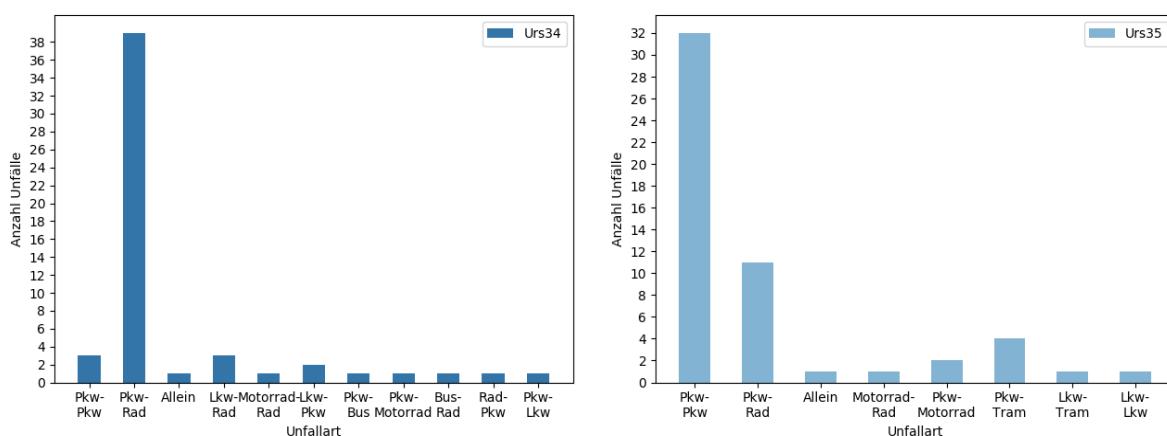


Abbildung 4.21.: Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 immer um Pkw-Fahrer. Innerhalb des Testgebiets ereigneten sich zwölf Unfälle mit Radfahrerbeteiligung, bei denen die Unfallursache 35 beim Hauptverursacher angegeben wurde. Abbildung 4.21 zeigt, 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, diese sind deshalb in Abbildung 4.21 nicht eingetragen.

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, das anfährt, anhält, im ruh. Verkehr steht“ (1) genannt. Wie in Abbildung 4.22 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 .

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

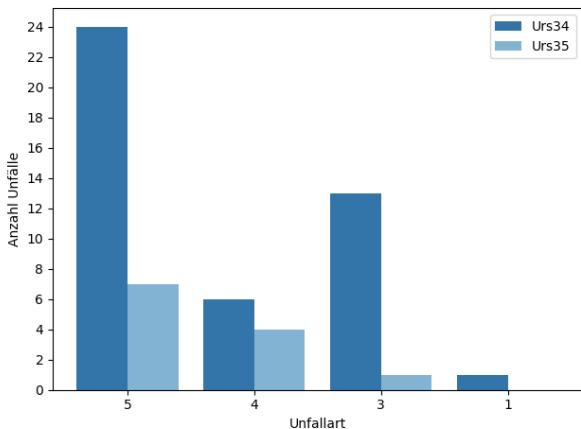


Abbildung 4.22.: Unfallart bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Angabe der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 4.22 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. Mit einer Ausnahme wurde sie immer dem beteiligten Radfahrer zugeordnet. Es kam siebenmal zu Unfällen mit Pkw-Rad Beteiligung, viermal 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 wurde lediglich bei

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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.

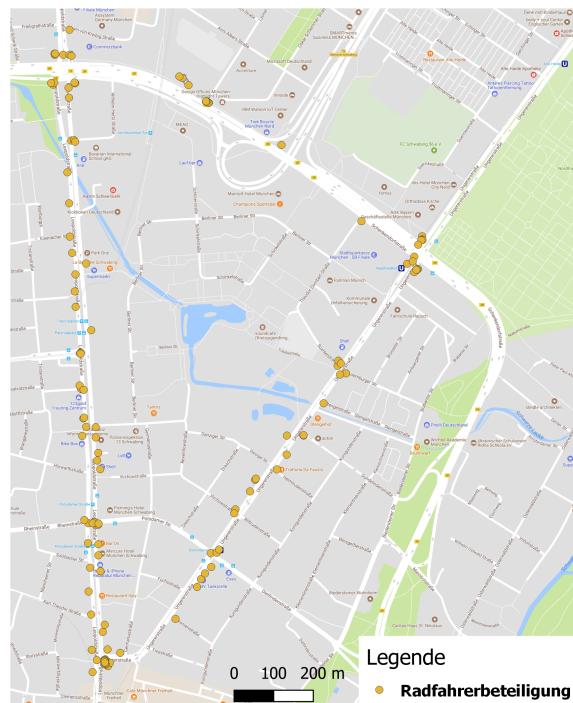


Abbildung 4.23.: Unfälle mit Fahrradbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.23 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 16 von 23 Unfällen durch Fehler beim Rechtsabbiegen ausgelöst. Es kommt 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 4.24 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. Da die vorhanden Unfalldaten nur bis zum Jahr 2016 reichen, kann nicht geprüft werden, ob die Konflikte reduziert werden konnten.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets



Abbildung 4.24.: Konfliktpunkt an der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße mit eingefärbter Radverkehrsanlage (aufgenommen am 20.08.2018)

4.3.6. Fehlverhalten der Fußgänger

Um Fehler von Fahrzeugführern und Fußgängern unterscheiden zu können, gibt es Unfallursachen, die das falsche Verhalten der Fußgänger beschreiben. In Abbildung 4.25 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 welche Fehler es sich genau handelt. Während 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.

In Abbildung 4.8 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.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

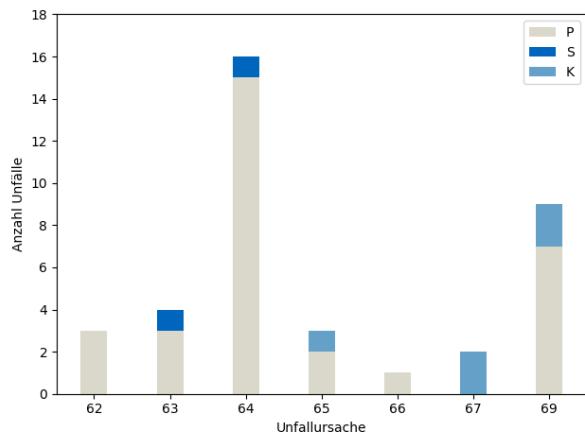


Abbildung 4.25.: Unfallursachen durch falsches Verhalten der Fußgänger mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

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 vorkommen. In Abbildung 4.25 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.

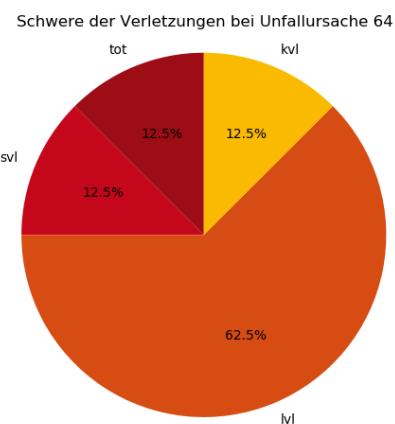


Abbildung 4.26.: Verletzungen, die durch Unfälle mit Angabe der Ursache 64 bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Abbildung 4.26 bezieht sich nur auf diese Ursache und gibt die Schwere der Verletzungen an. Hierbei ist auffällig, dass lediglich bei 12,5 % der am Unfall Beteiligten keine Verletzung (kvl) vorlag. 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 tödliche Verletzung trat im gesamten Untersuchungsgebiet innerhalb des Untersuchungszeitraums nur bei zwei Unfällen auf, diese machen genau die eben genannten 12,5 % der Unfallursache 64 aus. *Hypothese 8* kann im zweiten Teil nur in einem Punkt bestätigt werden, der dafür einen wesentlichen Einfluss auf Unfälle mit Personenschaden hat.

Betrachtetet man die den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung zugeordneten Besonderheiten wurden im Testgebiet nur vier Mal „Fußgängerfurt“ und sechs Mal „Haltestelle“ angegeben. Überraschend ist, dass es bei „Fußgängerüberwegen“ keinen Unfall mit Fußgängern gab, obwohl diese Besonderheit in Abbildung 4.28 am häufigsten vorkommt. In *Hypothese 8* wird vermutet, dass sich Unfälle mit Fußgängern häufig in der Nähe von ÖPNV Haltestellen ereignen.

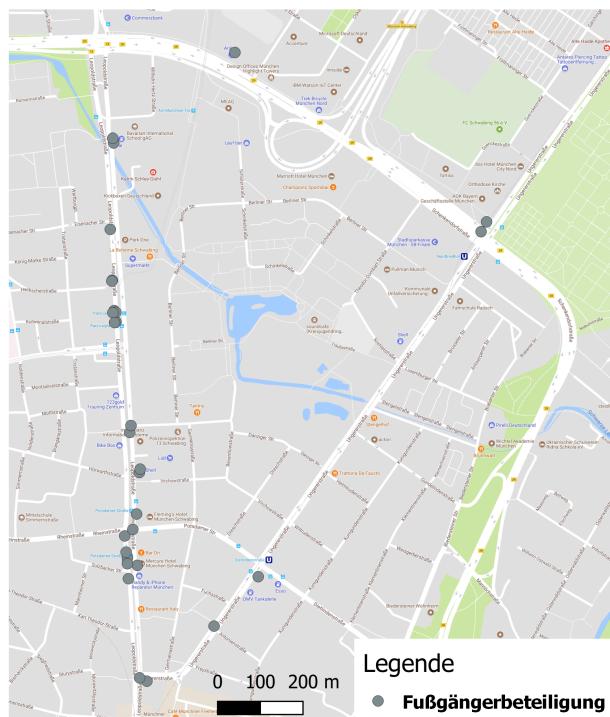


Abbildung 4.27.: Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.27 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, im 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 bis auf

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

fünf, alle 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 Sachschaden angegeben. Innerhalb des Testgebiets wurden in fünf Jahren bei 11,9 % der Unfälle mit Personenschaden und bei lediglich 3,7 % mit Sachschaden Besonderheiten angegeben. In Abbildung 4.28 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 Personenschaden kam. 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.

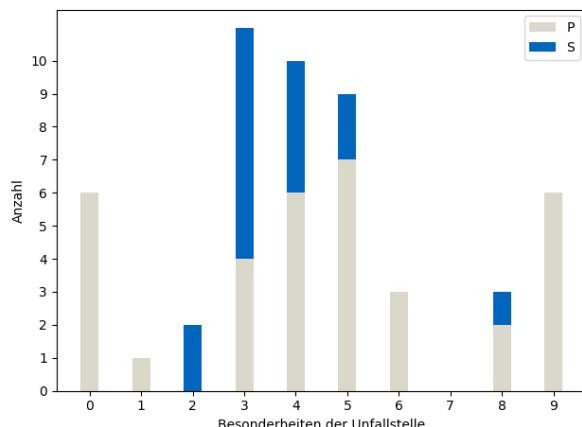


Abbildung 4.28.: Besonderheiten der Unfallstellen mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Bei Unfällen mit Personenschaden 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 Personenschaden angegeben wurden. „Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn oder lediglich durch Markierung von der Fahrbahn abgetrennt“ (8) wurde im Vergleich zu den zwei vorherigen

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Besonderheiten seltener angegeben. Während die Besonderheiten 7 und 9 jeweils 2 % der Unfälle mit Personenschaden 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 4.28 zu erkennen, dass es bei baulich getrennten Radverkehrsanlagen häufiger zu Unfällen kam. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass innerhalb des Testgebiets größtenteils nur derartige Radverkehrsanlagen vorhanden sind. Betrachtet 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.

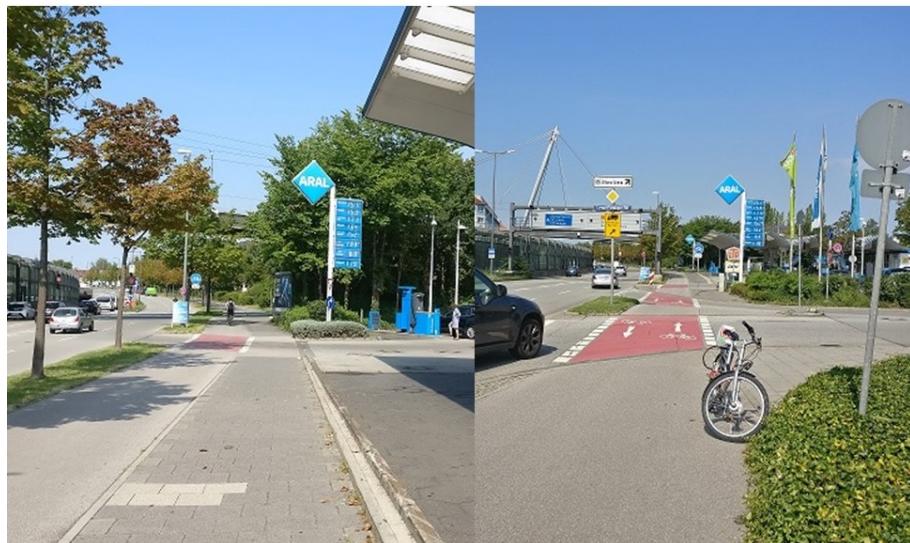


Abbildung 4.29.: Links: Ausfahrt der Aral Tankstelle mit baulich von der Fahrbahn getrennter Radverkehrsanlage Rechts: Einmündung mit markiertem Radweg auf der Fahrbahn (aufgenommen am 20.08.2018)

Im Testgebiet traten an der Einmündung Schenkendorfstraße/Leyonel-Feininger-Straße häufig Unfälle mit Fahrradbeteiligung auf. 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

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

ereignete wurde getrennte Radverkehrsanlage als Besonderheit angegeben. Die beiden Stellen sind in Abbildung 4.29 zu erkennen.

In diesem Fall ist nicht die Art der Radverkehrsanlage für die Unfallhäufungen verantwortlich, sondern die Freigabe des Radwegs entgegen der Fahrtrichtung. Mit dieser Situation rechnen Fahrzeugführer häufig nicht, obwohl an der Einmündung, vgl. Abbildung 4.29, 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.

Hypothese 7 kann daher nur bedingt bestätigt werden. Sie wird zunächst anhand der statistischen Auswertung in Abbildung 4.28 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 vorhandenen Markierung, trotz Roteinfärbung, nicht den gewünschten Effekt 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 4.30 zeigt die allgemeinen Ursachen, die Unfällen im Testgebiet zugewiesen wurden. Es ist zu erkennen, dass „Glätte oder Schläfrigkeit der Fahrbahn“ (70 bis 74) neben dem Punkt „Sonstige Ursachen“ (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“ (72) zwar häufiger als Unfallursache angegeben wurden, „Regen“ (72) dafür zu mehr Unfällen mit Personenschäden führt.

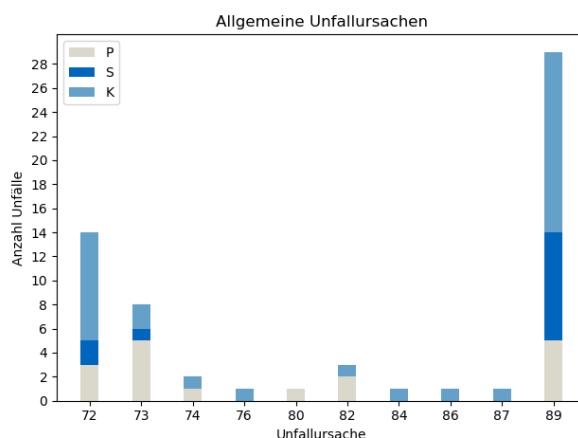


Abbildung 4.30.: Allgemeine Unfallursachen mit Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Witterungseinflüsse können nicht nur die Straßenverhältnisse beeinflussen sondern auch zu Sichtbehinderungen führen (Unfallursachen 80 bis 84). Innerhalb von fünf Jahren wurde im

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Testgebiet jedoch nur bei fünf Unfällen eine dieser Ursachen angegeben. Jeweils ein Unfall wurde durch „starken Regen, Hagel, Schnee“ (81) bzw. „Unwetter“ (84) und drei durch „blendende Sonne“ (82) beeinflusst. Zwei der Unfälle, die sich durch Sonnenblendung ereigneten, hatten einen Personenschaden zur Folge. Betrachtete man jedoch alle Unfälle mit Personenschaden im Untersuchungsgebiet über die fünf Jahre, wurden lediglich 0,7 % durch Sonnenblendung 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“ (75 bis 79) und „Hindernisse“ Einfluss auf Unfälle innerhalb des Testgebiets. Sie werden in Summe nur dreimal genannt und deshalb nicht näher betrachtet. Allgemeine Unfallursachen, die in dem betrachteten Zeitraum nie einem Unfall zugewiesen wurden, werden in Abbildung 4.30 nicht berücksichtigt.

4.4. Bewertung der Unfälle im Testgebiet

Die Unfälle werden nun anhand der Bewertungsmethodik, die in Kapitel 3.2 vorgestellt wurde, bezüglich ihrer Kritikalität bewertet. Hierfür werden zunächst nur die Unfälle herangezogen, denen bei der Unfallaufnahme bereits ein Unfalltyp zugeordnet wurde. Anschließend werden alle Unfälle typisiert, um die Unfallabläufe besser verstehen zu können. Bei der Bewertung der typisierten Unfälle können so auch die Kleinunfälle berücksichtigt werden. Im Folgenden werden zuerst nur die sieben Unfalltypen betrachtet und dann die jeweiligen Feintypen.

4.4.1. Bewertung der Unfälle mit zugeordnetem Unfalltyp

Betrachtet man nur die Unfälle, denen bereits bei der Unfallaufnahme ein Unfalltyp zugeordnet wurde, werden die Kleinunfälle nicht berücksichtigt und die Gesamtanzahl der Unfälle beträgt lediglich **591 Stück**. In Abbildung 4.31 werden all diese Unfälle anhand des Unfalltyps, der Unfallschwere und der aufgetretenen Häufigkeit dargestellt. Es ist zu erkennen, dass zwei Unfalltypen ein erhöhtes Risiko aufweisen.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

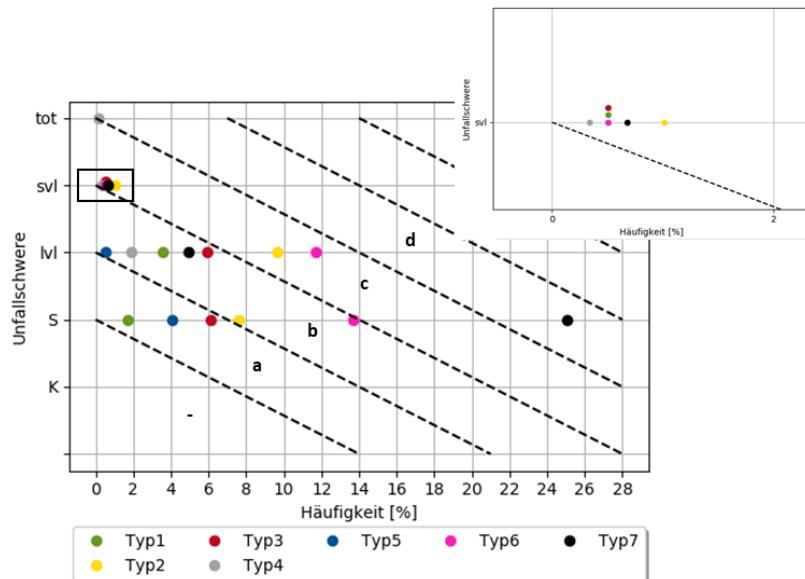


Abbildung 4.31.: Bewertung anhand der während der Unfallaufnahme zugeordneten Unfalltypen

Die Typen 4 und 7 befinden sich in der Risiko-Kategorie *d*. Typ 4 (Überschreitunfall), der einzige Unfalltyp im betrachteten Zeitraum mit Todesfolge, wird direkt der höchsten Risiko-Kategorie zugeordnet. Typ 7 dagegen wird wegen häufig aufgetretener Schachschadensunfälle der Kategorie *d* zugeordnet. Bei ca. 25 % der Unfälle im Untersuchungsgebiet wurde der Unfalltyp 7 in Kombination mit einem Sachschadensunfall angegeben.

Bei den Unfalltypen 1, 2, 3 und 6 kam es zu Unfällen mit Schwerverletzten. Schwere Verletzungen traten zwar pro Unfalltyp in weniger als 2 % der Fälle auf, trotzdem reicht dies aus, um den Unfällen die Kategorie *c* zuzuordnen. Bei den Typen 2 und 6 ist zudem auffällig, dass auch die Anzahl der Unfälle, bei denen es Leichtverletzte gab, mit ca. 9,5 % (Typ 2) bzw. 11,5 % (Typ 6) im selben Risikobereich angeordnet sind.

Der Typ 5, Unfälle im ruhenden Verkehr, bringt in diesem Fall das geringste Risiko mit sich. Es ereigneten sich hier nur wenig Unfälle mit Leichtverletzten. Zudem liegt die Anzahl der Unfälle mit Sachschaden nur bei 4 %, weshalb diesem Typ die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet wird.

4.4.2. Bewertung der typisierten Unfälle

Betrachtet man nun die typisierten Unfälle, fließen die Kleinunfälle in die Bewertung mit ein. Die gesamte Anzahl der Unfälle erhöht sich dadurch deutlich und beträgt nun **1779 Stück**. Anhang B stellt die Häufigkeiten der einzelnen Feintypen und den zugehörigen Schweregrad, die den Auswertungen hier zugrunde liegen, tabellarisch dar. Da sich die Zuordnung der Feintypen an den Kurzsachverhalten orientiert, kann es sein, dass der Feintyp, wie schon in Kapitel 3.2.1 erwähnt, von dem bei der Unfallaufnahme zugeordneten Unfalltyp abweicht. Im Vergleich zum vorherigen Kapitel ist die gesamte Anzahl deutlich höher, deshalb müssen die

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Bewertungsbereiche angepasst werden. Dies wurde bereits in Kapitel 3.2.2 erläutert.

Unfalltypen 1 bis 7

Bevor die einzelnen Feintypen näher erläutert werden, sollen nochmals nur die sieben Unfalltypen, inklusive der Kleinunfälle, betrachtet werden. Diese sind in Abbildung 4.32 dargestellt. Durch die Anpassung der Eintrittswahrscheinlichkeiten, um die hohe Anzahl der Kleinunfälle mit abilden zu können, verändern sich die Risiko-Kategorien der einzelnen Typen teilweise. Das höchste Risiko weisen nun nur noch die Unfälle mit dem Typ 4 auf. Sie werden als einziger Typ mit der Kategorie *d* bewertet.

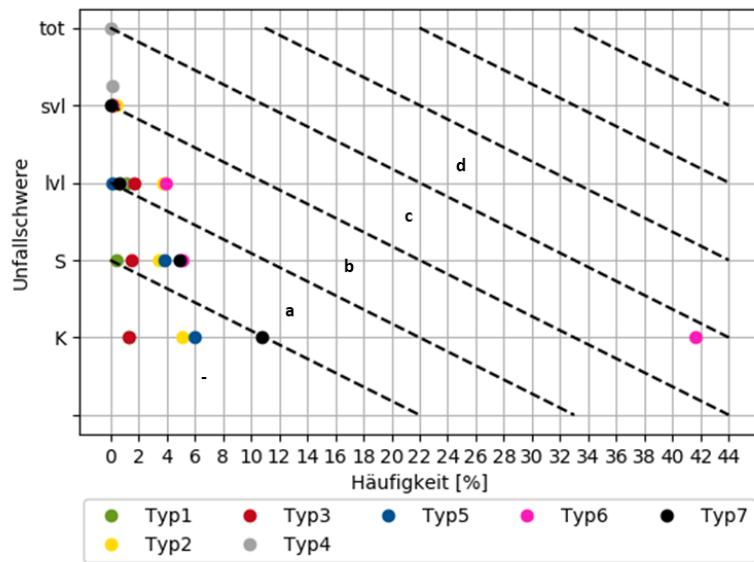


Abbildung 4.32.: Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen mit Kleinunfällen

In die Kategorie *c* fallen die Typen 1, 2, 3, 6 und 7, da hier jeweils Unfälle mit schweren Verletzungen auftraten. Abbildung C.1 im Anhang C stellt vergrößerte Ausschnitte der Abbildung 4.32 zur besseren Verständlichkeit dar. Die Unfälle mit dem Typ 6 werden nicht nur aufgrund der Verletzungen mit der Kategorie *c* bewertet, sondern auch aufgrund der hohen Anzahl, ca. 41,5 %, an Kleinunfällen, bei denen der Typ 6 angegeben wurde. Der Unfalltyp 5 wird, wie zuvor, mit der Kategorie *b* bewertet.

Anhand der sieben Unfalltypen ist zwar eine Bewertung der Unfälle möglich, die Aussagekraft ist jedoch relativ gering, da der Unfalltyp wenig Informationen über den Unfallhergang preisgibt. Zur genaueren Beschreibung wurden die Feintypen nach GDV verwendet. Im folgenden Teil werden die sieben Unfalltypen anhand der aufgetretenen Feintypen analysiert. Aufgrund der hohen Anzahl der Feintypen werden nur die Unfälle, denen die Risiko-Kategorie *d*, *c* oder *b* zugeordnet wurde, genauer beschrieben. Die restlichen Feintypen können aus den jeweiligen Diagrammen entnommen werden.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Feintypen Unfalltyp 1

Die zwei Feintypen 141 und 183 werden der Risiko-Kategorie *c* zugeordnet, da es bei beiden zu Unfällen mit svl kam. Typ 141 weist eine höhere Anzahl an Unfällen mit svl auf und zusätzlich kam es in 0,68 % zu Unfällen mit lvl, sodass die Unfälle mit lvl die gleiche Risiko-Kategorie erreichen. Abbildung 4.33 stellt die Feintypen des Unfalltyps 1 dar. Die zugehörige Risiko-Kategorie kann anhand der Risikoäquivalenten (gestrichelte Linie) abgelesen werden.

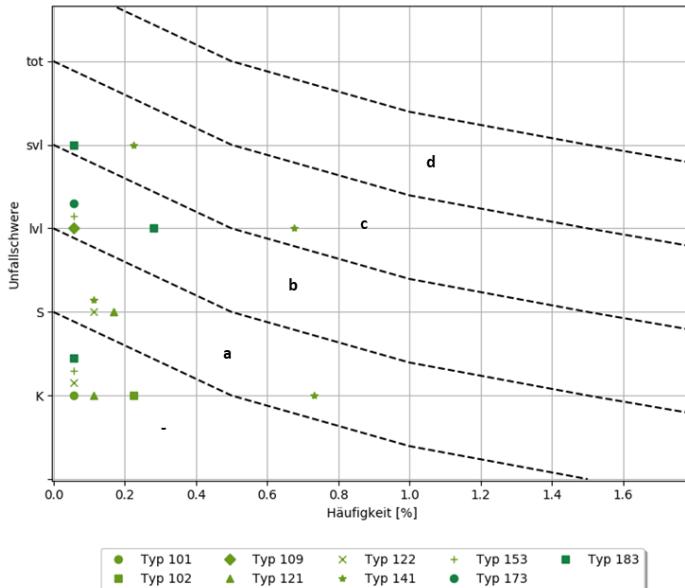


Abbildung 4.33.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 1 zugeordnet wurde

Der Risiko-Kategorie *b* werden die Feintypen 109, 153 und 173 zugewiesen. Bei diesen drei Typen traten jeweils zwei Unfälle mit Leichtverletzten auf, die maßgebend für die Zuordnung der Risikokategorie sind. Um Feintypen mit gleicher Häufigkeit und gleicher Unfallschwere in den Diagrammen darstellen zu können, wurden sie in der Höhe versetzt dargestellt.

Feintypen Unfalltyp 2

Betrachtet man Abbildung 4.34 ist zu erkennen, dass die Feintypen 211, 224, 243 und 244 der Risiko-Kategorie *c* zugeordnet werden. Auffällig ist, dass alle vier Typen nicht nur aufgrund der Unfälle mit svl in dieser Kategorie eingeordnet werden. Die Häufigkeit der Unfallanzahl mit lvl ist bei allen vier Typen ebenfalls so hoch, dass sie in die Kategorie *c* fallen. Besonders bei Typ 243 ereigneten sich mit 1,24 % häufig Unfälle, bei denen es zu lvl kam. Bei Typ 211 kam es bei 0,96 % ebenfalls zu lvl. Zusätzlich ist bei Typ 211 auffällig, dass auch die Anzahl der Unfälle mit S hoch ist. Sie beträgt 1,35 % und befindet sich in der Risiko-Kategorie *b* an der Grenze zu *c*.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

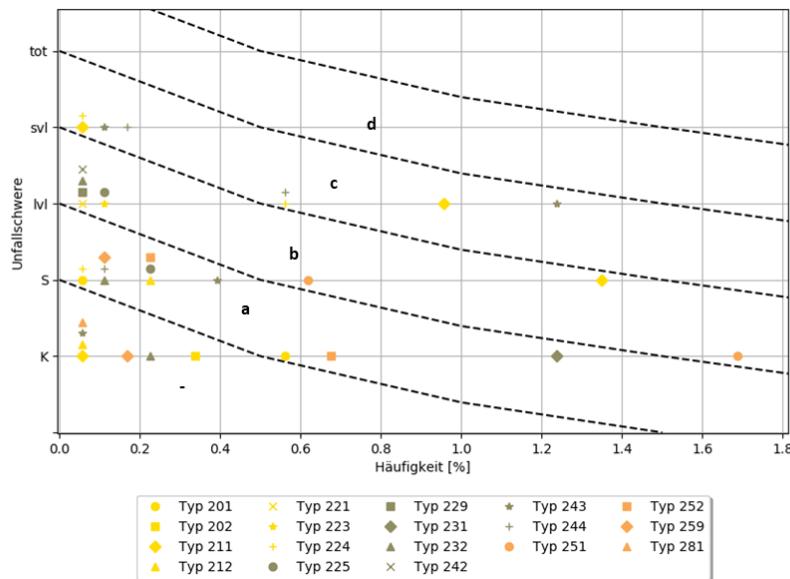


Abbildung 4.34.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 2 zugeordnet wurde

Den Feintypen 221, 223, 225, 229, 232, 242 und 251 wird die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet. Bis auf Typ 251 erfolgt die Zuordnung zu dieser Kategorie aufgrund der Anzahl der Unfälle mit lvl. Bei Typ 251 ereigneten sich keine Unfälle, bei denen es zu einem Personenschaden kam. Die Anzahl der Unfälle mit S und K ist jedoch mit 0,62 % bzw. 1,69 % so hoch, dass dieser Feintyp ebenfalls in die Kategorie *b* fällt.

Feintypen Unfalltyp 3

Der Risiko-Kategorie *c* werden lediglich die Feintypen 342 und 349 des Unfalltyps 3 zugeordnet. In Abbildung 4.35 ist ersichtlich, dass beide Typen aufgrund der Unfallanzahl mit svl dieser Kategorie zugewiesen werden. Bei dem Typ 342 ist die Häufigkeit der Unfälle mit lvl mit 0,68 % ebenfalls so hoch, dass diese auch in der Kategorie *c* angeordnet werden.

Die Feintypen 301, 303, 322, 341 und 344 fallen alle in die Risiko-Kategorie *b*, da es zu Unfällen mit lvl kam. Am häufigsten ereigneten sich Unfälle mit dem Feintyp 301 (0,23 %).

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

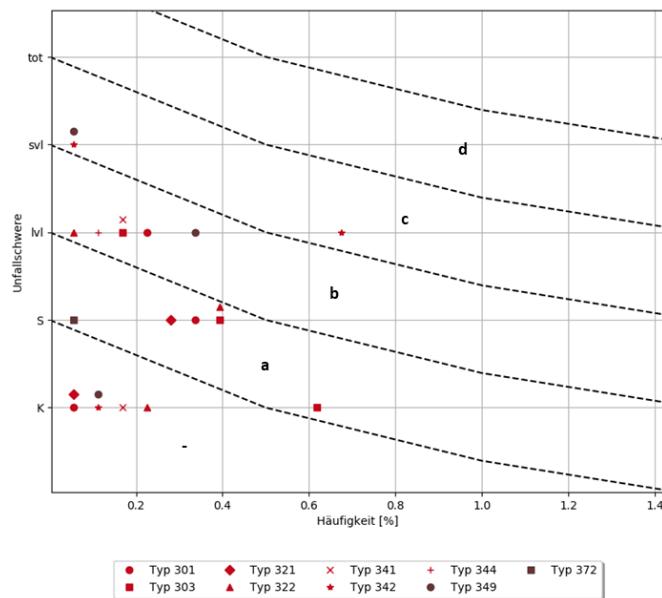


Abbildung 4.35.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 3 zugeordnet wurde

Feintypen Unfalltyp 4

Der Feintyp 401 erhält die Risiko-Kategorie *d*. Diese Kategorie entspricht der höchsten Kategorie, die den Feintypen der Unfälle im Testgebiet zugeordnet wurde. Zusätzlich wird sie in dieser Arbeit nur bei zwei Feintypen angegeben. Der Feintyp 401 erhält diese Kategorie aufgrund der Unfallschwere. Allen betrachteten Unfällen, bei denen es zu einem tödlichen Unfall kam, wurde dieser Feintyp zugeordnet.

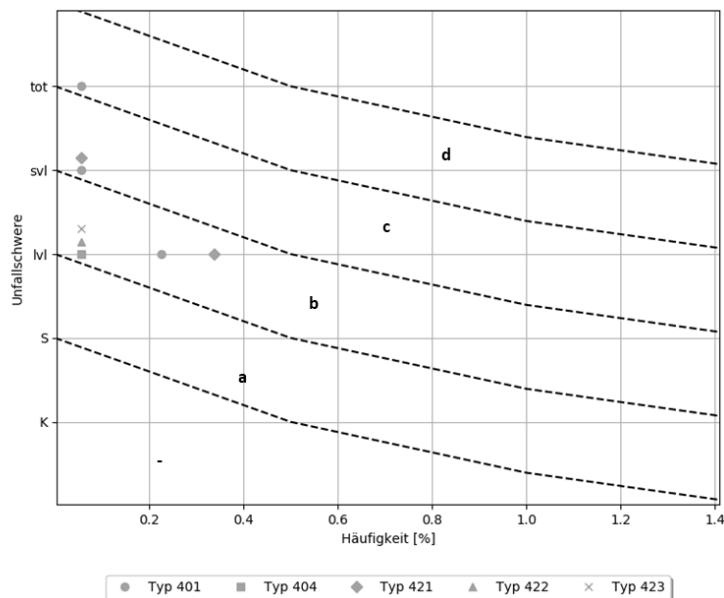


Abbildung 4.36.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 4 zugeordnet wurde

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Der Risiko-Kategorie *c* wurde nur der Feintyp 421 zugeordnet. In Abbildung 4.36 ist zu erkennen, dass die Zuordnung zu dieser Kategorie aufgrund der Unfälle mit svi erfolgt.

Die Feintypen 404, 422 und 423 erhalten die Risiko-Kategorie *b*. Bei allen drei Feintypen ereignete sich je ein Unfall, bei dem es zu Leichtverletzten kam. Häufiger traten Leichtverletzte bei den Feintypen 401 und 421 auf. Da diese aber bereits mit einer höheren Risiko-Kategorie bewertet wurden, sind sie für diese Kategorie nicht mehr relevant.

Feintypen Unfalltyp 5

Neben dem eben erwähnten Feintyp 401 bildet der Feintyp 501 den zweiten Typ, dem die Risiko-Kategorie *d* zugeordnet wird. Der Grund für eine Einordnung in diese hohe Kategorie stellt in diesem Fall jedoch nicht die Unfallschwere sondern die Häufigkeit dar. In 3,49 % wurde bei Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden der Feintyp 501 angegeben. Zusätzlich führte dieser Typ häufig zu Kleinunfällen. Diese sind jedoch mit 3,15 % nicht maßgebend für die Kategorisierung.

Der Risiko-Kategorie *c* wird hier kein Feintyp zugeordnet. In Abbildung 4.37 ist zu erkennen, dass in diesem Bereich lediglich der Feintyp 501 eingezeichnet ist. Diesem wurde bereits eine höheren Kategorie zugeordnet, somit ist er für diese nicht mehr relevant.

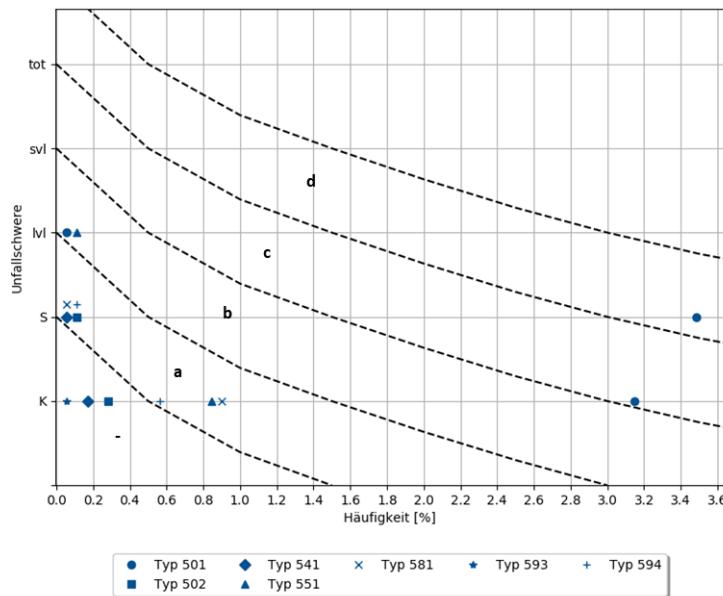


Abbildung 4.37.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 5 zugeordnet wurde

Der Feintyp 551 führte zu zwei Unfällen mit Leichtverletzten und erhält deshalb die Risiko-Kategorie *b*. Allen anderen Feintypen des Unfalltyps 5 wurde eine niedrigere Kategorie zugeordnet. Sie werden daher hier nicht weiter erläutert.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Feintypen Unfalltyp 6

Betrachtet man Abbildung 4.38 ist zu erkennen, dass dem Unfalltyp 6 besonders viele Feintypen zugeordnet wurden. Deshalb stellt Abbildung C.2 in Anhang C Teilbereiche der Abbildung 4.38 nochmals vergrößert dar.

Der Risiko-Kategorie c wurden insgesamt acht Feintypen zugeordnet. Ein Feintyp stellt der Typ 63/64 dar. Dieser ist nicht im Unfalltypen-Katalog der GDV enthalten. Er wurde eingeführt, um die Unfälle, die nicht typisiert werden konnten, zu reduzieren. Bei Kleinunfällen kommt es häufig vor, dass in den Kurzsachverhalten zwar angegeben wurde, dass der Unfall durch einen Fehler beim Spurwechsel entstand, es liegt jedoch keine Information über die Richtung des Spurwechsels vor. Bei allen Unfällen, denen der Feintyp 63/64 zugeordnet wurde, kam es daher entweder zu einem Fehler beim Spurwechsel nach rechts oder nach links. Diese Fehler spielen mit einer Häufigkeit von 6,63 % bei K eine bedeutende Rolle im Unfallgeschehen.

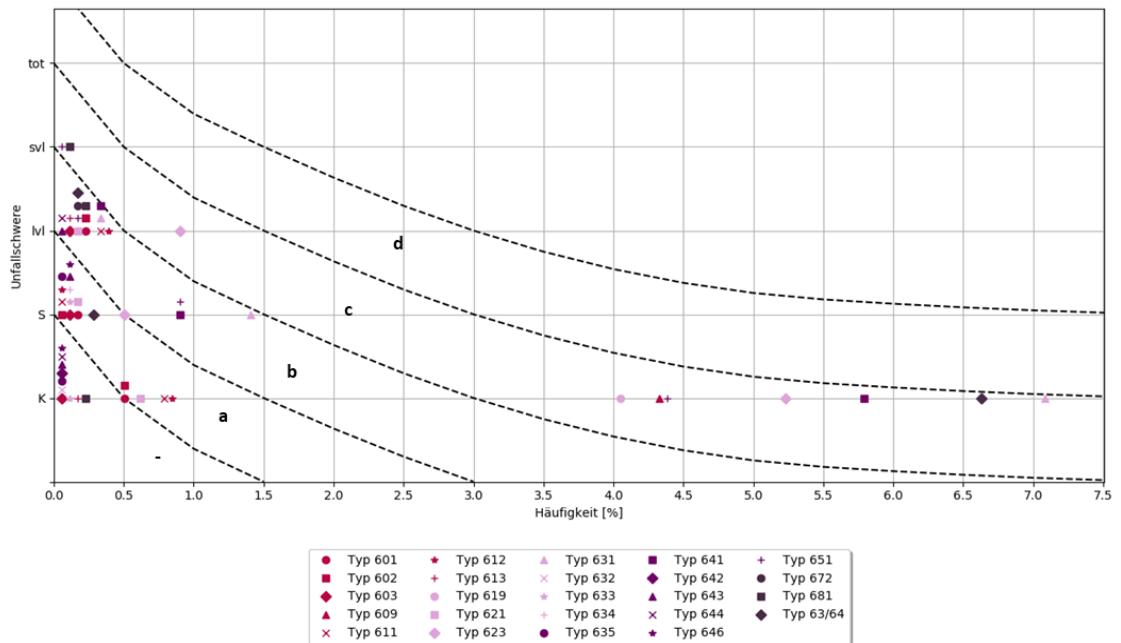


Abbildung 4.38.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde

Lediglich bei Unfällen mit dem Feintyp 631 kam es mit 7,08 % häufiger zu Kleinunfällen. Der Unfalltyp 641 führte in 5,79 % zu Kleinunfällen und erhält daher ebenfalls die Risiko-Kategorie c. Bei dem Feintyp 631 handelt es sich um Unfälle, die durch einen Spurwechsel nach links entstanden sind. Der Feintyp 641 stellt die Unfälle beim Spurwechsel nach rechts dar. Laut Unfalltypen-Katalog werden diese beiden Typen angegeben, wenn der Spurwechsel aufgrund eines vorausfahrenden Fahrzeugs eingeleitet wird. In dieser Arbeit werden diese zwei Typen verwendet, sobald in den Kurzsachverhalten Fehler beim Spurwechsel nach links bzw. rechts angegeben wurden, da selten Informationen über den Grund des Fahrstreifenwechsels genannt

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

werden.

Die Feintypen 609, 619, werden ebenfalls aufgrund der hohen Anzahl an Kleinunfällen der Risiko-Kategorie *c* zugeordnet. Bei den Feintypen 651 und 681 kam es zu Unfällen mit svl, weshalb sie auch der Kategorie *c* zugeordnet werden. Auch Feintyp 651 weist eine hohe Anzahl an Kleinunfällen auf. Der Feintyp 623 wird sowohl aufgrund der Unfallanzahl mit lvl als auch der Häufigkeit (5,23 %) an Kleinunfällen der selben Kategorie zugeordnet.

Die Feintypen 601, 602, 603, 611, 612, 613 führten alle zu Unfällen mit lvl, weshalb ihnen die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet wurde. Ebenso die Feintypen 621, 643, 644 und 672. Feintypen, denen aufgrund der Anzahl an Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet wurde, wurden alle schon in einer höheren Kategorie berücksichtigt.

Feintypen Unfalltyp 7

Die Feintypen 701, 723 und 799 werden der Risiko-Kategorie *c* zugeordnet. Der Typ 701 fällt vor allem aufgrund der Häufigkeit der Kleinunfälle (4,27 %) aber auch aufgrund der Anzahl an Unfällen mit S in diese Kategorie. Bei Feintyp 723 ist hingegen ausschlaggebend, dass es zu Unfällen mit svl kam. Mit einer Häufigkeit von 1,52 % bei den Unfällen mit S zählt der Typ 799 schon knapp zur Kategorie *c*.

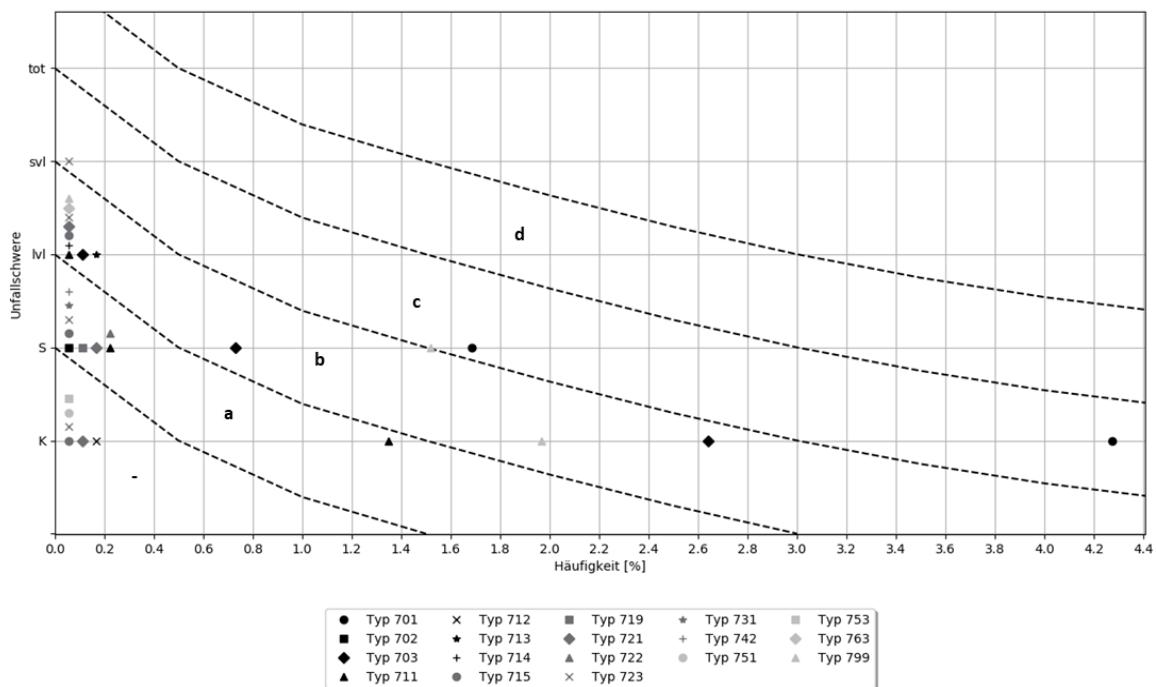


Abbildung 4.39.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 7 zugeordnet wurde

Der Feintyp 799 wird im Unfalltypen-Katalog mit „übrige Unfälle“ bezeichnet. In dieser Arbeit wurde er immer dann angegeben, wenn anhand des vorhandenen Kurzsachverhalts kein anderer Feintyp zugeordnet werden konnte. Häufig handelt es sich hierbei um Unfälle

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

mit festen Gegenständen (z.B. Lkw touchiert beim Abbiegen einen Ampelmast). Unfällen, bei denen die Kurzsachverhalte nicht aussagekräftig genug waren, um den Unfallablauf annähernd zu verstehen, wurde in dieser Arbeit gar kein Feintyp zugeordnet.

Der Risiko-Kategorie *b* wurden die Feintypen 703, 711, 713, 714, 715, 721 und 763 zugeordnet, da es bei allen sieben Typen zu Unfällen mit Leichtverletzten kam. Lediglich der Typ 703 fällt zusätzlich noch mit einer Häufigkeit von 0,73 % bei Unfällen mit S und 2,64 % bei Unfällen mit K auf.

4.5. Bewertung urbaner Fahrsituationen anhand der Feintypen

Den Feintypen, die in Kapitel 4.4.2 mit der Risiko-Kategorie *b* oder höher bewertet wurden werden in diesem Kapitel beispielhafte Fahrsituationen zugeordnet. Das angewandte Vorgehen, um passende Situationen ausfindig zu machen, wurde in Kapitel 3.2.3 erläutert. Neben beispielhaften Fahrsituationen werden zusätzlich die Straßenbereiche angegeben, in denen es zu so einer Situation kommen kann. Es muss berücksichtigt werden, dass es sich dabei nur um Beispielsituationen handelt, die Fahrsituationen werden nicht vollständig beschrieben. Das Verkehrsgeschehen im urbanen Raum ist sehr komplex. Es muss berücksichtigt werden, dass sich auch bei nicht genannten Fahrsituationen Unfälle ereignen können, denen einer der beschriebenen Feintypen zugeordnet werden kann.

4.5.1. Zuordnung mit Hilfe der aufgenommenen Fahrsituationen und den Kurzsachverhalten

Den Feintypen werden beispielhafte Fahrsituationen zugeordnet, die bei Testfahrten im Untersuchungsgebiet aufgenommen wurden oder die sich aus den vorliegenden Kurzsachverhalten ergeben. Unter dem Begriff der Fahrsituation ist der aus Fahrersicht prinzipiell wahrnehmbare Ausschnitt der Verkehrssituation in Abhängigkeit des geplanten Fahrmanövers und des umgebenden Verkehrs zu verstehen. Zur besseren Verständlichkeit werden die Feintypen der sieben Unfalltypen, wie im vorherigen Kapitel, der Reihe nach betrachtet.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 1

Den Feintypen 141 und 183 wurde die Risiko-Kategorie *c* zugeordnet. Sie können sich an vielen Stellen im Testgebiet ereignen und wurden daher bei den Testfahrten auch keiner speziellen Fahrsituation zugewiesen. Der Typ 141 kennzeichnet sich dadurch aus, dass der Fahrer während er auf einem geraden Straßenabschnitt fährt, die Kontrolle über sein Fahrzeug verliert. Im Testgebiet kann sich diese Situation auf allen drei Straßen ereignen. Die Leopoldstraße weist im betrachteten Abschnitt einen geraden Verlauf auf. Auf der Ungererstraße ist nur der südliche Abschnitt durch eine Kurve geprägt. Die Schenkendorfstraße dagegen enthält weniger gerade Abschnitte. Die Auf- und Abfahrten zur A9 weisen Kurven auf, zusätzlich kommt es im Bereich des Petueltunnels zu Abschnitten mit Gefälle bzw. Steigung. Um Positionen zu bestimmen, an denen sich Unfälle mit diesem Feintyp ereigneten, wird dieser in Kapitel 4.5.2 noch genauer betrachtet.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Unfälle mit dem Feintyp 183 ereigneten sich auf einem geraden Abschnitt mit einer Unebenheit. Dieser Typ wurde häufig bei Unfällen auf Radverkehrsanlagen angegeben. Hierbei kamen Radfahrer zum Sturz, weil sie den Randstein überfuhrten, der den Radweg vom Gehweg trennt. Im gesamten Testgebiet sind von der Fahrbahn getrennte Radverkehrsanlagen vorhanden. Dieser Typ kann sich daher auf allen Radwegen ereignen, die außerhalb eines Knotenpunkts verlaufen. Auf der Leopoldstraße kommt es zudem in den Bereichen, in denen die Schienen der Tram gekreuzt oder auf der Fahrbahn geführt werden, zu Unebenheiten. Des weiteren können Baustellen zu temporären Unebenheiten führen.

Feintypen, die der Risiko-Kategorie *b* zugeordnet wurden, stellen die Typen 109, 153 und 173 dar. Da es sich um Fahrunfälle handelt, wurden auch hier während der Testfahrten keine beispielhaften Situationen aufgenommen. Der Feintyp 109 kommt vor, wenn der Fahrer in Rechts- oder Linkskurven die Kontrolle über das Fahrzeug verliert. Diese Situation kann sich im Testgebiet vor allem in den Bereichen der Auf- bzw. Abfahrten zur A9 sowie im südlichen Bereich der Ungererstraße ereignen.

Verliert der Fahrer auf geraden Straßenabschnitten mit einem Gefälle oder einer Steigung die Kontrolle über sein Fahrzeug, handelt es sich um den Feintyp 153. Dieser tritt im Testgebiet hauptsächlich im Bereich der Ein- bzw. Ausfahrt des Petueltunnels sowie in den Bereichen der Auf- bzw. Abfahrten von der Schenkendorfstraße in Richtung Leopold- oder Ungererstraße auf.

Der Feintyp 173 wird angegeben, wenn sich ein Unfall aufgrund eines Engpasses auf einem geraden Straßenabschnitt ereignete. Diese Situation kommt im Testgebiet nur vor, wenn der Straßenquerschnitt aufgrund von Bau- oder Wartungsarbeiten verändert wird.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 2

Vier Feintypen des Unfalltyps 2 erhielten die Risiko-Kategorie *c*. Bei drei Typen kam es jeweils zu Unfällen mit Radfahrern auf Radverkehrsanlagen. Lediglich der Feintyp 211 ereignete sich zwischen Fahrzeugen auf der Straße. Alle Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 2 zugeordnet wurde, ereigneten sich an einem Knotenpunkt. Abbildung A.1 in Anhang A gibt einen Überblick über alle Knotenpunkte im Testgebiet. Bei dem Feintyp 211 kam es zu Unfällen zwischen Linksabbiegern und dem entgegenkommenden Geradeausverkehr. Bei den Testfahrten wurde diese Situation an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße aufgenommen. Die Fahrsituation kann sich an allen Knotenpunkten im Testgebiet ereignen, bei denen Linksabbieger gleichzeitig mit dem Gegenverkehr grün erhalten. Diese Knotenpunkte wurden bereits in Kapitel 4.1.2 analysiert. An Knotenpunkten mit einer eigenen Signalphase für Linksabbieger (vgl. Kapitel 4.3.1) kann dieser Unfalltyp vorkommen, wenn ein Unfallbeteiligter das Rotlicht missachtet hat oder es nicht möglich war, den Kreuzungsbereich rechtzeitig zu räumen.

Der Feintyp 224 stellt Unfälle zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Radfahrern dar. Während der Testfahrten wurde diese Situation an den Knotenpunkten Leopold-/Ungererstraße und Leopold-/Rheinstraße aufgenommen. Da an allen Knotenpunkten im Testgebiet Radwege vorhanden sind, kann sich diese Situation überall dort ereignen, wo es möglich ist, nach links abzubiegen und beide Fahrströme gleichzeitig grün erhalten. Die Fahrsituation kann sich auch an Knotenpunkte ereignen, die nicht signalisiert sind. Ein Beispiel hierfür ist die Einmündung Ungerer-/Gundelindenstraße.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Während bisher Situationen beim Linksabbiegen vorgestellt wurden, kam es bei den Feintypen 243 und 244 zu Unfällen beim Rechtsabbiegen. Unfälle zwischen Rechtsabbiegern und Radfahrern, die in die gleiche Richtung fahren, wurden dem Feintyp 243 zugeordnet. Diese Situation wurde während der Testfahrten nicht aufgenommen. Sie kann sich an allen Knotenpunkten, mit und ohne LAS, im Testgebiet ereignen. Betrachtet man die Kurzsachverhalte ist die Einmündung Leopold-/Ungererstraße auffällig für solche Situationen.

Im Gegensatz zum Feintyp 243 kommt es beim Feintyp 244 nicht zu Unfällen mit Radfahrern, die sich in die gleiche Richtung bewegen sondern mit entgegenkommenden Radfahrern. Auch hier wurde während der Testfahrten keine Situation aufgenommen, der dieser Feintyp zugeordnet werden konnte. Laut den Kurzsachverhalten kommt es an den Einmündungen Leopold-/Ungererstraße und Schenkendorf-/Lyonel-Feininger-Straße zu dieser Situation. Es muss berücksichtigt werden, dass sie sich theoretisch nur an Knotenpunkten ereignen kann, an denen es erlaubt ist, den Radweg entgegen der Fahrtrichtung zu befahren. Da sich Radfahrer jedoch häufig nicht an die vorgegebene Fahrtrichtung halten, muss auch an den anderen Knoten im Testgebiet mit dieser Fahrsituation gerechnet werden.

Sieben Feintypen des Unfalltyps 2 wurde die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet. Bei fünf handelt es sich dabei um Typen, denen Unfälle beim Linksabbiegen zugrunde liegen. Bei dem Feintyp 221 kommt es zu Unfällen mit Fußgängern, die sich in die gleiche Richtung wie das am Unfall beteiligte Fahrzeug bewegen. Während der Testfahrten wurde diese Situation an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße aufgenommen. Diese Fahrsituation kann jedoch an allen Knotenpunkten auftreten, bei denen es möglich ist, nach links abzubiegen. Zusätzlich müssen die querenden Fußgänger und die Linksabbieger gleichzeitig grün erhalten. An Knotenpunkten ohne LSA kann es, sobald Linksabbiegen erlaubt ist, immer zu dieser Fahrsituation kommen.

Dem Feintyp 223 liegt die gleiche Situation wie Typ 221 zugrunde. Es handelt sich jedoch anstelle der Fußgänger um Unfälle mit Radfahrern, die in die gleiche Richtung fahren. Zu dieser Situation wurde während der Testfahrten kein Beispiel aufgenommen. Auch hier müssen die Radfahrer und Linksabbieger gleichzeitig grün erhalten oder es handelt sich um einen Knoten ohne LSA. Zusätzlich muss der Radweg theoretisch entgegen der Fahrtrichtung freigegeben sein. Hier greift jedoch wieder der Punkt, dass sich Radfahrer nicht immer an diese Regelung halten. Diese Fahrsituation kann sich z.B. erneut an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße ereignen. Unfälle, bei denen unklar war, ob die Fußgänger bzw. Radfahrer sich entgegen der Fahrtrichtung oder in dieselbe Fahrtrichtung wie die Linksabbieger bewegten, wurde der Feintyp 229 zugeordnet. Es kann daher bei diesem Typ zu den oben beschriebenen Fahrsituationen des Unfalltyps 221, 223 oder 224 kommen.

Unfällen, an denen eine Trambahn und ein Linksabbieger beteiligt waren, wurde der Feintyp 225 zugeordnet. Diese Situation wurde ebenfalls nicht bei einer Testfahrt aufgenommen, kann sich jedoch nur im Bereich der Leopoldstraße ereignen. Innerhalb des Testgebiets kann die Tram in dem Bereich zwischen der Einmündung Leopold-/Ungererstraße und dem Schwabinger Tor beim Linksabbiegen gekreuzt werden.

Einen weiteren Feintyp, bei dem es zu Unfällen mit Linksabbiegern kommt, stellt der Feintyp 251 dar. Er wurde den Unfällen zugeordnet, bei denen es zu einem Konflikt zwischen zwei nebeneinander fahrenden Linksabbiegern kam. Betrachtet man die Kurzsachverhalte ereigneten sich diese Unfälle überwiegend an den Knotenpunkten Leopold-/Schenkendorfstraße und Ungerer-/Schenkendorfstraße. Die Fahrsituation nebeneinander nach Linksabbiegen kann in-

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

nerhalb des Testgebiets sonst nur noch an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße auftreten.

Neben den fünf Feintypen, bei denen es zu Unfällen mit Linksabbiegern kam, wurde zwei Feintypen, bei denen es zu Unfällen mit Rechtsabbiegern kam, die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet. Einer davon ist der Feintyp 232. Hierbei kam es zu Konflikten zwischen Rechtsabbiegern und Radfahrern, die den Radweg in die gleiche Fahrtrichtung befuhren. Während der Testfahrten wurde keine Situation aufgenommen, die diesem Feintyp zugeordnet werden kann. Laut den Kurzsachverhalten tritt sie vor allem an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße auf. Innerhalb des Testgebiets kann es jedoch an allen Knotenpunkten zu dieser Fahrsituation kommen, da überall Radverkehrsanlagen vorhanden sind. An den lichtsignalisierten Knotenpunkten müssen die Rechtsabbieger und Radfahrer gleichzeitig Grün erhalten, damit diese Situation auftritt. Da es sich bei den Beteiligten um bedingt verträgliche Verkehrsströme handelt, erhalten diese im Regelfall gleichzeitig Grün.

Der Feintyp 242 beschreibt Konflikte mit Rechtsabbiegern und entgegenkommenden Fußgängern. Er wurde während der Testfahrten an den Knotenpunkten Ungerer-/Schenkendorfstraße, Leopold-/Ungererstraße, Leopold-/Potsdamerstraße und Leopold-/Karl-Theodorstraße aufgenommen. Diese Fahrsituation kann sich, aus den selben Gründen wie bei Feintyp 232, an allen Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet ereignen. In Abbildung 2.6 sind, bis auf Typ 251, alle Feintypen abgebildet.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 3

Der Unfalltyp 3 enthält mit den Feintypen 342 und 349 zwei Typen, denen die Risiko-Kategorie *b* zugeordnet wurde. Während bei dem Feintyp 342 genau angegeben ist, dass es bei der Einfahrt in einen Knotenpunkt zu einem Konflikt mit einem wartepflichtigen Fahrzeug und einem Radfahrer von rechts kommt, ist bei Feintyp 349 unklar, auf welcher Straßenseite sich der Konflikt ereignet oder in welche Richtung der Radfahrer fährt. Diese Fahrsituation kann sich daher an allen Knotenpunkten im Testgebiet ereignen. Auffällig sind vor allem Knoten ohne LSA. Abbildung 2.8 stellt die Konfliktpunkte mit Radfahrern dar.

Der Feintyp 342 dagegen ereignet sich häufig an nicht signalisierten Einmündungen oder an Grundstücksein- bzw. ausfahrten. Anhand der Kurzsachverhalte lassen sich zwei markante Punkte identifizieren, an denen es zu dieser Fahrsituation kommt. Ein Punkt stellt die Einmündung Schenkendorf-/Lyonel-Feiniger-Straße dar, den zweiten die Ausfahrt der Aral-Tankstelle, die sich direkt neben der genannten Einmündung befindet. Bei diesen zwei Punkten ist der Radweg entgegen der Fahrtrichtung freigegeben. Es kann sein, dass die wartepflichtigen Fahrzeuge nicht mit vorfahrtsberechtigten Radfahrern von rechts rechnen. Um weitere Punkte ausfindig zu machen, bei denen es aufgrund dieser Fahrsituation zu einem Unfall kam, wird der Feintyp 342 in Kapitel 4.5.2 berücksichtigt.

Fünf Feintypen erhielten die Risiko-Kategorie *b*. Die zwei Feintypen 301 und 303 stellen einen Konflikt mit einem wartepflichtigen Fahrzeug und einem Fahrzeug, das von links kommt dar. Bei Typ 301 hat der Wartepflichtige die Absicht, die Kreuzung geradeaus zu überqueren. Diese Fahrsituation wurde während der Testfahrten nicht aufgenommen, kann sich jedoch nur an Kreuzungen ereignen. Da im Testgebiet nur signalisierte Kreuzungen vorhanden sind, tritt diese Situation entweder dann auf, wenn es zu einem Rotlichtverstoß kommt oder der wartepflichtige Fahrzeugführer bei dichtem Verkehr bei Grün in den Kreuzungsbereich einfährt,

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

obwohl sich noch Fahrzeuge dort befinden. Er ist in dieser Situation verpflichtet zu warten, bis der Kreuzungsbereich geräumt ist.

Feintyp 303 zeigt einen Konflikt zwischen einem wartepflichtigen Fahrzeug, das die Absicht hat nach rechts einzubiegen und einem Fahrzeug von links. Diese Fahrsituation kann sich an Kreuzungen und Einmündungen ereignen. An lichtsignalisierten Knoten müssen die gleichen Situationen berücksichtigt werden, die bereits bei Typ 301 angegeben wurden. Die Situation sollte daher eher selten an einem Knoten mit LSA auftreten. Bei den Einmündungen ohne LSA oder an Grundstückszufahrten kommt es jedoch häufiger zu solch einer Situation. Neben den beiden oben genannten Beispielen an der Schenkendorfstraße kann sich die Fahrsituation z.B. auch an der Einmündung Leopold-/Hörwarthstraße oder Ungerer-/Helmtrudenstraße ereignen.

Während bei den zwei Feintypen 301 und 303 Konflikte mit von links kommenden Fahrzeugen betrachtet werden, kommt es bei dem Feintyp 322 zu einem Konflikt zwischen einem wartepflichtigen Linksabbieger und einem Fahrzeug von rechts. Diese Fahrsituation kann nur an Knoten auftreten, an denen das Abbiegen nach links möglich ist. Aufgrund der Grünstreifen zwischen den Fahrbahnen kommt diese Situation an Einmündungen ohne LSA im Bereich der Ungerer- und Leopoldstraße selten vor. Sie kann sich z.B. an den Einmündungen Ungerer-/Gundelindenstraße und Leopold-/Wilhelm-Hertz-Straße ereignen. Im Bereich der Schenkendorfstraße ist es an keiner Einmündung möglich, nach links einzubiegen. Zusätzlich können sich solche Situationen auch an Knoten mit LSA ereignen. Hier liegt dann ein Rotlichtverstoß zugrunde oder das wartepflichtige Fahrzeug hat es den Fahrzeugen im Kreuzungsbereich nicht ermöglicht, diesen zu räumen. Konflikte die sich zwischen zwei Fahrzeugen ereignen, werden in Abbildung 2.7 dargestellt.

Abschließend werden nochmal zwei Feintypen betrachtet, bei denen es zu Konflikten mit Radfahrern kommt. Der Feintyp 341 stellt einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug, welches in den Knotenpunkt einfährt und einem Radfahrer von links dar. Diese Situation ereignet sich vor allem an nicht signalisierten Einmündungen. Hier müsste zusätzlich noch berücksichtigt werden, ob der Radweg in beide Fahrtrichtungen freigegeben ist und auf welcher Seite sich die Einmündung befindet. Da Radfahrer den Radweg jedoch häufig entgegen der Fahrtrichtung befahren, kann an allen Einmündungen mit dieser Fahrsituation gerechnet werden.

Der Feintyp 344 stellt einen Konflikt mit einem wartepflichtigen Fahrzeug, das den Knotenpunktbereich räumt und einem Radfahrer von rechts dar. Hierfür wurde während der Testfahrten ebenfalls keine beispielhafte Situation aufgezeichnet. Diese Fahrsituation kann sich jedoch nur an Kreuzungen ereignen. Da im Testgebiet nur Kreuzungen mit LSA vorhanden sind, muss entweder ein Rotlichtverstoß vorliegen oder der Kreuzungsbereich wurde nicht geräumt. Bei hohem Verkehrsaufkommen kann es passieren, dass Radfahrer von rechts schon Grün erhalten, während sich noch Fahrzeuge im Kreuzungsbereich befinden und diese geradeaus überqueren.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 4

Der Feintyp 401 wurde einem tödlichen Unfall im Testgebiet zugeordnet und deshalb mit der Risiko-Kategorie *d* bewertet. Der Unfall mit Todesfolge ereignete sich im Bereich der Haltestelle Potsdamerstraße. Der Typ beschreibt Fahrsituationen, in denen Fußgänger von

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

rechts vor einem Fahrzeug auf die Straße laufen. Diese Situation kann innerhalb des Testgebiets auf der Ungererstraße und der Leopoldstraße vorkommen. Die Richtungsfahrbahnen der Schenkendorfstraße sind baulich voneinander getrennt. Somit ist es nur schwer möglich, die Fahrbahn zu kreuzen. Auf der Ungererstraße kann sich diese Situation, bis auf den südlichen Bereich, wo ebenfalls eine Mitteltrennung vorhanden ist, auf der gesamten Straßenlänge ereignen. Betrachtet man den Straßenverlauf, sind auf Google Maps teilweise hellere Stelle auf dem Grünstreifen zwischen den Fahrbahnen zu erkennen. Sie weisen, wie z.B. im Bereich der Einmündung Ungerer-/Hollandstraße, auf Fußgänger hin, die die Fahrbahn außerhalb von Knotenpunkten mit Querungshilfen überqueren. Auf der Leopoldstraße sind vor allem die Bereiche mit Haltestellen in der Mitte der Fahrbahn anfällig für diesen Feintyp. Im südlichen Teil ist es eher schwer, die Leopoldstraße außerhalb der Haltestellen oder Knotenpunkte zu queren, da sich in der Mitte der Fahrbahn das Rasengleis der Tram befindet. Im nördlichen Bereich sind Büsche auf dem Grünstreifen angeordnet, hier gibt es jedoch ebenfalls Lücken, die es ermöglichen die Fahrbahn zu überqueren.

In den oben genannten Bereichen kann es auch zu Unfällen kommen, denen der Feintyp 421 zugeordnet wurde. Er erhielt die Risiko-Kategorie c. Hierbei handelt es sich um Fahrsituationen, die zu Konflikten mit kreuzenden Fußgängern von rechts führen. Des Weiteren sind Situationen möglich, bei denen sich der Feintyp 422 (Kategorie b) ereignet. Hierbei kommt der Fußgänger ebenfalls von rechts. Rechts neben dem Fahrzeug, mit dem es zum Konflikt kommt, befindet sich in diesem Fall jedoch ein weiteres Fahrzeug. Da die Richtungsfahrbahnen im Untersuchungsgebiet mindestens zwei Spuren aufweisen, kann sich diese Fahrsituation ebenfalls in den oben genannten Bereichen ereignen.

Ein weiterer Feintyp, der Konflikte mit Fußgängern von rechts beschreibt und der ebenfalls der Risiko-Kategorie b zugeordnet wurde, ist der Feintyp 423. Hier handelt es sich um eine Fahrsituation, bei der sich neben dem Fahrzeug, mit dem es zum Konflikt kommt, noch ein parkendes Fahrzeug befindet. Der Fußgänger tritt vor dem parkenden Fahrzeug auf die Straße und ist nur schwer zu erkennen. Diese Situation kann im Untersuchungsgebiet nur auf der Leopold- und Ungererstraße vorkommen. Hier sind über den gesamten betrachteten Straßenverlauf Längsparkplätze auf beiden Straßenseiten vorhanden.

Dem Feintyp 404 liegt ein Konflikt mit Fußgängern von links zugrunde. Im Gegensatz zu dem Feintyp 401 befindet sich hier links neben dem Fahrzeug, mit dem es zum Konflikt kommt, ein weiteres Fahrzeug. Die Bereiche, in denen es zu dieser Situation kommen kann, stimmen jedoch mit denen des Typs 401 überein, da im Testgebiet überall zwei oder mehr Spuren je Richtungsfahrbahn vorhanden sind.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 5

Dem Feintyp 501 wurde die Risiko-Kategorie d zugeordnet. Hierbei handelt es sich um Unfälle, die zwischen einem Fahrzeug, das sich auf der Straße im Längsverkehr bewegt und einem parkenden Fahrzeug entstehen. Bei den Testfahrten wurde dieser Feintyp vor allem Situationen in der Ungerer- und Leopoldstraße in den Bereichen mit Längsparkplätzen am Fahrbahnrand zugeordnet. Zum Teil wurden auch Situationen mit Fahrzeugen, die in der zweiten Reihe parken/halten aufgenommen. Da auf der Schenkendorfstraße nur auf einem kurzen Abschnitt Längsparkplätze angeordnet sind, kommt diese Fahrsituation hier eher

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

selten vor. Die Längsparkplätze in der Schenkendorfstraße sind direkt nach der Kreuzung mit der Leopoldstraße in Fahrtrichtung östlich angeordnet. Laut den Kurzsachverhalten kam es vor allem häufig zu Unfällen, bei denen der linke Außenspiegel der parkenden Fahrzeuge beschädigt wurde. Um markante Punkte im Testgebiet ausfindig zu machen, die anfällig für Unfälle sind, denen diese Fahrsituation zugrunde liegt, wird sie in Kapitel 4.5.2 nochmal betrachtet.

In den oben genannten Bereichen mit Längsparkplätzen können sich auch Unfälle ereignen, denen der Feintyp 551 zugeordnet wurde. Er erhielt die Risiko-Kategorie *b*. Während der Feintyp 501 Fahrsituationen darstellt, in denen sich das parkende Fahrzeug im Stillstand befindet, kommt es bei der Fahrsituation, die dem Feintyp 551 zugrunde liegt, zu Konflikten mit Fahrzeugen, die anfahren bzw. aus einem Längsparkplatz ausparken.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 6

Den Feintypen des Unfalltyps 6 wurde achtmal die Risiko-Kategorie *c* zugeordnet. Zwei dieser Feintypen sind die Typen 609 und 619. Hierbei kommt es jeweils zu einem Auffahrunfall außerhalb von Knotenpunkten. Die neun am Ende der Nummer des Feintyps gibt an, dass die Spur, auf welcher sich der Unfall ereignete, unklar ist. Bei den Unfällen, die dem Feintyp 609 zugeordnet werden, kommt es zu einem Auffahrunfall mit einem vorausfahrenden Fahrzeug im fließenden Verkehr. Unfälle, denen der Feintyp 619 zugeordnet wurde, ereigneten sich als Folge eines Staus. Diese Fahrsituationen können sich im gesamten Testgebiet in allen Bereichen außerhalb von Knotenpunkten ereignen.

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Feintypen ereigneten sich an Knotenpunkten Unfälle, denen der Feintyp 623 zugeordnet wurde. Hierbei kam es zu Auffahrunfällen zwischen einem Fahrzeug, das an einer roten Ampel anhält und einem oder mehreren nachfolgenden Fahrzeugen. Diese Fahrsituation kann sich an allen lichtsignalisierten Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet ereignen.

Neben Auffahrunfällen gab es auch Unfälle beim Spurwechsel, denen die Feintypen 631, 641 und 63/64 zugeordnet wurden. Während es sich bei den ersten Unfalltypen um Unfälle handelt, bei denen die Richtung des Spurwechsels bekannt ist (631: Fehler beim Spurwechsel nach links, 641: Fehler beim Spurwechsel nach rechts), konnte den Unfällen, denen der Feintyp 63/64 zugeordnet wurde die Richtung des Spurwechsels nicht zugewiesen werden. Da die Fahrbahnen im Testgebiet durchgängig zwei oder mehr Fahrspuren enthalten, kann es überall zu Fahrsituationen kommen, bei denen ein Fahrzeug die Spur wechselt. Spurwechsel können sowohl außerhalb als auch im Bereich von Knotenpunkten erfolgen.

Unfällen zwischen zwei Fahrzeugen, die nebeneinander fahren und bei denen keiner der Betroffenen die Absicht hatte, die Spur zu wechseln, wurde der Feintyp 651 zugeordnet. Die Fahrsituation „Nebeneinander fahren“, die diesem Typ zugrunde liegt kann sich ebenfalls im gesamten Testgebiet ereignen.

Bis jetzt wurden nur Feintypen betrachtet, bei denen es zu Unfällen zwischen nebeneinander oder hintereinander fahrenden Fahrzeugen kam. Der Feintyp 681 wurde Unfällen zugeordnet, bei denen es zu Konflikten mit entgegenkommenden Fahrzeugen kam. Die Fahrsituation „begrenzende Fahrzeuge“ sollte sich im Testgebiet lediglich auf den Radverkehrsanlagen ereignen, da auf der Straße im gesamten Gebiet Mitteltrennungen vorhanden sind. Trotzdem kann nicht

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

ausgeschlossen werden, dass es auch auf der Straße zu solch einer Situation kommt, die z.B. durch einen Falschfahrer ausgelöst wird.

Die Risiko-Kategorie *b* wurde zehn Feintypen des Unfalltyps 6 zugeordnet. Drei davon stellen die Feintypen 601, 602 und 603 dar. Hierbei kommt es wie bei Feintyp 609 zu Unfällen mit einem vorausfahrenden Fahrzeug im fließenden Verkehr. Die letzte Zahl des Feintyps gibt in diesem Fall jeweils die Fahrspur an, auf der sich der Unfall ereignete. Der ganz rechten Fahrspur wird dabei immer die Nummer eins zugeordnet. Da die Richtungsfahrbahnen im Testgebiet, auch außerhalb der Knotenpunkte, mindestens zwei Fahrstreifen aufweisen, können Fahrsituationen, denen die Feintypen 601 und 602 zugrunde liegen, überall auftreten. Zu Unfällen mit dem Feintyp 603 kann es dagegen nur innerhalb von Bereichen mit dreispurigen Richtungsfahrbahnen kommen. Solch eine Fahrsituation kann sich im nördlichen Bereich der Leopoldstraße und in Teilbereichen der Schenkendorfstraße ereignen. Auf der Schenkendorfstraße sind vor allem im Bereich der Auf- bzw. Abfahrt zur A9 drei oder mehr Fahrspuren vorhanden.

Die Feintypen 611, 612 und 613 können ebenfalls in den obengenannten Bereichen zu Unfällen führen. Die letzte Zahl der Nummer des Feintyps gibt auch hier wieder die Fahrspur an, auf der sich der Unfall ereignete. Im Vergleich zu den eben betrachteten Feintypen kommt es nun zu Auffahrunfällen zwischen einem Fahrzeug, das im Stau steht und einem nachfolgenden Fahrzeug.

Der Feintyp 621 stellt einen weiteren Typ dar, bei dem es zu einem Auffahrunfall kommt. Im Vergleich zu den oben genannten Feintypen ereignet sich dieser jedoch im Bereich eines Knotenpunktes. Es kommt zu einem Unfall zwischen einem wartepflichtigen Fahrzeug und dem folgenden Fahrzeug. Diese Situation wurde während der Testfahrten im Bereich der Einmündung Leopold-/Ungererstraße aufgenommen. Hier erhält der Linksabbieger Grün, fährt in den Kreuzungsbereich ein, muss dann jedoch erneut anhalten, um den vorfahrtsberechtigten Gegenverkehr passieren zu lassen. Ebenso sind Fahrzeuge, die die Leopoldstraße in nördliche Richtung befahren und nach rechts auf die Ungererstraße abbiegen, gegenüber den kreuzenden Radfahrern wartepflichtig.

Bei den Feintypen 643 und 644 kommt es jeweils zu Unfällen beim Spurwechsel nach rechts. Dieser wird beim Feintyp 643 dadurch ausgelöst, dass die Fahrspur endet. Diese Fahrsituation kann sich im Testgebiet auf der Leopoldstraße in südlicher Fahrtrichtung im Bereich des Schwabinger Tors ereignen. Unfälle, denen der Feintyp 644 zugeordnet wurde, ereigneten sich aufgrund des Abbiegegebots nach links. Sie können sich an allen Knotenpunkten ereignen, die einen separierten Linksabbiegestreifen besitzen. Befindet sich ein Fahrzeug auf dem Linksabbiegestreifen, möchte die Kreuzung aber geradeaus überqueren, muss es die Fahrspur nach rechts wechseln. Diese Fahrsituation kann sich z.B. an den Knotenpunkten Leopold-/Schenkendorfstraße, Leopold-/Ungererstraße und Ungerer-/Schenkendorfstraße ereignen.

Während es bei den bis jetzt betrachteten Feintypen nur zu Unfällen zwischen Fahrzeugen kam, wurde der Feintyp 672 Unfällen zwischen einem Fahrzeug und einem entgegenkommenden Fußgänger zugeordnet. Diese Fahrsituation kann sich vor allem auf der Leopold- und der Ungererstraße ereignen, wo die Fußgänger einfach auf die Straße laufen können. Auf der Schenkendorfstraße ist dies nur erschwert möglich. Solche Fahrsituationen treten überwiegend in Bereichen mit Längsparkplätzen auf. Die Fußgänger laufen auf der Straße,

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

entlang der geparkten Fahrzeuge zu ihrem Fahrzeug oder zum nächsten Knotenpunkt. In den Kurzsachverhalten kam es auch zu Fällen, bei denen Fußgänger bewusst vor das Auto gelaufen sind, um den Fahrer zu stoppen. In einem Fall lief der Fußgänger mit suizidaler Absicht vor ein Fahrzeug.

Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 7

Die drei Feintypen 701, 723 und 799 wurden mit der Risiko-Kategorie *c* bewertet. Kam es bei Längsparkplätzen zu Unfällen zwischen einem ausparkenden und einem parkenden Fahrzeug, wurde ihnen der Feintyp 701 zugeordnet. Diese Fahrsituation kann sich nur in den Bereichen des Testgebiets ereignen, in denen Längsparkplätze vorhanden sind. Diese kommen in der Leopold- und Ungererstraße wesentlich häufiger vor als in der Schenkendorfstraße. Während der Testfahrten wurde diese Fahrsituation nicht aufgenommen. Um Bereiche ausfindig zu machen, in denen diese Fahrsituation häufig vorkommt wird sie in Kapitel 4.5.2 nochmals betrachtet.

Bei Unfällen, denen der Feintyp 723 zugeordnet wurde, kam es zu einem Konflikt zwischen einem Fahrzeug, das wendet und einem entgegenkommenden Fahrzeug. Die Richtungsfahrbahnen werden bei dieser Situation durch eine Mitteltrennung geteilt. Sie kann im Testgebiet vor allem an Stellen auftreten, an denen ein Wendehammer vorhanden ist, z.B. an der Kreuzung Leopold-/Schenkendorfstraße oder Ungerer-/Schenkendorfstraße. Zusätzlich ist es häufig erlaubt, an Knotenpunkten zu wenden. Teilweise kommt es auch an Knotenpunkten mit Wendenverbot zu dieser Fahrsituation. Es muss daher an allen Knotenpunkten im Testgebiet damit gerechnet werden, dass diese Fahrsituation eintritt.

Der Feintyp 799 wird im Unfalltypen-Katalog mit „übrige Unfälle“ bezeichnet. Ihm kann daher keine bestimmte Fahrsituation zugeordnet werden, weshalb er bei der Auswertung der Testfahrten gar nicht berücksichtigt wurde. In dieser Arbeit wurde er häufig bei Situationen angegeben, in denen es zu Unfällen mit festen Gegenständen kam, da diese in keinem anderen Unfalltyp berücksichtigt wurden. Solche Situationen ereigneten sich häufig im Bereich von Kreuzungen. Hierbei kam es z.B. vor, dass Lkws beim Abbiegen nach links oder rechts einen Ampelmasten touchierten. Auch Unfälle, die dadurch entstanden, dass ein Fahrzeug rückwärts gegen einen festen Gegenstand, z.B. ein Straßenschild fuhr, wurde dieser Feintyp zugeordnet.

Die Risiko-Kategorie *b* wurde sieben Feintypen des Unfalltyps 7 zugeordnet. Unfälle, denen der Feintyp 703 zugeordnet wurde, ereigneten sich auf einem Parkplatz. Hierunter fallen alle Fahrsituationen, die während dem Aus- und Einparken bzw. der Fahrt auf dem Parkplatzgelände auftreten. Diese Fahrsituationen wurden während der Testfahrten nicht aufgenommen, kommen innerhalb des Testgebiets aber z.B. auf dem Gelände von verschiedenen Tankstellen, Parkplätzen von Lebensmittelläden und öffentlichen Parkplätzen (z.B. Münchner Freiheit) bzw. Parkhäusern (z.B. Schwabinger Tor) vor.

Den Feintypen 711, 713, 714 und 715 liegen jeweils Unfälle, die sich beim Rückwärtsfahren ereigneten, zugrunde. Für alle vier Typen wurden keine Beispiele während der Testfahrten aufgenommen. Der Feintyp 711 beschreibt einen Konflikt mit einem Fahrzeug, welches rückwärts auf ein Fahrzeug auffährt, das sich direkt dahinter befindet. Diese Situation kommt laut den Kurzsachverhalten z.B. an Kreuzungen vor, wenn ein Fahrzeug zurücksetzt, um die Spur

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

zu wechseln. Bei dem Feintyp 713 tritt ein Konflikt mit einem rückwärts fahrenden Fahrzeug und einem kreuzenden Fußgänger auf. Diese Fahrsituation kann sich z.B. im Bereich von Grundstückszufahrten ereignen. Ein Fahrzeug fährt rückwärts aus der Zufahrt und übersieht dabei kreuzende Fußgänger auf dem Gehweg. Die Feintypen 714 und 715 beschreiben Situationen, bei denen es zu Konflikten zwischen einem Fahrzeug das rückwärts fährt und einem weiteren von rechts bzw. links kommenden Fahrzeug kommt. Die Richtung wird immer aus der Perspektive des Fahrzeugs angegeben, das den Konflikt verursacht, hier also das Fahrzeug, das rückwärts fährt. Diese Fahrsituation kann auch bei der Ausfahrt aus Privatgrundstücken vorkommen. Zudem kann es zu dieser Fahrsituation kommen, wenn Fahrzeuge rückwärts aus einem Knotenpunktarm in den Knoten einfahren. Dies ist z.B. an kleineren Einmündungen in Wohngebieten denkbar. Der Fahrzeugführer fährt z.B. rückwärts, um zu wenden oder um einem anderen Fahrzeug Platz zu machen.

Der Feintyp 721 wurde ähnlich wie Feintyp 723 Unfällen, die sich bei Wendevorgängen ereigneten, zugeordnet. Hierbei entsteht jedoch kein Konflikt mit einem entgegenkommenden Fahrzeug, sondern mit einem Fahrzeug, das in die gleiche Richtung fährt und sich links neben dem Fahrzeug befindet, welches den Wendevorgang einleitet. Da im Untersuchungsgebiet nur mehrspurige Fahrbahnen vorhanden sind, kann sich diese Fahrsituation an den Stellen ereignen, die bereits bei dem Feintyp 723 angegeben wurden.

Der Feintyp 763 wurde bei Unfällen angegeben, die durch plötzliches körperliches Unvermögen verursacht wurden. Dabei handelt es sich nicht um einen Schwächeanfall, der Fahrer ist nicht eingeschlafen und er stand nicht unter Alkoholeinfluss. Diese Situation kann sich an jedem Punkt im Untersuchungsgebiet ereignen, da sie lediglich von der Fahrtüchtigkeit des Fahrers abhängig ist.

4.5.2. Zuordnung mit Hilfe von Heatmaps

Eine Heatmap ermöglicht es, auffällige Punkte im Testgebiet bildlich darzustellen. Es werden alle Punkte, an denen es zu einem Unfall mit einem bestimmten Feintyp kam, markiert. Die Farbintensität nimmt mit der Häufigkeit der Unfallanzahl zu. Punkte, an denen häufig Unfälle auftreten, sind rot markiert, Stellen, an denen es seltener zu Unfällen kommt, blau.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

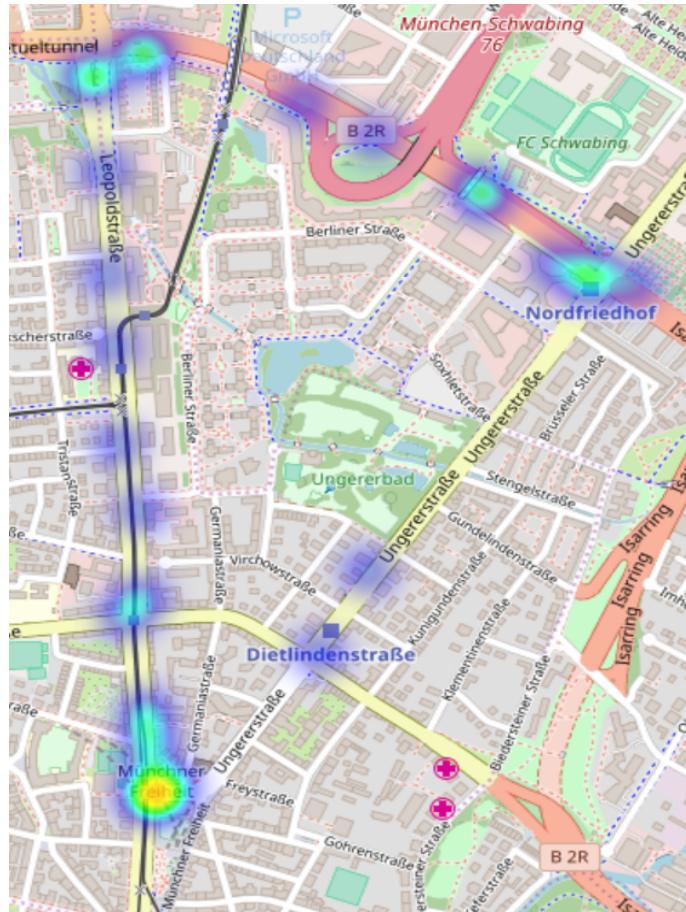


Abbildung 4.40.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 141

Betrachtet man die Heatmap in Abbildung 4.40 ist der Bereich an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße orange gefärbt. Hier kommt es innerhalb des Testgebiets am häufigsten zu Unfällen mit dem Feintyp 141. Es ist auch zu erkennen, dass sich solche Unfälle hauptsächlich auf der Leopoldstraße ereignen, da diese einen geraden Straßenverlauf aufweist, der Voraussetzung für Unfälle mit dem Feintyp 141 ist. Zusätzlich hat BRUHN [2018, S. 20] in seiner Arbeit festgestellt, dass es hier häufig zu Geschwindigkeitsüberschreitungen kommt. Erhöhte Geschwindigkeit kann dazu führen, dass der Fahrzeugführer die Kontrolle über sein Fahrzeug verliert. Der Kontrollverlust liegt allen Unfällen des Feintyps 141 zugrunde. Insgesamt ereigneten sich 31 Unfälle mit dem Feintyp 141, sechzehn davon auf der Leopoldstraße. Auf der Ungererstraße kam es nur zu fünf Unfällen mit diesem Feintyp. Dies kann daran liegen, dass hier das Verkehrsaufkommen geringer ist (vgl. Kapitel 4.3.2). Auf der Schenkendorfstraße kam es zwar mit zehn Unfällen ebenfalls seltener zu solchen Unfällen, aber es muss berücksichtigt werden, dass der betrachtete Abschnitt etwas kürzer ist als der der Leopoldstraße (vgl. Tabelle 4.4).

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

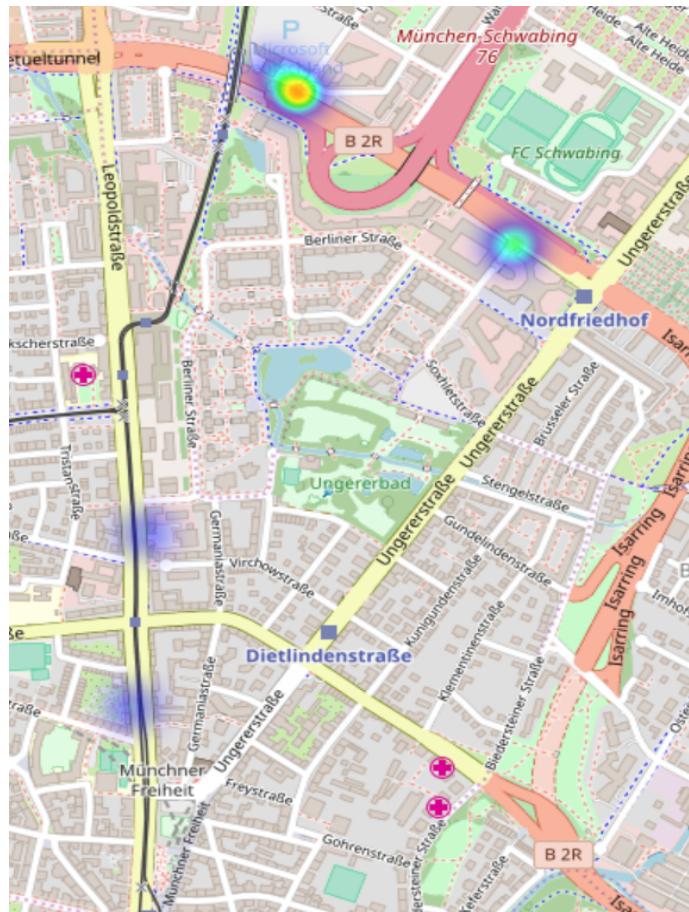


Abbildung 4.41.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 342

Innerhalb des Untersuchungszeitraums wurde bei fünfzehn Unfällen der Feintyp 342 angegeben. Diese sind in Abbildung 4.41 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Einmündung Schenkendorf-/Lyonel-Feininger-Straßen sowie die Ausfahrt der Aral-Tankstelle die direkt daneben liegt, bei diesem Feintyp einen Unfallschwerpunkt darstellen. 73 % der Unfälle mit dem Feintyp 342 ereigneten sich in diesem Bereich. Auf der Schenkendorfstraße kam es nur noch im Bereich der Einmündung zur Theodor-Dombart-Straße zu zwei weiteren Unfällen mit diesem Feintyp. Auf der Leopoldstraße ereigneten sich insgesamt nur zwei Unfällen und auf der Ungererstraße gar keiner. Die markanten Punkte, an denen sich diese Fahrsituation am häufigsten ereignete, wurden in Kapitel 4.5.1 bereits beschrieben. Hier konnten auch anhand der Heatmap keine weiteren markanten Stellen ausfindig gemacht werden.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets



Abbildung 4.42.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 501

Der Feintyp 501 wurde bei 119 Unfällen angegeben. Viele davon ereigneten sich, wie in Abbildung 4.42 zu erkennen ist, im südlichen Bereich der Leopoldstraße, wobei es in nördliche Fahrtrichtung etwas häufiger zu Unfällen mit Fahrzeugen am Fahrbahnrand kam als in südliche. Auf der Ungererstraße ereigneten sich ebenfalls mehr Unfälle im südlichen Bereich der Straße. Im Vergleich zur Leopoldstraße sind diese jedoch relativ gleichmäßig auf beide Fahrtrichtungen verteilt. Auffällig ist, dass es auf der Ungererstraße einen weiteren Bereich gibt, in dem häufig Unfälle mit dem Feintyp 501 auftraten. Dieser liegt zwischen der Kreuzung mit der Soxhletstraße und der Einmündung zur Hollandstraße. Während die Unfälle im südlichen Bereich etwas verteilt entlang der Straße auftreten, häufen sie sich hier an einer Stelle.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

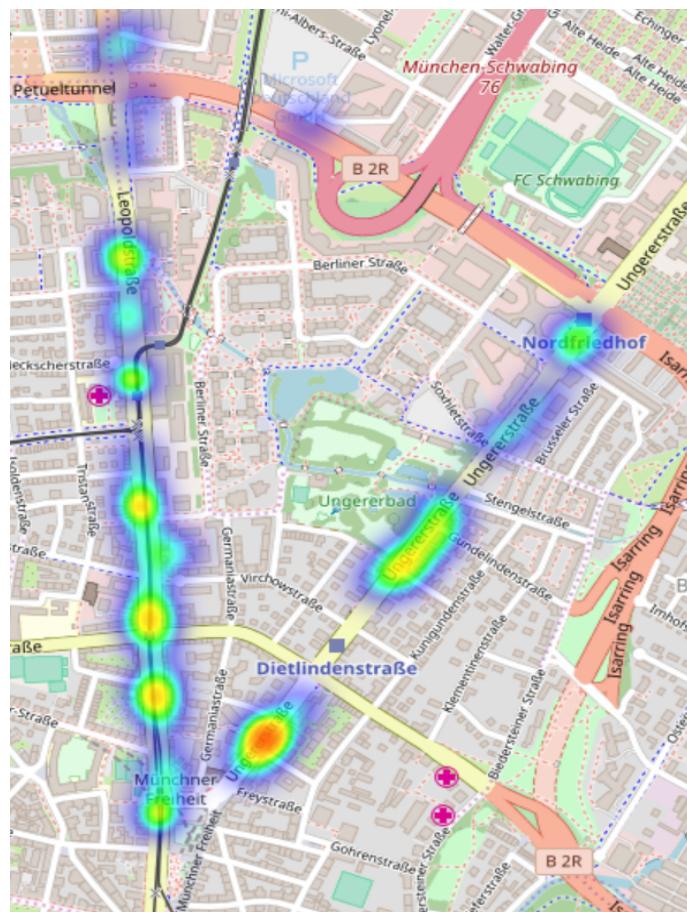


Abbildung 4.43.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 701

Während der Feintyp 501 einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug im fließenden Verkehr und einem haltenden/parkenden Fahrzeug darstellt, beschreibt der Feintyp 701 einen Konflikt zwischen zwei parkenden Fahrzeugen. Genauer gesagt, zwischen einem ein- bzw. ausparkenden und einem parkenden Fahrzeug. Da es bei beiden Feintypen zu Unfällen mit parkenden Fahrzeugen kam, ähneln sich die erstellten Heatmaps. Insgesamt wurde der Feintyp 701 bei 106 Unfällen im Testgebiet angegeben, die in der Abbildung 4.43 dargestellt werden. Davon ereigneten sich lediglich zwei Unfälle auf der Schenkendorfstraße. Auf der Ungererstraße kam es zu 40 Unfällen. Hier ist vor allem der Bereich zwischen der Fuchsstraße und der Antonienstraße auffällig. In diesem Bereich liegt ein Lebensmittelgeschäft und die Fahrzeuge parken hier nur für eine kurze Dauer. Die hohe Anzahl der Unfälle in diesem Bereich kann durch die häufigen Ein- und Ausparkvorgänge erklärt werden. Die Unfälle, die sich auf der Leopoldstraße ereigneten, sind recht gleichmäßig über den Verlauf der Straße verteilt. Lediglich im nördlichen Teil kam es seltener zu Unfällen mit diesem Unfalltyp. Grund für die höhere Anzahl und gleichmäßige Verteilung könnte sein, dass es mehr gewerblich genutzte Flächen gibt. Diese haben einen höheren Wechsel der parkenden Fahrzeuge zur Folge. Die Bereiche in der Ungererstraße hingegen weisen überwiegend Wohnnutzung auf. Hier ist die Parkdauer der Fahrzeuge in der Regel länger, was zu einer geringeren Anzahl an Unfällen führt.

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Neben den vier vorgestellten Feintypen wurde achtzehn weiteren die Risiko-Kategorie c oder höher zugeordnet. Diese wurden alle in einer eigenen Heatmap dargestellt und sind als html-Datei auf der im Anhang befindlichen CD zu finden. Die acht Feintypen 211, 224, 243, 244, 623, 631, 641 und 651 werden zusätzlich noch in Anhang D dargestellt. Diese Feintypen wurden gewählt, da Unfällen mit dem Unfalltyp 2 bzw. 6 viele Feintypen zugeordnet wurden. Zudem wurden Unfälle beim Abbiegen (Unfalltyp 2) und Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) schon in Kapitel 4.3 betrachtet.

Der Feintyp 211 wurde während der Testfahrten an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße aufgenommen. Dieser Bereich ist auch in Abbildung D.1 zu erkennen. Am häufigsten kam es zu solch einer Situation jedoch an den Knoten Leopold-/Potsdamerstraße und Ungerer-/Schenkendorfstraße. Hierbei ist auffällig, dass die Linksabbieger am Knoten Ungerer-/Schenkendorfstraße überwiegend in einer eigenen Phase geführt werden. Trotzdem kommt es zu Konflikten mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Grund dafür können Rotlichtverstöße oder Fehlverhalten beim Räumen des Kreuzungsbereiches sein. Der Feintyp 224 tritt, wie in Abbildung D.2 zu erkennen ist, häufig an der Kreuzung Leopold-/Potsdamerstraße auf. Hier wurde die Fahrsituation auch während der Testfahrten aufgenommen. Abbildung D.3 zeigt eine Heatmap mit den Orten, an denen es zu Unfällen mit dem Feintyp 243 kam. Hier ist die Einmündung Leopold-/Ungererstraße am auffälligsten. Unfälle mit dem Feintyp 244 ereigneten sich dagegen vermehrt an der Kreuzung Leopold-/Schenkendorfstraße. Dieser Feintyp wird in Abbildung D.4 dargestellt.

Der Feintyp 623 beschreibt Auffahrunfälle an lichtsignalisierten Knotenpunkten. Laut Abbildung D.5 traten solche Fahrsituationen an den Kreuzungen Leopold-/Schenkendorfstraße und Ungerer-/Schenkendorfstraße sowie an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße auf. In Abbildung D.6 sind alle Unfälle des Unfalltyps 631 eingezeichnet. Es ist zu erkennen, dass im Bereich der Schenkendorfstraße am häufigsten Fehler beim Spurwechsel nach links auftraten. Unfälle, denen ein Fehler beim Spurwechsel nach rechts zugrunde liegt, werden in Abbildung D.7 dargestellt und ereigneten sich überwiegend auf der Schenkendorf- und Leopoldstraße. Zu Unfällen mit dem Feintyp 651 kam es laut Abbildung D.8 auf allen drei Straßen im Testgebiet. Auffällig ist hier jedoch, dass es hauptsächlich im Knotenpunktbereich zu Konflikten zwischen zwei nebeneinander fahrenden Fahrzeugen kommt.

4.6. Zwischenfazit

Um Unfälle rekonstruieren zu können, werden weitaus mehr Daten benötigt, als in dieser Arbeit zur Verfügung stehen. Hier liegen nur allgemeine Unfalldaten wie z.B. Unfalltyp, Unfallart, Unfallursache, Charakteristik und Besonderheit der Unfallstelle und Angaben zu den Beteiligten vor. Diese Daten reichen für eine Klärung der Schuldfrage. Für die Unfallforschung sind darüber hinaus Daten des Unfallorts und des Unfallfahrzeugs, in denen z.B. die Reifenspuren oder Spuren am Fahrzeug benannt werden, erforderlich. Sie werden benötigt, um genau ermitteln zu können, wie es zu einem Unfall kam [BURG et al., 2017, S. 28]. Je genauer der Unfallhergang beschrieben wird desto mehr Informationen liegen vor und Fahrsituationen, die dem Unfall vorausgehen, können genauer beschrieben werden. Im Verlauf dieser Arbeit variieren die angegebenen Daten bezüglich ihrer Informationsgenauigkeit, da

4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

die Kurzsachverhalte erst später zur Verfügung standen. Während der erste Abschnitt dieses Kapitels überwiegend ohne die Kurzsachverhalte aufgestellt wurde, wurden diese ab Kapitel 4.4 durchgängig berücksichtigt. Durch den zusätzlichen Informationsgewinn liegen vor allem bei den Kleinunfällen zusätzliche Informationen zum Unfallablauf vor. Der erste Abschnitt dieses Kapitels könnte mit Hilfe der Kurzsachverhalte nochmals überarbeitet werden. So ist es vor allem bei der Auswertung der Hypothesen möglich, weitere Unfälle zu berücksichtigen.

Häufig wurde neben dem Unfalltyp die Unfallursache zur Analyse verwendet. Hier muss berücksichtigt werden, dass häufig nicht nur eine Unfallursache sondern verschiedene Rahmenbedingungen mit negativem Einfluss auf die Verkehrssituation vorliegen. Unfälle haben im Schnitt 1,4 Ursachen [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016, S. 149]. 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. Fahrsituationen, die bei den genannten Hauptunfallursachen auftreten, sind in der Regel sehr komplex und fordern eine erhöhte Aufmerksamkeit des Fahrzeugführers. Häufig ist dieser in solchen Situationen überfordert und kann das geplante Fahrmanöver nicht richtig ausführen. Da diese Situationen überwiegend an Knotenpunkten auftreten, kommt es dort vermehrt zu Unfällen. Während sich innerhalb des Testgebiets überwiegend Unfälle zwischen zwei Pkws ereignen, die häufig nur zu Sachschaden oder leichten Verletzungen führen, kommt es bei Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern zu schwereren Verletzungen. Die Art der Verkehrsbeteiligung spielt daher bei der Betrachtung verschiedener Fahrsituationen eine wichtige Rolle.

Bei den in Kapitel 4.5 erläuterten Fahrsituationen wurden zwei mit der Risiko-Kategorie *d* bewertet. Diese zwei Situationen verdeutlichen, wie unterschiedlich die Folgen verschiedener Fahrsituationen sein können. Während eine Situation aufgrund der Unfallschwere mit der Kategorie *d* bewertet wurde, kam es bei einer anderen lediglich zu einer geringen Anzahl an Leichtverletzten. Dafür war die Anzahl der Unfälle, bei denen es zu einem Sachschaden kam, ausschlaggebend für die Einordnung in diese Risiko-Kategorie. Je nach Art der Fahrsituation sind zudem unterschiedliche Bereiche innerhalb des Gebiets anfälliger für Unfälle. In Bereichen, in denen Fußgänger einfach die Fahrbahn überqueren können, besteht z.B. ein erhöhtes Risiko für Fahrsituationen mit Fußgängerbeteiligung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass viele Faktoren berücksichtigt werden müssen, um eine Fahrsituation bezüglich ihrer Kritikaliät zu bewerten. Wichtig ist, dass nicht nur die Situation selbst sondern auch das Umfeld, in dem sich die Situation ereignet und weitere mögliche Beteiligte herangezogen werden. Nur so lässt sich eine Situation genau beschreiben und mögliche Konfliktpunkte können berücksichtigt werden. Die vollständige Betrachtung ist auch für die Entwicklung automatisierter Systeme relevant. Fahrsituationen, die ein erhöhtes Risiko mit sich bringen, können auch mit Hilfe dieser Systeme nur dann entschärft werden, wenn diese überhaupt erst in Betracht gezogen werden.

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

„Die Motivation zur Teilnahme am Straßenverkehr ist Mobilität, nicht Sicherheit“ [HUGUENIN et al., 2017, S. 146]. Aus dieser Anforderung ergibt sich ein hoher Anspruch an automatisierte Fahrzeuge. Sie dürfen keinerlei Einschränkungen bezüglich der Mobilität mit sich bringen, um ihre Nutzer zufrieden zu stellen. Gleichzeitig müssen hohe Sicherheitsanforderungen eingehalten werden, um solche Fahrzeuge überhaupt auf den Markt bringen zu können. In diesem Kapitel werden Fahrsituationen für menschliche Fahrer, die in Kapitel 4.5 mit der Risiko-Kategorie c oder höher bewertet wurden, mit denen für automatisierte Fahrzeuge verglichen. Kapitel 5.1 gibt zunächst einen Überblick über verschiedene Automatisierungsgrade und Fahrerassistenzsysteme. Anschließend werden in Kapitel 5.2 urbane Fahrsituationen miteinander verglichen, um herauszufinden, ob sich das Risiko, das Fahrsituationen mit menschlichen Fahrern einhergeht, bei automatisierten Systemen verändert.

5.1. Allgemeines

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die verschiedenen Stufen der Automatisierungsgrade und über verschiedene Fahrerassistenzsysteme. Die FAS werden berücksichtigt, da eine Zusammenführung bestehender Assistenzsysteme zum automatisierten Fahren das wahrscheinlich größte Potential bietet.

5.1.1. Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen

Automatisierte Fahrfunktionen können in fünf Stufen unterteilt werden. Der Automatisierungsgrad nimmt dabei mit jeder Stufe zu. Betrachtet man die Klassifizierung der automatisierten Fahrfunktionen nach BASt, werden Fahrten oder Situationen, bei denen kein in die Längs- oder Querführung eingreifendes System aktiv ist, der Stufe 0 zugeordnet. Alle fünf Stufen werden in Tabelle 5.1 erläutert.

Tabelle 5.1.: Benennung und Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen [GASSER, 2011, S. 3]

Stufe	Nomenklatur	Beschreibung Automatisierungsgrad und Erwartung des Fahrers
0	Nur Fahrer	Fahrer führt dauerhaft die Längsführung und die Querführung aus.
1	Assistiert	Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus. Die jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt.
2	Teilautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung (für einen gewissen Zeitraum und/oder in spezifischen Situationen).
3	Hochautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen.
4	Vollautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall.

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

Der Unterschied zwischen Stufe 2 und 3 besteht darin, dass der Fahrer in Stufe 3 das System nicht dauerhaft überwachen muss. Er wird bei Bedarf zur Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve aufgefordert. Stufe 4 bezieht sich lediglich auf einen definierten Anwendungsfall. Das autonome Fahren stellt eine weitere (letzte) Entwicklungsstufe dar. Laut MAURER et al. [2015, S. 34] werden beim autonomen Fahren alle Aufgaben des Drei-Ebenen-Models (Navigation, Führung und Stabilisierung) vollautomatisiert ausgeführt. Diese Definition wird erweitert um die Annahme, dass die Ausführung der Fahraufgabe auf Basis maschinell autonomen Verhaltens, innerhalb eines vorher festgelegten Verhaltensrahmens, geschieht.

Mit der Zunahme des Automatisierungsgrads steigen nicht nur die technischen Anforderungen sondern auch die der Kunden und der öffentlichen Hand. Dies erschwert den Entwicklungsprozess zunehmend, da sich diese Anforderungen zum Teil widersprechen. Während sich der Kunde Fahrspaß, Sicherheit als Serienausstattung und klare Systemgrenzen wünscht, stehen für die öffentliche Hand das Senken der Unfall- und Opferzahlen sowie geringe Infrastrukturinvestitionen im Vordergrund. Der Hersteller muss diese Punkte weitestgehend erfüllen und hat zusätzlich eigene Ansprüche wie Wettbewerbsdifferenzierung oder geringe Herstellungskosten [MEITINGER, 2008, S. 8].

5.1.2. Fahrerassistenzsysteme

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Fahrer anhand von Assistenzsystemen zu unterstützen. Infrastructure-Only (IO) Systeme sind Systeme, die an markanten Punkten, z.B. an einer Kreuzung, installiert werden. Diese 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 Systeme stellen Systeme dar, deren Funktion weder auf Komponenten in der Kreuzung noch auf Systemen in anderen Fahrzeugen angewiesen sind. Zur Umfelderfassung werden Sensoren im Fahrzeug benötigt, die Informationen über Vorfahrtsregelungen werden aus GPS mit digitalen Karten oder Kamerasytstem gewonnen. Die Vehicle-to-Vehicle (V2V) Kommunikation funktioniert nur zwischen damit 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]. Die genannten Möglichkeiten werden bei der Entwicklung nicht nacheinander durchlaufen sondern überschneiden sich [WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, 2011a, S. 88].

Der Vorteil von Kommunikationslösungen besteht darin, dass die Anforderungen an die „konventionelle“ Umfeldsensorik sinken. Des weiteren wird die räumliche und zeitliche Wahrnehmung erweitert. So ist es möglich, Verkehrsunfälle zu verhindern, indem eine mögliche Gefahrensituationen im Voraus erkannt wird [GERSTENBERGER, 2015, S. 59]. Ein weiterer Vorteil ist, dass mögliche Gefahren trotz eventueller Sichtbehinderungen frühzeitig erkannt werden. Nachteilig ist hingegen, dass alle Fahrzeuge eine gewisse Mindestausrüstung enthalten müssen, um den Anforderungen gerecht zu werden [MAGES, 2008, S. 2].

Die Assistenzsysteme selbst können in vier Gruppen unterteilt werden: Informationssysteme, Warnsysteme, aktiv unterstützende Systeme und eingreifende Systeme. Laut MEITINGER [2008, S. 11] ist die Wirksamkeit von eingreifenden Systemen am höchsten einzuschätzen.

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

Eine Erweiterung um eine fünfte Gruppe würde dann Systeme darstellen, die selbständig bestimmte Aktionen übernehmen, ohne dass der Fahrer dies verhindern oder korrigieren kann [VOLLRATH et al., 2006, S. 13]. Bei der Wirkung von FAS wird zwischen der spezifischen und der unspezifischen Wirkung unterschieden. Während Auswirkungen, die sich aus Reaktionen des Fahrers auf Informationen, Warnungen und Eingriffe ergeben, als spezifisch bezeichnet werden sind Effekte, die sich auf die Fahrweise auswirken, unspezifisch [GRÜNDL, 2005, S. 50f].

„Ziel 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“ [MEITINGER, 2008, S. 10]. Es besteht jedoch immer die Gefahr, dass sich der Fahrer durch das System sicherer fühlt und aufgrund dessen ein höheres Risiko eingeht. Hierdurch wird die ursprüngliche Verbesserung des Sicherheitssystems wieder aufgehoben. 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].

Nach BLAKAJ [2016, S. 10] besteht ein FAS 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 zwischen dem Ist- und Soll-Zustand aus).

Bei der Sensorik werden Videokameras verwendet, um die Fahrbahn zu beobachten. Radar- oder Lasersensoren dienen der Abstands- und Geschwindigkeitserkennung [SCHMIDT, 2010, S. 4f]. Die dritte Komponente würde sich beim voll automatisierten Fahren ändern. Der Mensch ist nicht mehr dafür verantwortlich, Abweichungen vom Soll-Zustand auszugleichen. Es kann sogar zu Fahrten kommen (z.B. Parkplatzsuche), bei denen gar kein Fahrer an Bord ist.

In Abbildung 5.1 werden FAS dargestellt, die sich bereits auf dem Markt befinden oder noch in der Entwicklung sind. Es muss berücksichtigt werden, dass die Übersicht aus dem Jahr 2006 ist. Es kann also durchaus sein, dass Systeme, die sich damals noch in der Entwicklung befanden inzwischen auf dem Markt sind. Die Abbildung wurde gewählt, weil darin nicht nur die einzelnen FAS genannt werden sondern auch die Ebenen, in denen sie eingreifen (Stabilisierungs- oder Führungsebene).

Des weiteren wird an einer Fußgänger- und Verkehrszeichenerkennung gearbeitet. Sie werden in Abbildung 5.1 nicht erwähnt, haben jedoch bei Fahrsituationen im urbanen Raum eine wesentliche Bedeutung. GSCHWENDTNER [2015, S. 52] betrachtet FAS bezüglich ihrer Wirksamkeit im niedrigen Geschwindigkeitsbereich. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die automatische Notbremse das höchste Potential besitzt, da sie sowohl die Unfallfolgen von Unfällen mit Personen- also auch mit Sachschaden reduzieren kann. Der Kreuzungsassistent beeinflusst dagegen überwiegend Unfälle mit Personenschäden. Eine hohe Einwirkung auf Sachschadensunfälle hat die Einparkhilfe. Das Potential eines Spurwechselassistenten schätzt

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

er in beiden Bereichen eher gering ein. Am ehesten können jedoch Sachschäden reduziert werden.

	Stabilisierung	Führung																					
		Spurhaltung	Geschwindigkeitsregelung	Abstandsregelung	Genauigkeit Spurhaltung	Soll-Geschwindigkeit	Soll-Abstand	An- und Weiterfahren	Straße folgen	Annäherung Fahrzeug/Hindernis	Überholen	Anhalten vor Hindernis	Hinter Fahrzeug anfahren	Fahrzeug folgen	Kreuzung queren	Spurwechsel	Abbiegen	Rechts ranfahren und anhalten	Rückwärtsfahren	U-Turn	Wenden	Einparken	Ausparken
Geschwindigkeitsregelanlage	X			X				X															
Abstandsregeltempomat (ACC)	X	X		X	X			X	X						X								
ACC Stop-and-Go	X	X		X	X	X	X	X	X			X		X	X								
Bremsassistenz (BAS)	X																						
Automatische Notbremse (ANB)	X																						
Anti-Blockier-System (ABS)	X														X	X							
Anti-Schlupf-Regelung (ASR)	X														X	X							
Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	X																						
Collision Avoidance System (ACA)			X												X	X							
Collision Warning System (CWS)			X												X	X							
Curve Speed Assistant (CSA)	X	X			X				X														
Parkassistenz	X	X	X																			X	X
Spurhalteassistent (LDW)	X			X					X														
Spurwechselassistent (LCA)	X			X					X									X					
Intelligent Speed Adaption (ISA)	X			X				X									X	X					
Kreuzungsassistentz																							

Abbildung 5.1.: Klassifikation von Assistenzsystemen im Hinblick auf ihre Funktionalität auf der Stabilisierungs- und Führungsebene [VOLLRATH et al., 2006, S. 31]

Obwohl Systeme, die bei niedrigen Geschwindigkeiten wirken (z.B. Einparkhilfe), ein hohes Potential zur Unfallvermeidung mit sich bringen, werden sie aktuell häufig als Komfortsysteme vermarktet, da sie nur einen indirekten Einfluss haben. Dies liegt daran, dass es erst wenige Systeme gibt, die nicht nur warnen, sondern 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 sollte 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. Handysteuerung), weitere Verbesserungen im Bereich der Sachschadensunfälle [GSCHWENDTNER, 2015, S. 18-21].

SCHENDZIELORZ [2016, S. 2] arbeitet an der Entwicklung eines Kreuzungsassistenten. Dieser prüft mit Hilfe von Vehicle-to-Infrastructure (V2I) und V2V-Kommunikation plus entsprechenden infrastrukturseitigen Einrichtungen, ob der Fahrer vor einer Konfliktsituation an Knoten gewarnt werden muss. Die Knotenpunkte werden mit Laserscannern, die auf Ampel- oder Lichtmasten montiert sind, aus der Vogelperspektive betrachtet. Der Fokus liegt hierbei auf

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

den Szenarien Rotlichtverstoß, Links- und Rechtsabbiegen.

GRÜNDL [2005, S. 224-230] betrachtet in seiner Arbeit Unfälle, die durch eine Verkehrszeichenerkennung vermeidbar gewesen wären. Er geht auf die Erkennung von Ampeln mit Rotlicht, Stoppschilder, Vorfahrt-gewähren-Schilder und Richtungsgebot-Schilder ein. Kritisch betrachtet er vor allem die Erkennung des Ampellichts, da Sensoren die dies zuverlässig ermöglichen noch sehr kostspielig sind. Zudem muss berücksichtigt werden, dass ein Verkehrszeichen oft absichtlich nicht befolgt wird, was die Wirksamkeit eines FAS in diesem Bereich deutlich reduziert.

Zusätzlich zur Verkehrszeichenerkennung befasst sich GRÜNDL [2005, S. 239-246] mit der Gestaltung eines Spurwechselassistenten. Er kommt zu dem Schluss, dass der Totewinkel nicht entscheidend für die Vermeidung von Unfällen beim Spurwechsel ist. Ausschlaggebend ist die Erkennung von Fahrzeugen, die sich mit hoher Geschwindigkeit von hinten nähern. Dies gilt hauptsächlich für Fahrsituationen auf der Autobahn. Im urbanen Raum könnten Unfälle beim Spurwechsel vermieden werden, indem nicht nur der vor dem Fahrzeug liegende Bereich sondern ebenso die seitlichen Bereiche des Fahrzeugs erfasst werden. Von der Seite nahende Gefahren könnten so besser erkannt und bestenfalls vermieden werden.

5.1.3. Rechtlichehintergründe

Um fahrerloses Fahren zu ermöglichen muss das aktuell geltende Recht angepasst werden. Nach der heutigen Rechtslage würde der Fahrer schon bei Hoch- bzw. Vollautomatisierung, in den Phasen die autonom gesteuert werden, gegen seine Pflichten aus der StVO verstößen. Sie gibt an, dass der Fahrer jederzeit in der Lage sein muss in das Verkehrsgeschehen eingreifen zu können. Ziel der Vollautomatisierung ist jedoch, dass der Fahrer sich während der Fahrt anderen Aufgaben widmen kann und nicht permanent den Fahrverlauf überwachen muss oder Fahrzeuge Strecken ganz ohne Fahrer zurücklegen können. Die Nutzung von Hoch- bzw. Vollautomatisierung ist somit bereits 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 zusätzlich nach Lösungen gesucht werden [GASSER, 2011, S. 6f]. Auch MAGES [2008, S. 8] stellt fest, dass nicht vom Fahrer übersteuerbare Systeme grundlegende Änderungen des Straßenverkehrsrechts erfordern. Systeme mit erheblichem unfallvermeidendem oder schützendem Potential, die nicht übersteuerbar sind, können aktuell auch nicht unter realen Bedingungen getestet werden. Es sollte daher geprüft werden, ob eine besondere Form der Typgenehmigung möglich ist, die die Risiken der Erprobung unter realen Bedingungen für die Hersteller, Halter und Versicherungen kalkulierbar macht [WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, 2011a, S. 89].

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

5.2. Vergleich menschlicher Fahrer automatisierte Systeme

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

Tabelle 5.2.: Stärken und Schwächen von Mensch und Maschine [HUGUENIN et al., 2017, S. 147]

Systemelement	Stärken	Schwächen
„Mensch“	<ul style="list-style-type: none"> - flexibles situationsbezogenes Denken - Anticipationsfähigkeit - Vielseitigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Körperlich und psychisch bedingte Leistungsschwankungen - Emotionalität - Beeinfluss- und Ablenkbarkeit
„Maschine“	<ul style="list-style-type: none"> - Konstanz - Zuverlässigkeit - Geschwindigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - unflexibel, programmiert - mangelhafte Fehlerdetektion - spezialisiert, wenig vielseitig

Es darf jedoch nicht vernachlässigt werden, dass eine hohe Zahl an Unfällen fälschlicherweise dem Menschen zugeordnet wird. HUGUENIN et al. [2017, S. 147] betont, dass das eingesetzte System auch mangelhaft sein kann. In Tabelle 5.2 werden die Stärken und Schwächen von Mensch und Maschine gegenübergestellt. GASSER [2011, S. 5] erwähnt, dass einige wenige Unfallkonstellationen sich auch durch die Erhöhung des Automatisierungsgrades nicht verhindern lassen. Er stellt die Wirkung der Fahrzeugautomatisierung bildlich dar (Abbildung 5.2). Hier ist zu erkennen, dass die erhoffte Wirkung unter Umständen relativ gering ausfällt.

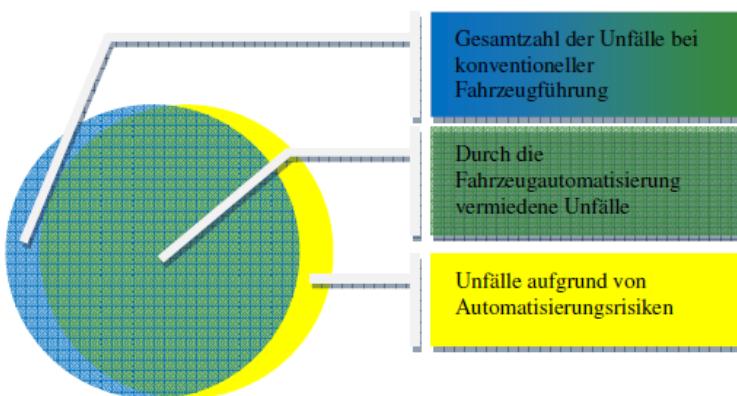


Abbildung 5.2.: Wirkung der Fahrzeugautomatisierung nach GASSER [2011, S. 5]

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

Im folgenden Kapitel werden die menschlichen Fahrsituationen aus Kapitel 4.5.1 mit automatisierten verglichen.

5.3. Vergleich der Fahrsituationen innerhalb des Testgebiets

Ziel dieses Kapitels ist es herauszufinden, welche, im Testgebiet aufgenommenen, Situationen mit automatisierten Fahrzeugen einfacher bewältigt werden können und in welchen sie evtl. an Grenzen stoßen. Um die menschlichen Fahrsituationen besser mit automatisierten vergleichen zu können werden sechs Bereiche gebildet, die verschiedene Probleme darstellen. Diese werden in Tabelle 5.3 aufgezählt. Die Fahrsituationen mit der Risikokategorie c oder höher werden anschließend den jeweiligen Bereichen zugeordnet.

Tabelle 5.3.: Cluster zum Vergleich zwischen meschl. und automatisierten Fahrsituationen

Nummer	Beschreibung
1	Einfaches menschliches Versagen
2	Menschliches Versagen in komplexen Situationen
3	Sichtbehinderungen
4	Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern
5	Grenzen automatisierter Systeme
6	Sonstiges

Einfaches menschliches Versagen

Es kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Fahrsituationen, bei denen es zu Unfällen durch einfaches menschliches Versagen kommt mit automatisierten Systemen verhindert werden. In diesen Bereich fallen die Fahrsituationen, denen die Feintypen 609, 619 und 623 zugrunde liegen und bei denen es häufig zu Auffahrunfällen kommt. Diese Unfälle könnten bereits jetzt größtenteils mit einem aktiv eingreifenden Notbremsassistenten verhindert werden und sollten daher für automatisierte Systeme keine großen Schwierigkeiten darstellen. Auffahrunfälle entstehen häufig durch einen zu geringen Sicherheitsabstand und Unaufmerksamkeit der menschlichen Fahrer. Automatisierte Systeme ermöglichen es, den Sicherheitsabstand so anzupassen, dass ein notwendiges Bremsmanöver aufgrund des vorausfahrenden Fahrzeugs rechtzeitig eingeleitet werden kann.

Fahrsituationen der Feintypen 631, 641, 651 und 63/64 führen zu Unfällen beim Spurwechsel bzw. nebeneinander Fahren. Diese werden ebenfalls häufig durch unaufmerksames Handeln des Fahrers ausgelöst. Bei Unfällen, die durch Fehler beim Spurwechsel entstehen, führen die Fahrzeugführer vor dem Spurwechsel häufig keinen Schulterblick oder Blick in den Rückspiegel durch. Dies führt dazu, dass herannahende oder auf gleicher Höhe befindliche Fahrzeuge übersehen werden. Um solche Situationen auf Autobahnen zu vermeiden gibt es bereits Spurwechselassistenten, diese funktionieren bis jetzt jedoch noch nicht im niedrigen Geschwindigkeitsbereich. Da die Ansätze bereits vorhanden sind müssten sich diese Konflikte mit automatisierten Fahrzeugen vermeiden lassen. Wichtig ist hierbei, dass auch der seitliche Bereich des Fahrzeugs mit Erkennungssystemen ausgestattet wird. So ist es auch möglich auf Fehler der anderen Fahrzeugführer zu reagieren, wenn diese z.B. ihre Spur nicht einhalten

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

oder nach einem Überholvorgang zu früh wieder einscheren, kann das automatisierte System ausweichen oder ein Bremsmanöver einleiten. Ebenso kann das geplante Manöver abgebrochen werden, wenn beide Fahrzeuge vorhaben gleichzeitig auf die selbe Spur zu wechseln. Fahrsituationen die zu Unfällen mit dem Feintyp 501 führen entstehen, wenn sich das Fahrzeug zu weit rechts befindet und deshalb der seitliche Sicherheitsabstand zu parkenden Fahrzeugen zu gering ist. Automatisierte Systeme müssten diese Unfälle vermeiden können, da sie die Spur halten oder ausweichen/bremsen, wenn ein parkendes Fahrzeug zu weit in den Straßenraum hineinragt.

Dem Feintyp 141 liegt die Fahrsituation geradeaus Fahren zugrunde. Hier kommt es zu Unfällen durch Kontrollverlust, aufgrund überhöhter Geschwindigkeit oder Ablenkung des Fahrers. Automatisierte Systeme müssen es ermöglichen, die Geschwindigkeit nicht nur an ein vorausfahrendes Fahrzeug, sondern auch an den Straßenverlauf und die Umfeldbedingungen (z.B. geringere Griffigkeit der Fahrbahn durch Nässe oder Glätte), anzupassen. Ist dies möglich können auch solche Unfälle verhindert werden. Unfälle, bei denen der Fahrer, aufgrund von Ablenkung von der Fahrbahn abkommt, fallen weg.

Unfälle die häufig zu Sachschäden führen ereignen sich vor allem bei der Fahrsituation Ein-/Ausparken in Bereichen mit Längsaufstellung. Ihnen wurde der Feintyp 701 zugeordnet. Solche Unfälle können mit automatisierten Systemen verhindert werden. Es gibt bereits Parkassistenzsysteme, diese Warnen den Fahrer jedoch größtenteils nur und greifen nicht aktiv in den Parkvorgang ein. Hier sind die Grundlagen jedoch schon geschaffen, um Unfälle beim Parken zu vermeiden.

Menschliches Versagen in komplexen Situationen

„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, da Fahrer das Verhalten dynamischer Objekte nur schwer vorhersagen können. Fahrsituationen an Knotenpunkten sind daher besonders anspruchsvoll und führen vermehrt zu Unfällen. Im Testgebiet kam es häufig zu Konflikten zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Fahrzeugen (Feintyp 211). In dieser Situation muss die Geschwindigkeit und die Entfernung des entgegenkommenden Fahrzeugs berücksichtigt werden, um entscheiden zu können, ob die vorhandene Zeitlücke ausreicht die Kreuzung zu überqueren. MAGES [2008, S. 9] gibt in seiner Arbeit an, dass ein automatisiertes System vielfältige Anforderungen erfüllen muss, um Unfälle an Kreuzungen vermeiden zu können. 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. Des weiteren muss an Knotenpunkten besonders Rücksicht auf ungeschützte Verkehrsteilnehmer genommen werden, die häufig auf getrennten Anlagen geführt werden. Hier spielt laut SCHREIBER et al. [2014, S. 310] die Detektion von Radfahrern, die sich mit vergleichsweise hohen Geschwindigkeiten bei oft gleichzeitig eher geringer Abbiegegeschwindigkeit des Kfz von hinten nähern, eine bedeutende Rolle. Ebenso sollten Assistenzsysteme auch links fahrende Radfahrer erkennen können, so dass auch Konflikte beim Linksabbiegen verhindert werden.

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

Dies ist vor allem für die Fahrsituationen mit den Feintypen 243, 244 und 224 sowie 342 und 349 relevant.

Bei Unfällen die sich beim Wenden ereignen kann es auch zu Konflikten mit entgegenkommenden Fahrzeugen kommen (Feintyp 723). Hier werden an automatisierte Fahrzeuge die gleichen Anforderungen gestellt, die bereits bei den Knotenpunkten genannt wurden. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass der Wendevorgang an einer Stelle eingeleitet wird, in der Wenden erlaubt ist. Ein Konflikt mit einem entgegenkommenden Fahrzeug kann sich auch außerhalb von Knotenpunkten ereignen. Bei dieser Fahrsituation (Feintyp 681) muss ein automatisiertes Fahrzeug in der Lage sein die eigene Spur zu halten. Der Straßenverlauf muss trotz entgegenkommender Fahrzeuge, die möglicherweise zur Blendung von Kameras oder Sensoren führen, zuverlässig erkannt werden. Des weiteren muss das automatisierte Fahrzeug bei möglichen Spurabweichungen des entgegenkommenden Fahrzeugs rechtzeitig reagieren können.

Fahrsituationen, bei denen es zu den Feintypen 401 und 421 kommen kann können auch zu den komplexeren gezählt werden. Hierbei treten Fußgänger entweder von links oder rechts auf die Fahrbahn. In diesem Fall muss ein automatisiertes System erkennen, dass ein Fußgänger die Absicht hat die Straße außerhalb eines Fußgängerüberwegs zu queren oder sich schon auf der Straße befindet und die Geschwindigkeit anpassen oder ein passendes Bremsmanöver einleiten. Dies sollte möglich sein, da bei diesen zwei konkreten Fahrsituationen keine Sichtbehinderung vorhanden ist, die es dem System erschwert Fußgänger zu erkennen. Zu einem Konflikt kann es jedoch kommen, wenn Fußgänger unmittelbar vor dem Fahrzeug auf die Straße treten und der erforderliche Bremsweg nicht vorhanden ist. Dieser ist bei automatisierten Fahrsituationen zwar deutlich geringer als bei menschlichen, aber trotzdem vorhanden.

Sobald ein „optimales System“ vorliegt, das nur versagt wenn die physikalischen Grenzen überschritten werden, sollten Unfälle, die durch einfaches oder komplexes menschliches Versagen ausgelöst wurden, zu vermeiden sein.

Grenzen automatisierter Systeme

Es wurde bereits erwähnt, dass automatisierte Systeme auch gewisse Grenzen besitzen, da rein physikalisch nicht alle Unfälle verhindert werden können. Bis jetzt wurde hier der Fall genannt, indem ein Fußgänger direkt vor dem Fahrzeug auf die Fahrbahn tritt, die Zeit die für ein Bremsmanöver zur Verfügung steht jedoch, trotz dem Wegfall der menschlichen Reaktionszeit und einer geringeren Anschwellzeit der Bremse, nicht ausreichend ist. Eine ähnliche Situation kann sich ereignen, wenn ein Fahrer die Türe seines, auf einem Längsparkplatz, parkenden Fahrzeug öffnet. Wird die Türe unmittelbar vor dem automatisierten Fahrzeug geöffnet kann es auch hier vorkommen, dass das eingeleitete Bremsmanöver den Unfall nicht mehr verhindern kann. Des weiteren kann es zu Situationen kommen in denen ein automatisiertes System keine Möglichkeit hat auszuweichen um einen Unfall zu verhindern. So eine Situation kann sich z.B. an Knotenpunkten ereignen. Muss ein automatisiertes Fahrzeug verkehrsbedingt an einer Ampel warten, um die Kreuzung geradeaus zu überqueren, kann es vorkommen, dass die Rechtsabbiegerspur nebenan schon befahren werden darf. Hierbei kann es passieren, dass ein anderes Fahrzeug beim Abbiegevorgang seine Spur verlässt oder der Anhänger eines Lkws ausschert und das wartende Fahrzeug beschädigt.

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

Sichtbehinderungen

Sichtbehinderungen können vor allem bei Fahrsituationen mit Radfahrern oder Fußgängern auftreten, die auf baulich getrennten Anlagen geführt werden. Es handelt sich dabei z.B. um parkende Fahrzeuge, Werbebanner, Licht- bzw. Ampelmasten, Bauzäune oder Litfaßsäulen. Vor allem an Knotenpunkten führen diese häufig zu Konflikten mit abbiegenden oder einbiegenden Fahrzeugen. Im Testgebiet kann es z.B. bei den Fahrsituationen mit den Feintypen 224, 243 und 244 bzw. 342 und 349 zu Sichtbehinderungen kommen. Eine bedeutende Rolle spielt dieser Fall, wenn Fußgänger, insbesondere Kinder, zwischen parkenden Autos hervor auf die Straße treten. Sichthindernisse müssen jedoch nicht nur bei Fahrsituationen an denen Fußgänger oder Radfahrer beteiligt sind berücksichtigt werden. Sie können auch an Ausfahrten von Grundstücksbereichen auftreten. Wenn diese, wie im urbanen Raum häufig zu finden, stark zugeparkt wurden wird das ausfahrende Fahrzeug von den geparkten verdeckt und ist unter Umständen erst zu erkennen, wenn sich die Fahrzeugfront schon im Konfliktbereich auf der Straße befindet. Automatisierte Fahrzeuge müssen fähig sein auch in solchen Situationen richtig zu agieren. Dies ist jedoch vor allem bei Konflikten mit Fußgängern und Radfahrern schwierig. Werden sie durch andere Gegenstände verdeckt, könnte es passieren, dass das System sie nicht erkennt. Der menschliche Fahrer hat hier auch seine Schwierigkeiten, es kann jedoch sein, dass er einen Fußgänger/Radfahrer durch die Scheiben, von parkenden Fahrzeugen, hindurch erkennt. Bei automatisierten Systemen ist die Aufgrund von Spiegelungen nicht immer möglich. Konfliktsituationen mit einem weiteren automatisierten Fahrzeug können durch V2V Kommunikation vermieden werden. Sobald beide Fahrzeug voneinander wissen kann das Fahrmanöver angepasst werden.

Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern

Betrachtet man automatisierte 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]. Hier besitzt der menschliche Fahrer einen Vorteil, er hat eine Erinnerung/Erwartung an gewisse Fahrsituationen und kann vorausschauend handeln. Zu solch einer Situation kann es z.B. an einem Fußgängerüberweg kommen. Ein Fußgänger hält sich im dortigen Bereich auf, will jedoch die Straße nicht überqueren und teilt dies dem Fahrer, mit Hilfe von Handzeichen, mit. Der menschliche Fahrer erkennt das Zeichen und wartet nicht vergebens. Zu einer ähnlichen Situation kann es kommen, wenn ein Fahrzeug sich an einer Kreuzung in die falsche Spur eingeordnet hat und diese wechselt möchte. Wenn der Fahrer diese Absicht nicht durch Blinken ankündigt, kann der menschliche Fahrer diese evtl. schneller erkennen, sobald das Fahrzeug seine Fahrt verlangsamt und der Fahrer den Verkehr auf der anderen Spur beobachtet. Zu einer Pattsituation kann es an einem Knotenpunkt mit Rechts-vor-Links Regelung kommen. Nähern sich gleichzeitig aus allen Armen Fahrzeuge an muss anhand von Gesten geklärt werden, welches Fahrzeug den Knoten als erstes passieren darf. Vorausschauendes Handeln spielt auch in Fahrsituationen mit Einsatzfahrzeugen eine Bedeutung. Der Mensch erkennt das Blaulicht oder das Martinshorn

5. Automatisierte Fahrzeuge im urbanen Raum

und reagiert darauf. Diese Situationen müssten automatisierten Systemen antrainiert werden und könnten, zumindest wenn automatisiertes und menschliches Fahren gleichzeitig auftritt, zu zusätzlichen Konflikten führen.

Sonstiges

Innerhalb des Testgebiets kam es häufig zu Unfällen, bei denen eine Unebenheit (Feintyp 183) die Ursache war. Diese Fahrsituation kam häufig bei Radfahrern vor und führte zu Alleinunfällen. Diese können mit automatisierten Systemen nicht verhindert werden. Unebenheiten treten jedoch auch in Bereichen auf in denen die Schienen der Tram gekreuzt bzw. auf der Straße geführt werden oder im Baustellenbereich. In solch einem Fall muss das automatisierte System die Unebenheit erkennen und die Geschwindigkeit anpassen.

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. Dieses Problem muss auch bei automatisierten Systemen berücksichtigt werden. Bei verschiedenen Umwelteinflüssen (z.B. tiefstehender Sonne) oder verdreckten Schildern ist es diesen auch nicht möglich alle eindeutig zu erkennen.

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

- können sämtliche 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 automatisierte Systeme wahrscheinlich so programmiert werden, dass es so gut wie möglich vermieden wird Fußgänger zu treffen und zu verletzen. Dies könnte dazu führen, dass Fußgänger und Radfahrer die Situation ausnutzen und die Autos „ärgern“.

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 MaKaU“. 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.

Literaturverzeichnis

- 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.
- GESAMTVERBAND 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.
- 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.

Literaturverzeichnis

- 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.
- SCHENDZIELORZ, Tobias (2016). „Cooperative Systems to Improve Safety at Controlled Urban Intersections“. Dissertation. München: TUM.
- 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 (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.

Literaturverzeichnis

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

ABS	Antiblockiersystem
ASIL	Automotive Safety Integrity Level
BArt	Beteiligungsart
BAS	Bundesanstalt für Straßenwesen
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
FAS	Fahrerassistenzsystem
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GIDAS	German in Depth Accident Study
IO	Infrastructure-Only
K	Kleinunfall
Kfz	Kraftfahrzeug
kvl	keine Verletzung
LSA	Lichtsignalanlage
lvl	leichtverletzt
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
P	Personenschaden
QM	Qualitätsmanagement
S	schwerwiegender Sachschaden im engeren Sinne
svl	schwerverletzt
tot	getötet
Urs	Ursache
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2V	Vehicle-to-Vehicle

Abbildungsverzeichnis

2.1. Darstellung zur Beschreibung von Verkehrssicherheit und -unsicherheit	6
2.2. Unfallentstehungsmodell	8
2.3. Anzahl der innerörtlichen Unfälle in Deutschland nach Unfallkategorie	12
2.4. Anzahl der Unfälle innersorts nach Art der Verkehrsbe teiligung	14
2.5. Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Geradausfahren und Rechtsabbiegen	20
2.6. Unfalltyp 2 Abbiege-Unfall	22
2.7. Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall	24
2.8. Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall mit Radfarerbeteiligung	25
2.9. Risikoverteilung auf Unfalltypen.	27
2.10. Vier-Felder-Tafel zur Veranschaulichung der Berechnung des Relativen Risikos .	28
2.11. Risikograph nach DIN V 1925	29
2.12. ASIL Bestimmung nach ISO 26262	30
3.1. Bewertungsskala zur Klassifizierung von Unfällen im urbanen Raum	38
3.2. Bewertungsdiagramm mit Risikoäquivalenten bei gleichmäßiger Verteilung der Häufigkeiten	39
3.3. Bewertungsdiagramm mit Risikoäquivalenten bei ungleichmäßiger Verteilung der Häufigkeiten	39
4.1. Häufigkeit des Unfallmoduses	43
4.2. Kreuzung Rheinstraße/Leopoldstraße	45
4.3. Kreuzungen mit eigener Signalisierung für Links- bzw. Rechtsabbieger	45
4.4. Einmündung Leopoldstraße/Ungererstraße	46
4.5. Einmündungen mit eigener Signaphase für Abbieger	46
4.6. Unfalltyp der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	48
4.7. Unfallart der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	49
4.8. Beteiligungsart der Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	50
4.9. Unfälle bei denen Abbiegefehler nach rechts bzw. links in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	51
4.10. Unfallmodus bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	51
4.11. Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	52

Abbildungsverzeichnis

4.12. Unfälle durch Fehler beim Linksabbiegen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	53
4.13. Linksabbiegeunfälle an Knotenpunkten ohne (links) und mit (rechts) eigener Signalisierung, die in den Jahren 2013 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	54
4.14. Zeitliche Verteilung der Unfälle mit Unfalltyp 6 in den Jahren 2012 bis 2016 innerhalb des Testgebiets	55
4.15. Unfallursachen, die Unfällen im Längsverkehr innerhalb des Testgebiets zugeordnet wurden	56
4.16. Schwere der Unfälle, bei denen als Unfallursache Ungenügender Sicherheitsabstand bzw. Fehler beim Spurwechsel angegeben wurden	57
4.17. Parken in zweiter Reihe auf der Ungererstraße, zum Be- bzw. Entladen	58
4.18. Beteiligung von motorisierten und ungeschützten Verkehrsteilnehmern an Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	60
4.19. Schwere der Verletzungen von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	61
4.20. Schwere der Verletzungen von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	61
4.21. Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	62
4.22. Unfallart bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Angabe der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	63
4.23. Unfälle mit Fahrradbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	64
4.24. Konfliktpunkt an der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße mit eingefärbter Radverkehrsanlage	65
4.25. Unfallursachen durch falsches Verhalten der Fußgänger mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	66
4.26. Verletzungen, die durch Unfälle mit Angabe der Ursache 64 bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	66
4.27. Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	67
4.28. Besonderheiten der Unfallstelle mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	68
4.29. Ausfahrt Aral Tankstelle und Einmündung Lyonel-Feininger-Straße	69
4.30. Allgemeine Unfallursachen mit Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden	70
4.31. Bewertung anhand der während der Unfallaufnahme zugeordneten Unfalltypen	72
4.32. Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen mit Kleinunfällen	73
4.33. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 1 zugeordnet wurde .	74

Abbildungsverzeichnis

4.34. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 2 zugeordnet wurde	75
4.35. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 3 zugeordnet wurde	76
4.36. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 4 zugeordnet wurde	76
4.37. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 5 zugeordnet wurde	77
4.38. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde	78
4.39. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 7 zugeordnet wurde	79
4.40. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 141	90
4.41. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 342	91
4.42. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 501	92
4.43. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 701	93
 5.1. Klassifikation von Assistenzsystemen im Hinblick auf ihre Funktionalität auf der Stabilisierungs- und Führungsebene	99
5.2. Wirkung der Fahrzeugautomatisierung	101
 A.1. Darstellung der Teststrecke, markiert sind die Knotenpunkte, die bei der Analyse berücksichtigt wurden	119
B.1. Bestimmung der Risiko-Kategorie anhand der Eintrittswahrscheinlichkeit und Unfallschwer	120
C.1. Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen ohne Typ 6 bei den Kleinunfällen	123
C.2. Ausschnitt aus der Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde	124
D.1. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 211	125
D.2. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 224	126
D.3. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 243	126
D.4. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 244	127
D.5. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 623	127
D.6. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 631	128
D.7. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 641	128
D.8. Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 651	129

Tabellenverzeichnis

2.1. Kategorisierung nach DIN V 19250	29
2.2. Klassifizierung der Gefährdungen nach ISO 26262	30
3.1. Eintrittswahrscheinlichkeit der Unfälle im Testgebiet bei der Betrachtung von Unfalltypen und Feintypen	37
4.1. Unfälle mit Personenschaden	42
4.2. Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden	42
4.3. Kleinunfälle der Jahre 2012 bis 2016 auf den drei Straßen im Testgebiet	43
4.4. Analyse der Teststrecke im Münchener Norden	44
4.5. Verkehrsstärken an ausgewählten Linksabbiegestreifen im Testgebiet	54
5.1. Benennung und Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen	96
5.2. Stärken und Schwächen von Mensch und Maschine	101
5.3. Cluster zum Vergleich zwischen meschl. und automatisierten Fahrsituationen .	102

Anlagenverzeichnis

A. Übersichtskarte	118
B. Häufigkeiten der Feintypen	120
C. Bewertungsdiagramme	123
D. Heatmaps	125

A. Übersichtskarte

A. Übersichtskarte

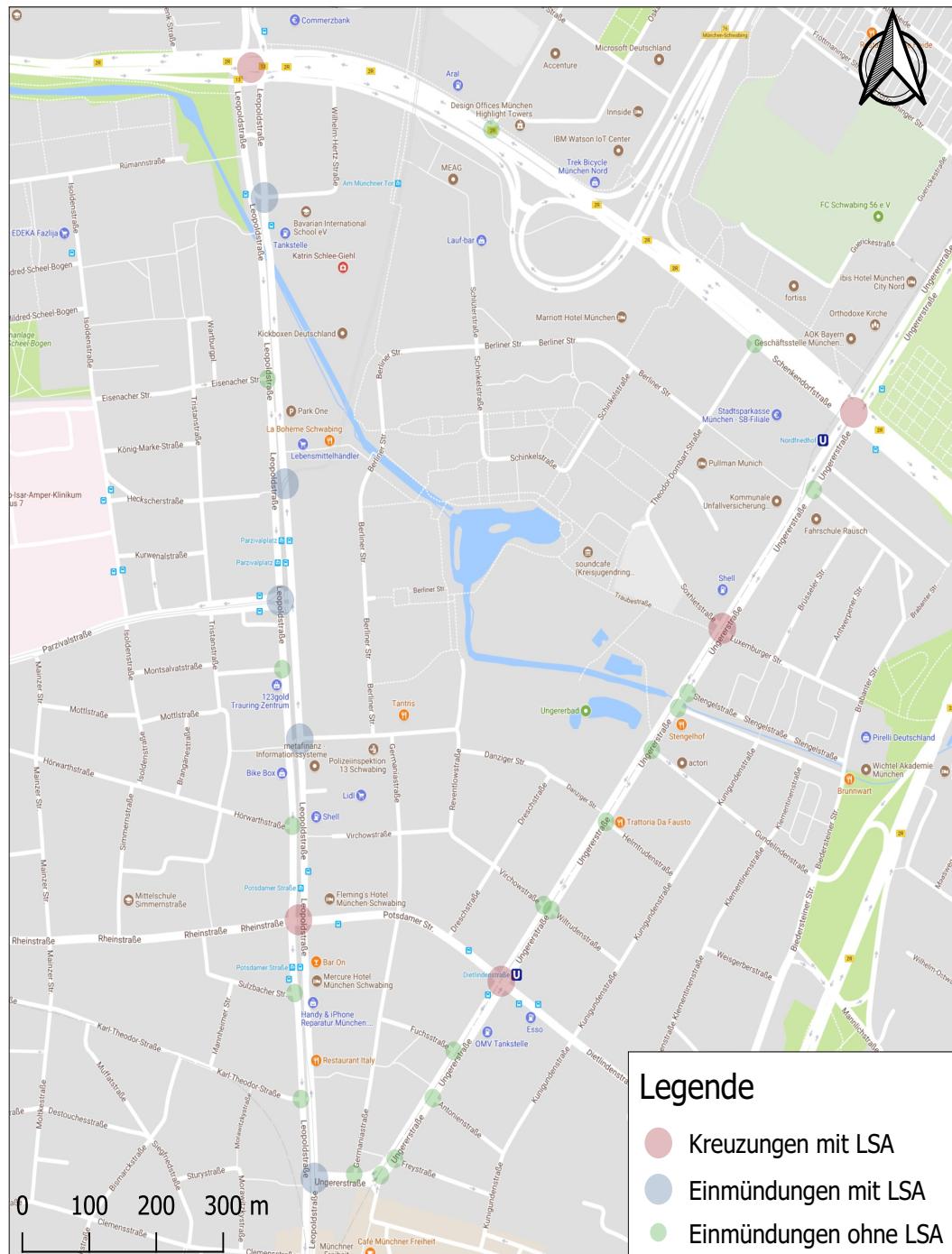


Abbildung A.1.: Darstellung der Teststrecke, markiert sind die Knotenpunkte, die bei der Analyse berücksichtigt wurden

B. Häufigkeiten der Feintypen

Abbildung B.1 stellt die Risiko-Kategorien und Unterteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit der Feintypen in vier Bereiche dar. Den Risiko-Kategorien wurden verschiedene Farben zugeordnet. Diese vereinfachen die Zuordnung der Feintypen.

	sehr selten	selten	oft	sehr oft	
K	-	a	b	c	sehr selten: 0 % < 0,5 %
S	a	b	c	d	selten: 0,5 % < 1,5 %
lvl	b	c	d	e	oft: 1,5 % < 3 %
svl	c	d	e	f	sehr oft: 3 % < 8 %
tot	d	e	f	g	

Abbildung B.1.: Bestimmung der Risiko Kategorie anhand der Eintrittswahrscheinlichkeit und Unfallschwere

Die folgende Tabelle stellt die berechneten Häufigkeiten der einzelnen Feintypen, je nach Schweregrad, dar. Sie wurden nach dem Vorgehen in Kapitel ?? bestimmt. Damit die Risiko-Kategorie direkt abgelesen werden kann wurden die Bereiche farblich markiert. Die höchste Risiko-Kategorie, welche innerhalb eines Feintyps auftritt, ist maßgebend. Die Feintypen selbst wurden mit der Farbe der maßgebenden Kategorie markiert. Die hier berechneten Häufigkeiten werden in den Diagrammen in Kapitel 4.4.2 verwendet.

B. Häufigkeiten der Feintypen

Schwere \	K	S	lvl	svl	tot
101	0,056	0	0	0	0
102	0,225	0	0	0	0
109	0	0	0,056	0	0
121	0,112	0,169	0	0	0
122	0,056	0,112	0	0	0
141	0,731	0,112	0,675	0,225	0
153	0,056	0	0,056	0	0
173	0	0	0,056	0	0
183	0,056	0	0,281	0,056	0
201	0,562	0,056	0	0	0
202	0,337	0	0	0	0
211	0,056	1,349	0,956	0,056	0
212	0,056	0,225	0	0	0
221	0	0	0,056	0	0
223	0	0	0,112	0	0
224	0	0,056	0,562	0,056	0
225	0	0,225	0,112	0	0
229	0	0	0,056	0	0
231	1,237	0	0	0	0
232	0,225	0,112	0,056	0	0
242	0	0	0,056	0	0
243	0,056	0,393	1,237	0,112	0
244	0	0,112	0,562	0,169	0
251	1,686	0,618	0	0	0
252	0,675	0,225	0	0	0
259	0,169	0,112	0	0	0
281	0,056	0	0	0	0
301	0,056	0,337	0,225	0	0
303	0,618	0,393	0,169	0	0
321	0,056	0,281	0	0	0
322	0,225	0,393	0,056	0	0
341	0,169	0	0,169	0	0
342	0,112	0	0,675	0,056	0
344	0	0	0,112	0	0
349	0,112	0	0,337	0,056	0
372	0	0,056	0	0	0
401	0	0	0,225	0,056	0,056
404	0	0	0,056	0	0
421	0	0	0,337	0,056	0
422	0	0	0,056	0	0
423	0	0	0,056	0	0
501	3,148	3,485	0,056	0	0
502	0,281	0,112	0	0	0
541	0,169	0,056	0	0	0
551	0,843	0	0,112	0	0
581	0,899	0,056	0	0	0
593	0,056	0	0	0	0

B. Häufigkeiten der Feintypen

594	0,562	0,112	0	0	0
601	0,506	0,169	0,225	0	0
602	0,506	0,056	0,225	0	0
603	0,056	0,112	0,112	0	0
609	4,328	0	0	0	0
611	0,787	0,056	0,337	0	0
612	0,843	0,056	0,393	0	0
613	0,169	0	0,112	0	0
619	4,047	0	0	0	0
621	0,618	0,169	0,169	0	0
623	5,228	0,506	0,899	0	0
631	7,083	1,405	0,337	0	0
632	0,056	0	0	0	0
633	0,112	0,112	0	0	0
634	0	0,112	0	0	0
635	0,056	0,056	0	0	0
641	5,79	0,899	0,337	0	0
642	0,056	0	0	0	0
643	0,056	0,112	0,056	0	0
644	0,056	0	0,056	0	0
646	0,056	0,112	0	0	0
651	4,384	0,899	0,169	0,056	0
672	0	0	0,169	0	0
681	0,225	0	0,225	0,112	0
63/64	6,633	0,281	0,169	0	0
701	4,272	1,686	0	0	0
702	0	0,056	0	0	0
703	2,642	0,731	0,112	0	0
711	1,349	0,225	0,056	0	0
712	0,169	0	0	0	0
713	0	0	0,169	0	0
714	0	0	0,056	0	0
715	0,056	0,056	0,056	0	0
719	0	0,112	0	0	0
721	0,112	0,169	0,056	0	0
722	0	0,225	0	0	0
723	0,056	0,056	0,056	0,056	0
731	0	0,056	0	0	0
742	0	0,056	0	0	0
751	0,056	0	0	0	0
753	0,056	0	0	0	0
763	0	0	0,056	0	0
799	1,967	1,518	0,056	0	0
ohne Feintyp	0,675	0,112	0,45	0,056	0
Summe	66,774	19,327	12,643	1,178	0,056

C. Bewertungsdiagramme

Abbildung C.1 stellt einen Ausschnitt der Abbildung 4.32 in den Häufigkeitsbereichen 0 % bis 11 % dar. Die Häufigkeiten der Unfalltypen, bei denen es zu einem Kleinunfall, schwerwiegendem Sachschaden im engeren Sinne oder einer leichten Verletzung kam sind so deutlicher zu erkennen. Ein weiterer Ausschnitt in derselben Abbildung verdeutlicht die Häufigkeiten der Unfalltypen bei denen Personen schwer verletzt wurden.

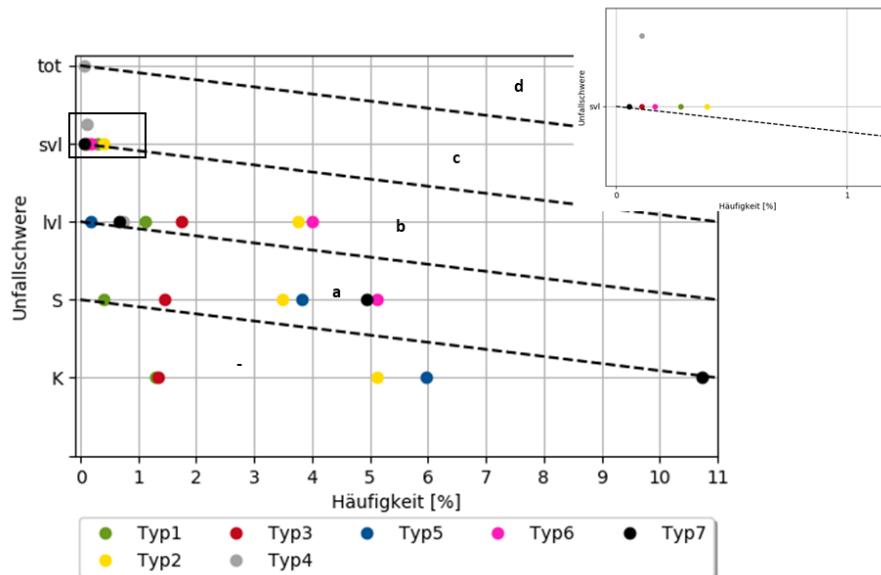


Abbildung C.1.: Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen ohne Typ 6 bei den Kleinunfällen

C. Bewertungsdiagramme

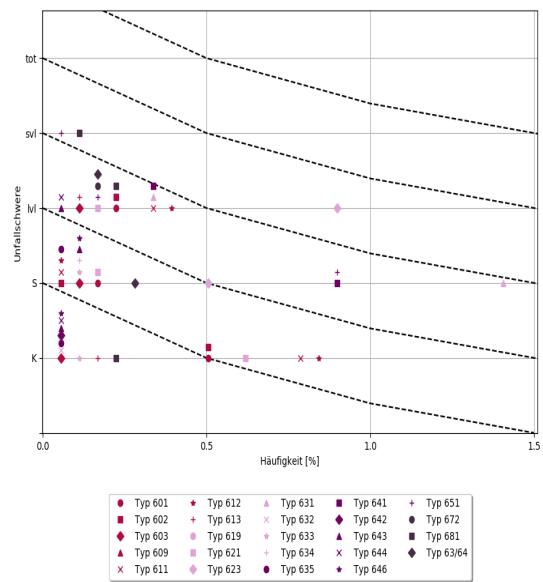


Abbildung C.2.: Ausschnitt aus der Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde

D. Heatmaps

In diesem Kapitel werden Heatmaps der Feintypen 211, 224, 243, 244, 623, 631, 641 und 651 dargestellt. Anhand der Heatmaps können Bereiche oder Punkte innerhalb des Testgebiets ausfindig gemacht werden, in bzw. an denen es besonders häufig zu Unfällen mit den oben genannten Feintypen kam. Alle Heatmaps der Feintypen, denen die Risiko-Kategorie c oder d zugeordnet wurde sind als html-Datei auf der angehängten CD zu finden. Die Darstellung in einer interaktiven Karte ermöglicht es auffällige Stelle, indem man sie vergrößert, genauer zu betrachten.

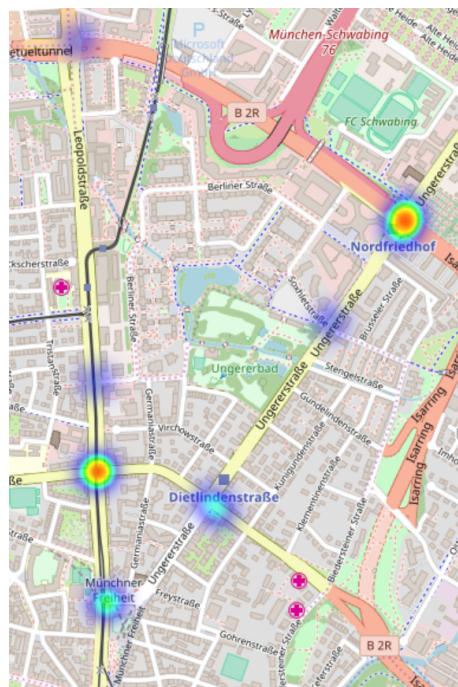


Abbildung D.1.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 211

D. Heatmaps

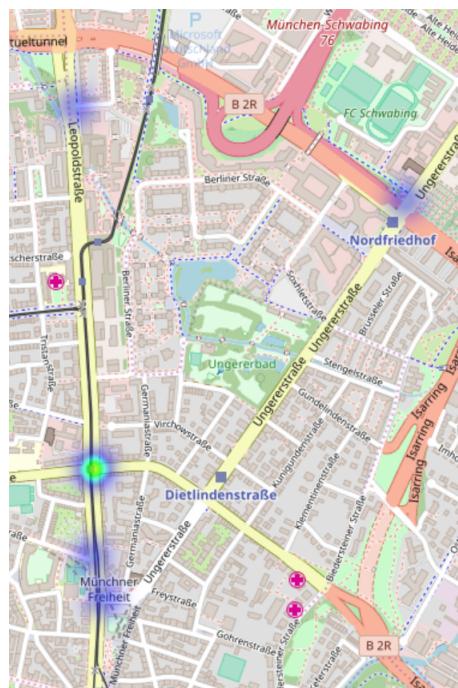


Abbildung D.2.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 224

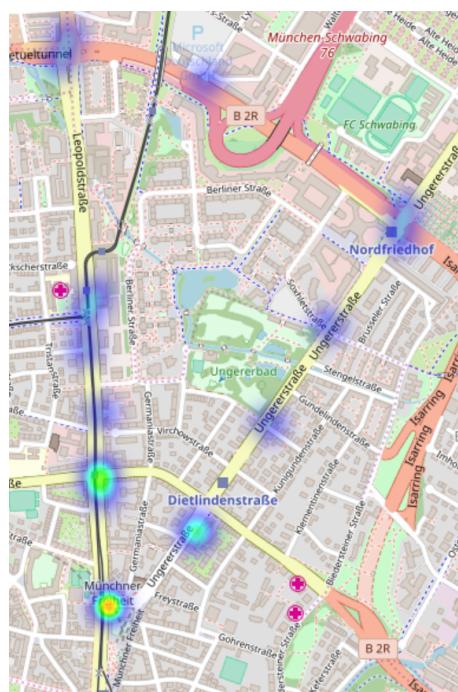


Abbildung D.3.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 243

D. Heatmaps

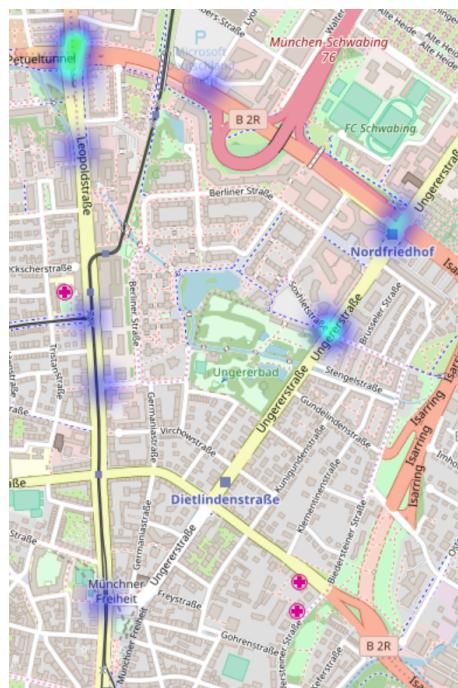


Abbildung D.4.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 244



Abbildung D.5.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 623

D. Heatmaps

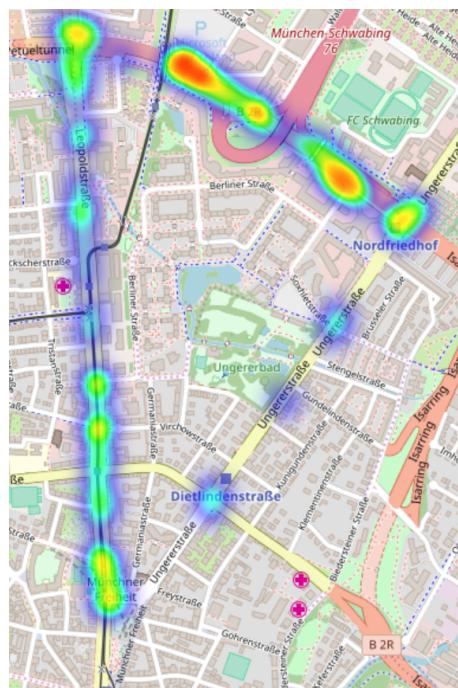


Abbildung D.6.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 631

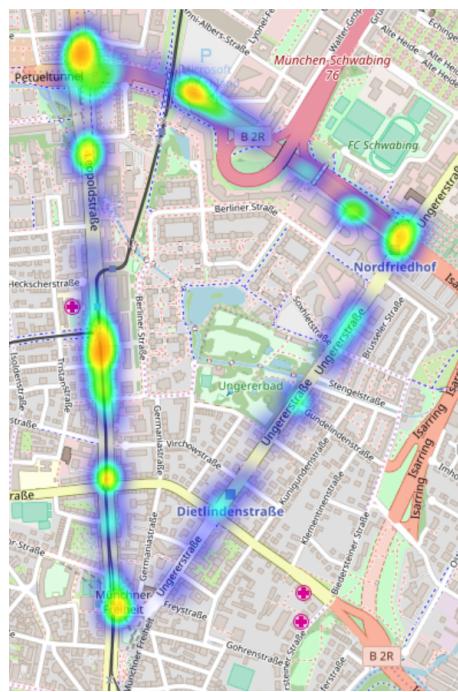


Abbildung D.7.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 641

D. Heatmaps

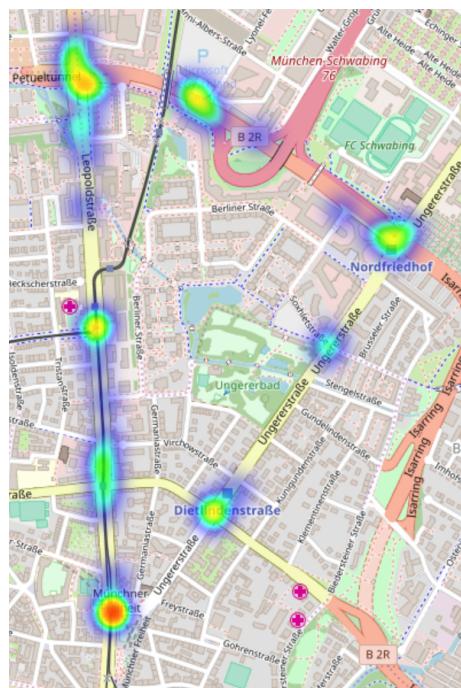


Abbildung D.8.: Heatmap der Unfälle mit dem Feintyp 651

Erklärung zur Master's Thesis

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