



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

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Zielstellung . . . . .	2
1.3. Struktur der Arbeit . . . . .	2
<b>2. Grundlagen</b>	<b>4</b>
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 . . . . .	14
2.2.5. Häufige Unfallursachen innerhalb geschlossener Ortschaften . . . . .	15
2.3. Menschliches Verhalten im Straßenverkehr . . . . .	16
2.3.1. Der Mensch als Fahrzeugführer . . . . .	16
2.3.2. Fehler des Menschen bei der Verkehrsbeteiligung . . . . .	17
2.4. Urbane Fahrsituationen und ihre Sicherheitsbewertung . . . . .	19
2.4.1. Konfliktpunkte an Knotenpunkten . . . . .	19
2.4.2. Urbane Fahrsituationen mit geringen Geschwindigkeiten . . . . .	23
2.4.3. Konfliktpunkte zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern . . . . .	24
2.4.4. Konflikte außerhalb von Knotenpunkten . . . . .	25
2.4.5. Konfliktpunkte bei Nacht . . . . .	26
2.5. Ansätze zur Bewertung von Fahrsituationen . . . . .	26
2.5.1. Risikoverteilung auf Unfalltypen . . . . .	26
2.5.2. Relatives Risiko . . . . .	27
2.5.3. Risikograph . . . . .	28
2.5.4. Gefährdungs- und Risikoanalyse . . . . .	28
2.5.5. Konfliktschweregrade und Komplexität von Verkehrssituationen . . . . .	30
2.6. Weiterer Forschungsbedarf . . . . .	31

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>3. Methodik</b>	<b>33</b>
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
<b>4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets</b>	<b>41</b>
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 . . . . .	66
4.3.7. Besonderheiten der Unfallstelle . . . . .	69
4.3.8. Einfluss allgemeiner Unfallursachen . . . . .	71
4.4. Bewertung der Unfälle im Testgebiet . . . . .	72
4.4.1. Bewertung der Unfälle mit zugeordnetem Unfalltyp . . . . .	73
4.4.2. Bewertung der typisierten Unfälle . . . . .	74
4.5. Bewertung urbaner Fahrsituationen anhand der Feintypen . . . . .	81
4.5.1. Zuordnung mit Hilfe der aufgenommenen Fahrsituationen und den Kurzsachverhalten . . . . .	81
4.5.2. Zuordnung mir Hilfe von Heatmaps . . . . .	85
4.6. Unfallhäufungsstellen/Unfallschwerpunkte . . . . .	85
4.7. Zwischenfazit . . . . .	85
<b>5. Abgleich der Sicherheitsrelevanz von Fahrsituationen für menschliche Fahrer mit denen für automatisierte Fahrzeuge</b>	<b>86</b>
5.0.1. Rechtlichehintergründe . . . . .	91
<b>6. Fazit und Ausblick</b>	<b>92</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>93</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>96</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>97</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>100</b>

## Inhaltsverzeichnis

---

**Anhang**

**101**

# 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 nehmen. Bereits vorhandenen 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 komplexeren Situationen, im Vergleich zu Situationen auf Autobahnen und Landstraßen, häufiger zu Unfällen. Die Vision Unfälle komplett zu verhindern zu können existiert schon lange. Die Entwicklung automatisierte 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. Die Urbanisierung 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 seriенreifen 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 dieser Arbeit ist die Bewertung unterschiedlicher Fahrsituationen auf einer Testroute im Münchener 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 menschliche Reaktionen und Handlungen im

## 1. Einleitung

---

Straßenverkehr berücksichtigt. Da urbane Fahrsituationen ein hohes Unfallpotenzial bieten werden diese noch detaillierter betrachtet, bevor 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 (statische) Risiko* der Wahrscheinlichkeit in einen Unfall verwickelt zu sein, das *Subjektive Risiko* gibt an, wie der Fahrer es selbst abschätzt in einen Unfall verwickelt zu werden und das *Gefühlte Risiko* gibt Auskunft darüber, wie der Fahrer die Bedrohlichkeit emotional beurteilt [FULLER, 2005, S. 461f].

#### 2.1.2. Gefahr

Gefahr beschreibt einen Zustand oder Vorgang aus dem ein Schaden für Personen und/oder Sachgüter zwangsläufig oder zufällig entsteht, ohne das ausreichende Gegenmaßnahmen

## **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 Fahrerassistenzsystem (FAS) wird der Fokus vermehrt auf aktive Maßnahmen gelegt. Zu den aktiven Maßnahmen gehören jedoch nicht nur Neuerungen am Fahrzeug und unterstützende Systeme, sondern auch die entsprechende

## 2. Grundlagen

Schulung der Verkehrsteilnehmer z.B. mit Fahrsicherheitstrainings oder eine entsprechende Gestaltung der Verkehrswege um Unfallschwerpunkte zu vermeiden.

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

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

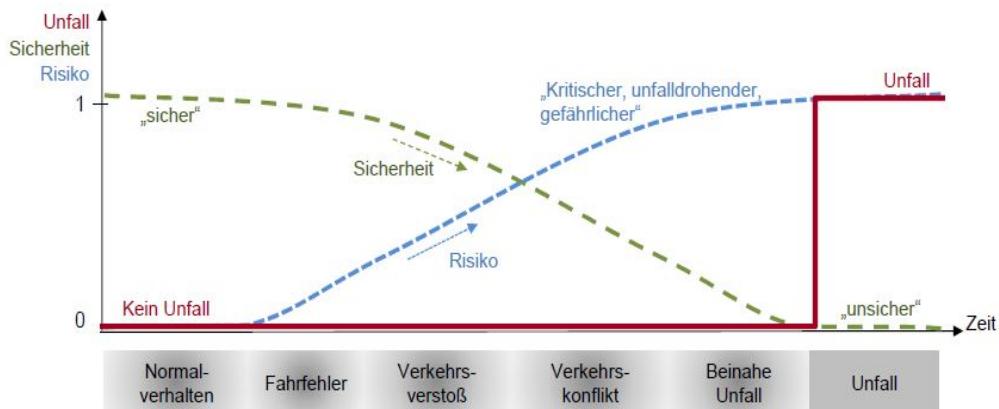


Abbildung 2.1.: Darstellung zur Beschreibung von Verkehrssicherheit und -unsicherheit [HOFFMANN, 2013, S. 10]

### 2.1.4. Verkehrssituation

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

REICHART [2001, S.43] gibt verschiedene Perspektiven auf Situationen im Straßenverkehr an. Neben der Verkehrssituation unterscheidet er zwischen Fahrsituation und Fahrersituation. Unter dem Begriff „Verkehrssituation“ versteht man die objektiv gegebene räumliche und zeitliche Konstellation der verkehrsbezogenen Einflussgrößen der Umgebung aus der Perspektive des Verkehrsteilnehmers. Hierunter sind z.B. Umfeldgegebenheiten, wie die Art der Verkehrsregelung, die Gestaltung der Fahrbahn oder die Art des Knotenpunktes zu verstehen. Die „Fahrsituation“ beschreibt den aus Fahrersicht prinzipiell wahrnehmbaren Ausschnitt der

## 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 (Warte-pflichtig oder Vorfahrtsberechtigt) betrachtet. Unter der „Fahrersituation“ ist die tatsächlich vom Fahrer wahrgenommene Sichtweise auf die Fahr- und Verkehrssituation zu verstehen. Die Art der Fahrersituation wird stark von den momentanen physischen und psychischen Eigenschaften des Fahrers bestimmt. Im Hinblick auf die folgende Auswertung der Unfalldaten sind vor allem die Begriffe Verkehrssituation und Fahrsituation wichtig. Sie können bei der Einordnung und Klassifizierung der verschiedenen Unfällen hilfreich sein. Die vorliegenden Daten geben leider keine Auskunft über bestimmte Eigenschaften des Fahrers vor dem Unfall, es ist z.B. nicht bekannt ob er durch die Nutzung eines Handys abgelenkt war. Deshalb wird auf diese Situation im Folgenden nicht näher eingegangen.

### **Kritische Verkehrssituationen**

„Eine kritische Verkehrssituation ist eine Verkehrssituation, bei der ein Eingreifen notwendig wird um die Gefahr eines Verkehrsunfall auszuschließen oder zumindest zu vermindern“ [MOCK-HECKER, 1994, S. 4]. Hierbei kann die kritische Situation nicht allein an 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 Fahrzeuge und Hindernis kommt oder ein definierter Mindestabstand zwischen Fahrzeug und Hindernis unterschritten wird, ohne dass es zur Kollision kommt. Die Gefährlichkeit einer Verkehrssituation kann durch die Kritikalität beschrieben werden. Die Grundlage zur Beurteilung der Kritikalität stellen meist zeitliche Größen dar [GERSTENBERGER, 2015, S. 39]. Kritische Fahrmanöver sind Bremsen, Beschleunigen und Ausweichen bzw. eine Kombination aus diesen drei Fahrmanövern. Je kürzer die Zeit für ein kritisches Fahrmanöver, desto schwerer der Konflikt [ERKE et al., 1978, S. 26].

### **Komplexe Verkehrssituationen**

Die Komplexität einer Verkehrssituation kann als Zusammensetzung aus den Anforderungen an die Informationsverarbeitung des Fahrers und den Anforderungen aus der Fahrzeugbedienung beschrieben werden. Bei einer innerstädtischen Kreuzung mit einer Lichtsignalanlage ist

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

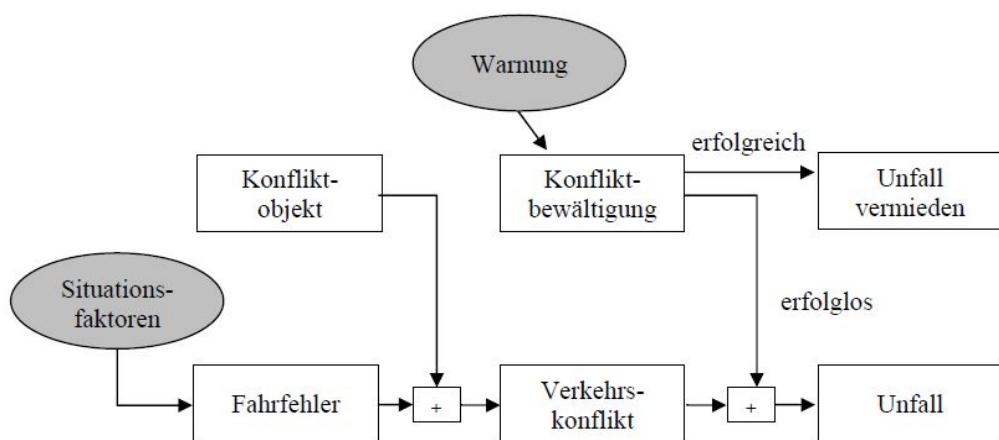


Abbildung 2.2.: Unfallentstehungsmodell [FRICKE et al., 2006, S. 44]

Um den Ablauf eines Verkehrsunfalls zu beschreiben werden oft der Unfalltyp und die Unfallart verwendet. Darüber hinaus ist die Unfallursache ein weiteres wichtiges 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 Abgelenkt sein dar, als Nebenursache kann z.B. die Eile oder Stimmung des Verkehrsbeteiligten genannt werden [GRÜNDL, 2005, S. 65-72].

### **2.1.6. Unfallschwerpunkte/Unfallhäufungen**

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

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

### **2.1.7. Begriffe der Unfallaufnahme**

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

#### **Unfalltyp**

Der Unfalltyp beschreibt im Allgemeinen die Konfliktsituation, die zum Entstehen des Unfalls geführt hat, d.h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Art der 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

## **2. Grundlagen**

---

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

### **Unfallart**

„Die Unfallart beschreibt 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 Unfallursache genannt. Bei den Beteiligten sind bis zu drei Angaben möglich [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 12].

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

### **Unfallbeteiligte**

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

### **Unfallfolgen**

Bei den Unfallfolgen wird häufig zwischen Unfällen mit 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 an den Unfallfolgen starben, Schwerverletzt sind Personen, die unmittelbar zur stationären

## 2. Grundlagen

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 mit Lkws [BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR, 2017, S. 150]. Die Versicherungswirtschaft hingegen gibt ca. 9.247.000 Kfz-Schäden pro Jahr an [BURG et al., 2017, S. 27]. Es werden also viele Unfälle, bei denen wahrscheinlich größtenteils nur kleine Schäden entstanden, nicht polizeilich aufgenommen. Bei sämtlichen Statistiken sollte daher bei der Betrachtung und Analyse immer berücksichtigt werden, dass es eine gewisse Dunkelziffer gibt, über die keine Informationen vorliegen.

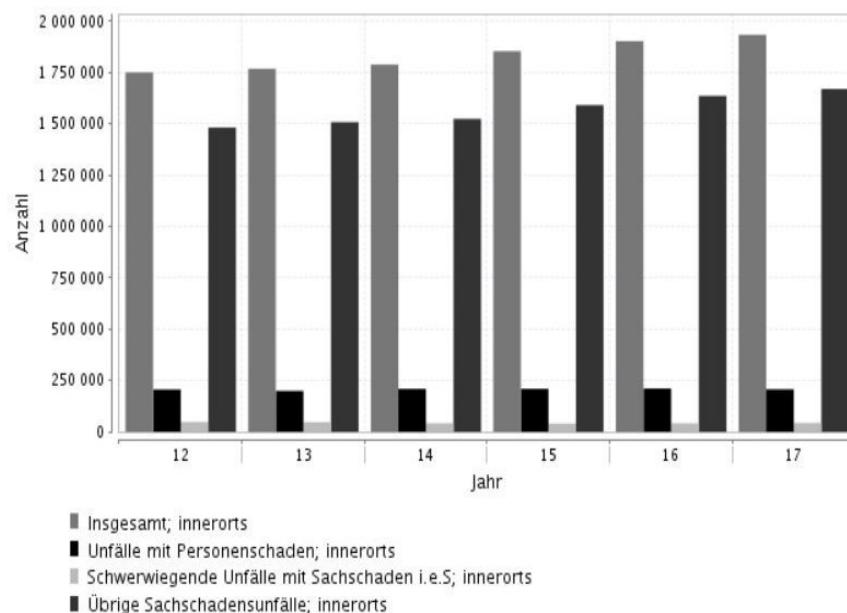
## 2. Grundlagen

Als erster Schritt für die Gruppierung von Unfällen, hinsichtlich des Unfallhergangs, eignen sich die dreistelligen Kodierungen des Unfalltypenkatalogs der GDV [VOLLRATH et al., 2006, S. 18]. Die Unterteilung der Unfälle in Feintypen wird später zur Bewertung der Fahrsituationen herangezogen. Um einen ersten Überblick über diese zu bekommen, werden einige bereits in den folgenden Kapiteln eingeführt.

### **2.2.1. Unfälle im urbanen Raum**

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

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



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

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

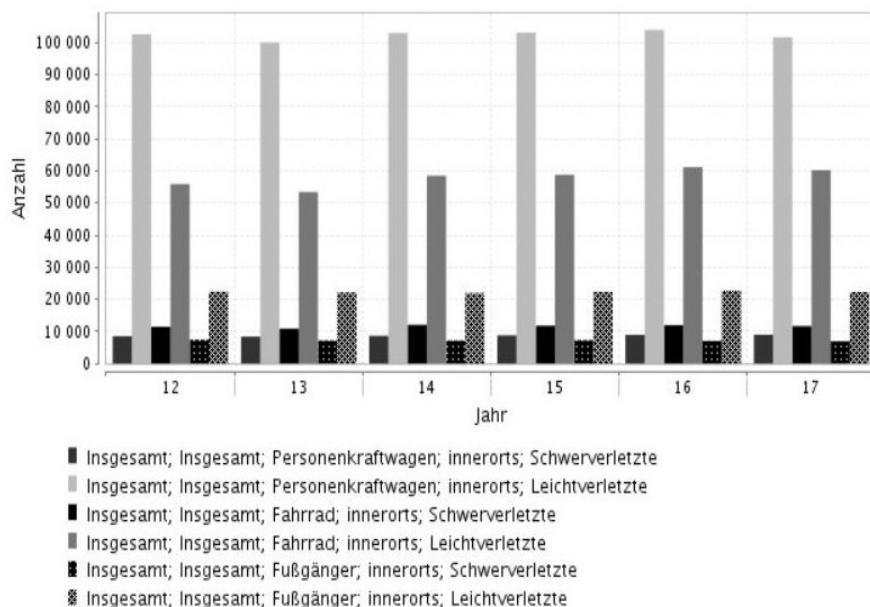
Im Jahr 2016 wurden 1,9 Mio. Unfälle von der Polizei im urbanen Raum erfasst. Hierbei kam es bei ca. 11 % zu Unfällen mit Verletzten, dabei wurden 13,8 % schwer und 85,8 % der Verunglückten leicht Verletzt. Ca. 2 % machten schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden aus. Im Vergleich zum Jahr 2012 ist die Anzahl an Unfällen mit leicht Verletzten gestiegen, während

## 2. Grundlagen

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



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

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

Pkw-Fahrer sind nicht nur häufig an Unfällen mit Personenschaden beteiligt, sie sind auch in

## **2. Grundlagen**

---

mehr als der Hälfte der Fälle die Hauptverursacher. Auffällig oft sind auch Fahrradfahrer mit ca. 16 % Hauptverursacher, während Fußgänger sehr selten die Unfallschuld tragen (4 %) [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018d, S. 105]. In Abschnitt 2.2.5 werden Ursachen, welche zu Unfällen führen genauer betrachtet. Hierbei liegt der Fokus auf den Fehlern der Fahrzeugführer, da sie Hauptverursacher vieler Unfälle sind. Zu den Fahrzeugführern zählen auch Fahrradfahrer, lediglich das falsche Verhalten der Fußgänger wird extra betrachtet.

### **2.2.3. Innerorts auftretende Unfalltypen und Unfallarten**

Am häufigsten kam es 2016 bei Einbiege-/Kreuz-Unfällen, gefolgt von Unfällen im Längsverkehr zu Personenschäden. Am dritt häufigsten 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 Schachsschäden berücksichtigt werden machte der Typ Unfall durch ruhenden Verkehr die geringste Anzahl aus [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017, S. 68]. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass es innerorts auch im Ruhenden Verkehr häufig zu Unfällen kommt, diese jedoch meist nur zu geringem Sachschaden führen. Diese Unfälle werden selten detailliert in den Statistiken berücksichtigt, da die Dunkelziffer nicht bei der Polizei gemeldeter Unfälle zu hoch ist. Des Weiteren gibt es noch die Unfalltypen Fahrunfall und Sonstiger Unfall. Fahrunfälle machen ca. 11 %, Sonstige Unfälle ca. 13 % der Unfälle mit Personenschäden 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 Personenschäden 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 Personenschäden 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

## 2. Grundlagen

neben der Fahrbahn häufiger zu Unfällen kommt führt mit zur Annahme der *Hypothese 7* in Kapitel 3.1.

### **2.2.5. Häufige Unfallursachen innerhalb geschlossener Ortschaften**

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

Das Fehlverhalten von Radfahrern steht an zweiter Stelle. 19 % der Unfälle mit Personenschaden wurden 2016 durch Fehler von Radfahren verursacht. Die am häufigsten genannte Unfallursache, bei der Unfallaufnahme durch die Polizei, war „Andere Fehler der Fahrer“ sie machte allein 32 % aus. An zweiter Stelle wurde die Ursache „Falsche Straßenbenutzung“ mit 23 % am häufigsten genannt. Oft erwähnt wurde, mit ca. 14 %, auch der Fehler „Verbotswidrige Benutzung der Fahrbahn oder anderer 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. Am mit Abstand meisten Unfälle ereigneten sich, wenn Fußgänger die Fahrbahn überquerten ohne dabei auf den Fahrzeugverkehr zu achten. Unfall anfällig war auch das plötzliche hervortreten hinter Sichthindernissen. Häufig kam es auch zu falschem Verhalten an Stellen, an denen der Fußgängerverkehr durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen geregelt war [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 304]. Hierbei war vor allem das überqueren einer Fußgängerampel bei rot von Bedeutung [SCHREIBER, 2014, S. 222]. Diese Zahlen tragen mit zur Annahme der *Hypothese 8* in Kapitel 3.1 bei. Weitere 12 % der Unfallursachen wurden ähnlich wie bei den Pkw- und Radfahrern durch „Andere Fehler“ angegeben [STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018c, S. 304].

Unfälle können jedoch nicht nur von Fahrzeugführern oder Fußgängern verursacht werden sondern auch durch allgemeine Ursachen. Hierzu zählen Straßenverhältnisse, Witterungseinflüsse, Hindernisse und sonstige Unfallursachen. Die meisten Unfallursachen wurden 2016 in

## 2. Grundlagen

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

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

### **2.3. Menschliches Verhalten im Straßenverkehr**

Wie bereits erwähnt wird die Mehrheit der Unfälle durch menschliche Fehler ausgelöst. Um zu verstehen, wie es zu Fehlern im Straßenverkehr kommt, müssen zunächst die Aufgaben betrachtet werden, die ein Fahrer bei der Fahrzeugführung erfüllen muss. Zusätzlich ist zu beachten, dass verschiedene Situationen, je nach Komplexität, zu einer unterschiedlich starken Belastung der Fahrer führen. Diese beiden Punkte sollen in Kapitel 2.3.1 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 Fahreranforderungen an den Menschen können durch das Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung beschrieben werden. Die drei Komponenten Navigation, Führung und Stabilisierung bilden das Modell und stellen unterschiedliche Anforderungen an den Fahrer. Die Aufgaben der drei Ebenen können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, da sie sich gegenseitig beeinflussen bzw. aufeinander aufbauen. Die Navigationsebene beinhaltet z.B. die Wahl der Fahrtroute um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Die Führungsebene umfasst dagegen für die Umsetzung der ausgewählten Route notwendigen Aufgaben (z.B. Abbiegen an einem Knotenpunkt) und auf der Stabilisierungsebene werden die Fahreranforderungen für die Längs- und Querführung des Fahrzeugs zusammengefasst (z.B. Lenk- und Bremsvorgänge) [GERTENBERGER, 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.

## **2. Grundlagen**

---

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 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. Es kann sich dabei um die Vernachlässigung oder Nicht-Ausführung bestimmter Fahraufgaben, Fehlanpassung der Manöver an die Fahrsituation, Fehlinterpretation der Fahrsituation, Fehleinschätzung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, das bewusstes Eingehen von Risiken und Verstößen oder die fehlerhafte Ausführung von Handlungen eignen

## 2. Grundlagen

[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 [GERTENBERGER, 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, der Unfallbeteiligte kann auch ein fehlerhaftes Verhalten aufweisen [GRÜNDL, 2005, S. 107].

Ein Unfall hat meist mehrere Ursachen, so dass eine eindeutige Zuteilung zu einer Kategorie sehr schwierig ist [GRÜNDL, 2005, S. 78]. Häufig wird auch von technischem Versagen der Fahrer-Fahrzeug Einheit gesprochen. Dadurch wird beiden Komponenten, dem Fahrer und dem Fahrzeug, ein Anteil an der Entstehung eines Unfalls zugeordnet. Das gilt auch für das Triple Fahrer-Fahrzeug-Umwelt. Aktuell wird der Fahrerkomponente der größte Anteil zugesprochen. Dieser könnte bei komplett automatisierten Fahrzeugen entfallen. Dafür müsste dann evtl. der neue Punkt der Fahrzeug-Umwelt Kommunikation ergänzt werden. Hier muss sich die Frage gestellt werden, ob dies zu vielen neuen Konfliktpunkten führt oder ob das Unfallrisiko verringert werden kann, wenn die Fahrerkomponente wegfällt [BOCK, 1989, S. 70]. Mit den Möglichkeiten die automatisierte Fahrzeuge mit sich bringen befasst sich Kapitel 5. „Laut German in Depth Accident Study (GIDAS)-Datenbank, einer von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) seit 1973 geführte Datenbank, in der Verkehrsunfälle vertieft untersucht werden, sind 93,5 % der Unfallursachen auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen“ [GRÜNDL, 2005, S. 10]. Die genauen Ursachen für dieses menschliche Fehlverhalten wurden bis jetzt jedoch schlecht untersucht. Häufig werden nur oberflächliche Zahlen analysiert. Es ist z.B. bekannt, dass der Fahrer die Vorfahrt missachtet hat und es deshalb zu einem Unfall kam, offen bleibt jedoch die Frage, warum es zu der Vorfahrtmissachtung 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. Vorfahrtmissachtung) oder nachgeprüft werden können (z.B. Alkohol) [GRÜNDL, 2005, S. 27]. Zudem werden Erkenntnisse, die sich erst

## 2. Grundlagen

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

## **2.4. 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 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.

## 2. Grundlagen

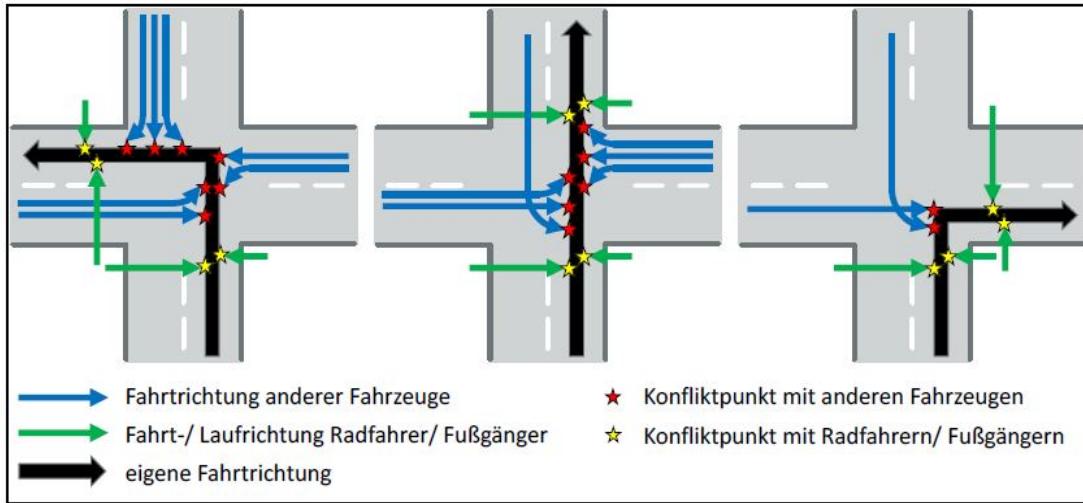


Abbildung 2.5.: Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Geradeausfahren und Rechtsabbiegen [GERSTENBERGER, 2015, S. 41]

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

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

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

## 2. Grundlagen

und Verlassen. Die Segmente werden hierbei in der genannten Reihenfolge durchfahren. Jede Teilaufgabe innerhalb eines Segments führt zu einer bewussten Entscheidung, hierbei können mögliche Fehlerquellen entstehen [GERSTENBERGER, 2015, S. 25].

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

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

## 2. Grundlagen

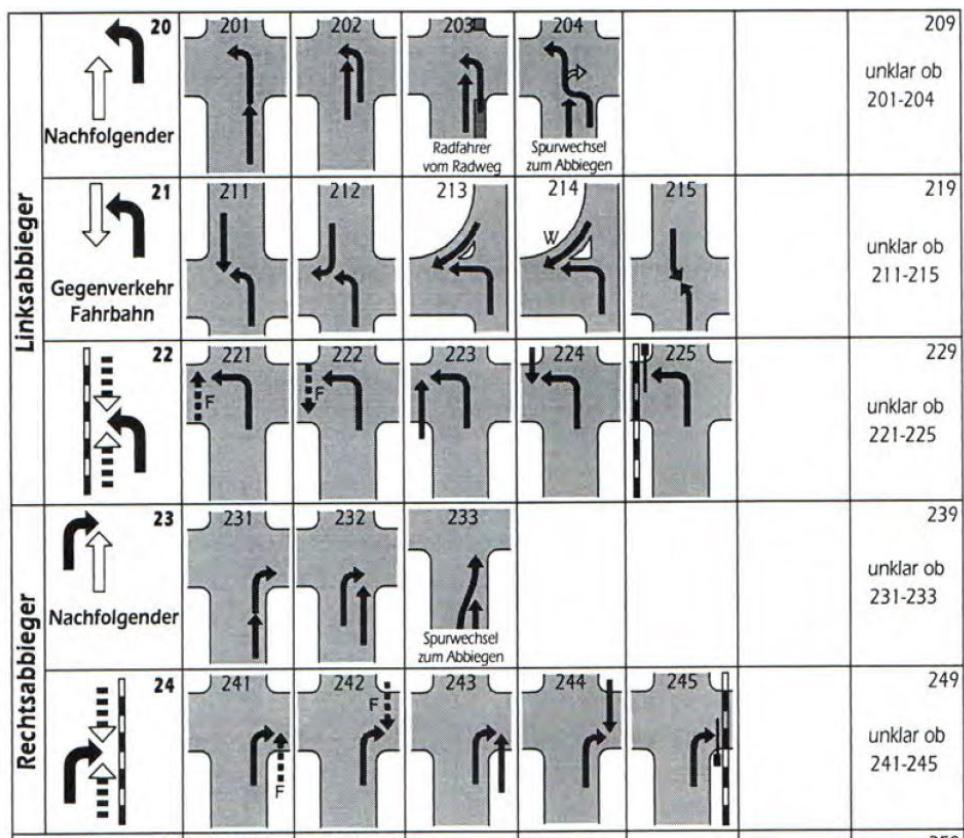


Abbildung 2.6.: Mögliche Unfalltypen beim Abbiegen [GESAMTVBAND DER DEUTSCHEN VER-  
SICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 11].

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 die oben genannten Konfliktpunkte zu reduzieren. Linksabbiegestreifen ohne eine eigene Signalphase tragen nicht zur Reduktion der Konfliktpunkte bei. Dies führt zur Annahme der Hypothese 2 in Kapitel 3.1. Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern können verringert werden, indem der Sichtkontakt zum Kraftfahrzeug gewährleistet wird. Ist dies nicht möglich können auch hier gesonderte Signalisierungen der Abbieger und Radfahrer/Fußgänger zum Einsatz kommen. Werden Radfahrer auf Radverkehrsanlagen in Nähe der Fahrbahn geführt kann der Sichtkontakt ebenfalls verbessert werden. Sobald Radwege eine Furtabsetzung, die größer als zwei Meter ist, haben kommt es zu Beeinträchtigungen der Sichtbeziehungen [SCHREIBER, 2016, S. 276f].

## 2. Grundlagen

### 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 warteplichtigen 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. Konflikttypen ereignen sich jedoch nicht nur mit dem Querverkehr sondern auch mit nachfolgenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen, Unfalltyp 201 und 202 in Abbildung 2.6.

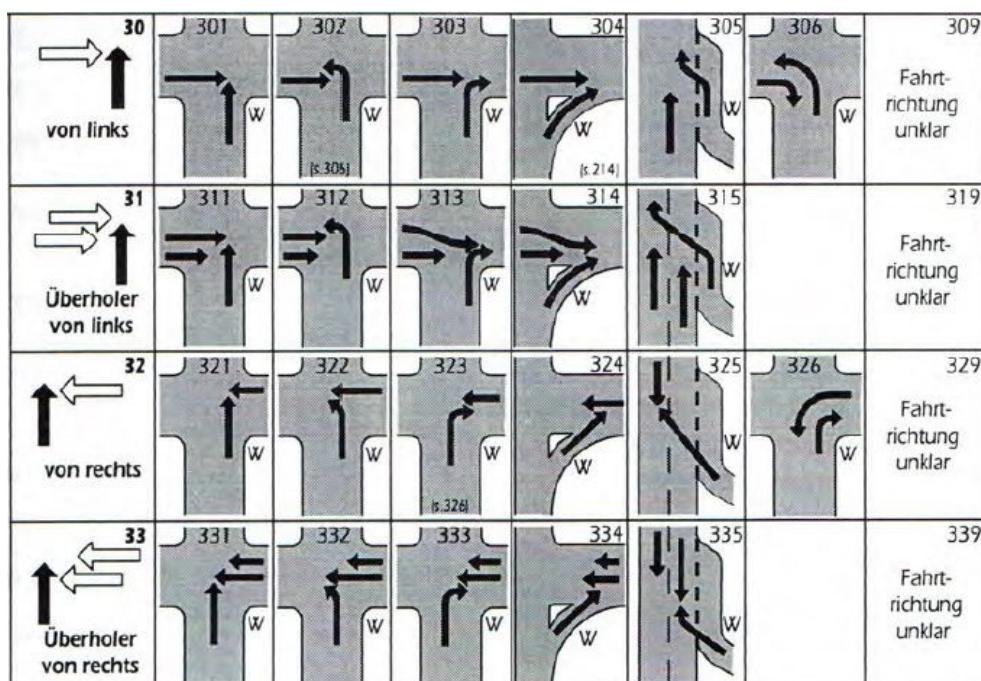


Abbildung 2.7.: Mögliche Unfalltypen beim Einbiegen/Kreuzen [GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 13]

### 2.4.2. 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 vorhandenen 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

## 2. Grundlagen

---

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 wird, sondern auch die Objektgröße und die Position des Objekts bzw. des Fahrzeugs mit dem es zu einem Konflikt kam [GSCHWENDTNER, 2015, S. 58-61] Die vier oben genannten Konfliktsituationen stellen nur einen kleinen Auszug dar. Betrachtet man den bereits definierten Typ Unfall durch ruhenden Verkehr sind zwei Unfallkonstellationen auffällig. 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 Radfahrunfälle, 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.

## 2. Grundlagen

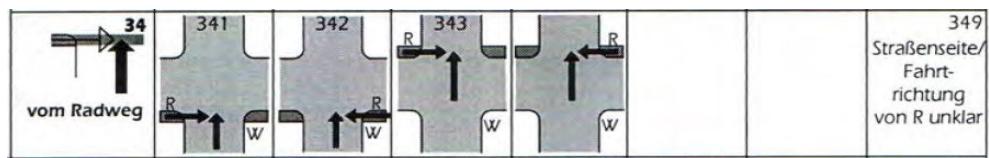


Abbildung 2.8.: Mögliche Unfalltypen, beim Einbiegen/Kreuzen mit der Beteiligung von Radfahrern [GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT E.V., 2016, S. 13]

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

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

### 2.4.4. 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 Personennahverkehrs (ÖPNV) handeln. Dies trägt mit zu

## 2. Grundlagen

---

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

## 2.5. 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).

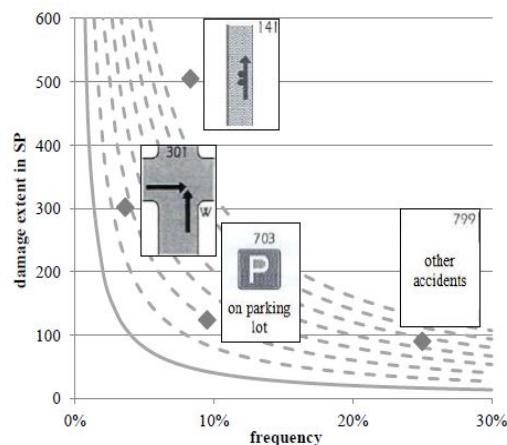


Abbildung 2.9.: Risikoverteilung auf Unfalltypen nach [GSCHWENDTNER et al., 2014, S. 376]

## 2. Grundlagen

---

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 Bewertung für die vorhandenen Daten übernehmen zu können müsste daher neben der Häufigkeit eine andere Bewertungsmöglichkeit gewählt werden. Anstelle der Schadenspunkte wäre eine Unterteilung der Unfallschwere in fünf Stufen (Kleinunfall, schwerer Sachschaden, leicht Verletzt, schwer Verletzt, getötet) denkbar.

### 2.5.2. Relatives Risiko

GRÜNDL [2005, S. 112f] erläutert in seiner Arbeit die Berechnung des Relativen Risikos. Dieses kann verwendet werden, um Auswirkungen bestimmter Risikovariablen wie z.B. Fehler, Verhaltensweisen oder Eigenschaften auf die Entstehung von Unfällen zu beschreiben. Er unterscheidet bei der Berechnung zwischen Verursacher und Beteiligter. Das Relativer Risiko berechnet sich aus dem Quotienten der Unfallverursachungsrate bei Verursachern und der Unfallverursachungsrate bei Beteiligten. Des weiteren wird bei der Berechnung berücksichtigt, ob ein bestimmter Risikofaktor (z.B. 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:

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

## 2. Grundlagen

---

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

### 2.5.3. Risikograph

HILLENBRAND [2011, S. 50f] stellt den Risikograph nach DIN V 19250 vor. Die DIN V 19250 wurde zwar 2004 zurückgezogen, da sie Teilweise nicht mit der DIN EN 61508 übereinstimmt, der Graph soll hier jedoch trotzdem erläutert werden. Da er bei Bewertungen von Situationen und Unfälle durchaus nützlich sein kann.

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

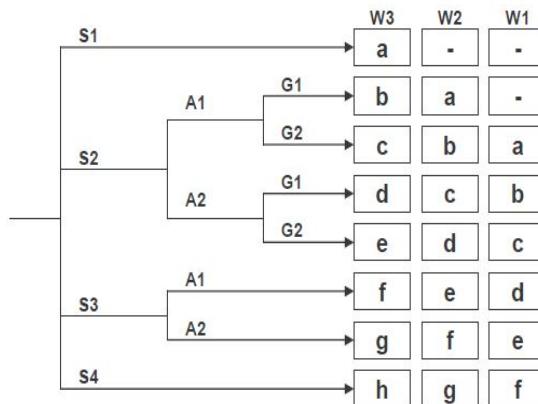


Abbildung 2.11.: Risikograph nach DIN V 19250 [HILLENBRAND, 2011, S. 51]

### 2.5.4. Gefährdungs- und Risikoanalyse

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

Die Klassifizierungen in Tabelle 2.2 dienen der Gefährdungsbestimmung nach Abbildung 2.12. Während QM nur einfache Maßnahmen des Qualitätsmanagements betrifft erfordert die Werte A bis D spezielle Maßnahmen. Die Werte werden auch als Automotive Safety

## 2. Grundlagen

---

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

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

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

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

## 2. Grundlagen

---

Untegrity Levels (ASILs) bezeichnet und stellen Klassen zur Spezifizierung der notwendigen Sicherheitsanforderungen des Systems, um ein akzeptables Risiko zu erzielen, dar. Die höchste Klasse ist ASIL D, sie erfordert die effektivsten Maßnahmen [HILLENBRAND, 2011, S.94ff].

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

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

### 2.5.5. Konfliktschweregrade und Komplexität von Verkehrssituationen

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

- Schweregrad 1: Der Fahrer hat gerade noch genug Zeit um kritische Fahrmanöver kontrolliert auszuführen. Dabei ist zusätzlich Zeit zur Orientierung und Zeit zum Anzeigen der eigenen Absicht (Blinken) vorhanden. Eine Beispielsituation ist kontrolliertes Bremsen und/oder Ausweichen.
- Schweregrad 2: Der Fahrer hat keine Zeit mehr kritische Fahrmanöver kontrolliert durchzuführen. Hierbei kann es sich z.B. um starkes Bremsen und/oder abruptes Ausweichen handeln. Es ist gerade noch genug Zeit vorhanden, die Situation der anderen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen, die Zeit reicht allerdings nicht aus um seine Absicht 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 Schwergrade 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 Schwergraden kommen kann. MEITINGER [2008, S. 33f] dagegen definiert die Komplexität von verschiedenen Verkehrssituationen in drei Kategorien:

## 2. Grundlagen

---

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

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

### 2.6. Weiterer Forschungsbedarf

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

## 2. Grundlagen

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, ebenso spielt die Geschwindigkeitsüberschreitung häufig eine wichtige Rolle. Diese Punkte werden hier nicht weiter beachtet, da sie bei den vorhandenen Unfalldaten nicht gegeben sind. Des weiteren wird der Einfluss von berauschenden Mitteln nicht weiter analysiert. Dieser Punkt wird vernachlässigt, da später kritische Situationen mit einem menschlichen Fahrer, mit automatisierten Fahrsituationen verglichen werden sollen. Der Zustand des Fahrers ist beim vollautomatisierten Fahren nicht von Bedeutung und wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Um Unfälle kritischen Fahrsituationen zuordnen zu können muss man die Unfälle detailliert betrachten. Der Unfalltyp allein reicht dafür z.B. nicht aus. Deshalb sind auch die Hypothesen zum Teil sehr spezifisch und orientieren sich größtenteils an 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 können reduziert werden, wenn Linksabbieger, an Kreuzungen mit LSA, auf einem eigenen Fahrstreifen mit eigener Signalphase geführt werden. (*Hypothese 2*)

Es kommt im urbanen Raum jedoch nicht nur zu Unfällen durch Abbiegemanöver. Vor

### **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 kommt es beim Rechtsabbiegen häufiger zu Unfällen 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 kommt es häufiger zu Unfällen als bei Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn. Die Unfallgefahr wird durch schlechte bzw. nicht vorhandene Markierungen der Radverkehrsanlagen, besonders im Bereich von Knotenpunkten, erhöht. (*Hypothese 7*)
- Falsches Verhalten der Fußgänger ist häufig die Ursache für Unfälle mit 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 Angeben 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. Aufgrund von 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 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. Zusätzlich 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 Risikovertteilung bewertet. So eine Risikovertteilung wird auch in dieser Arbeit verwendet. Hierfür wird auf der x-Achse die Häufigkeit angetragen, 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 Risikoäquivalenten 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, Abbildung 3.3 für die der Feintypen dar. 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 Risikoäquivalenten 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

---

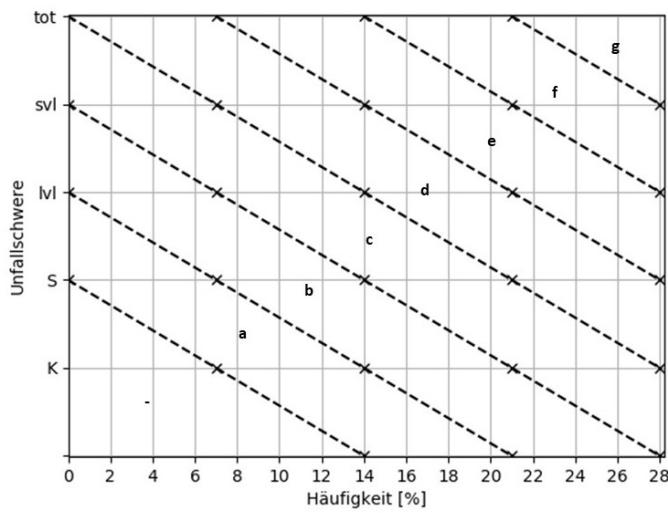


Abbildung 3.2.: Bewertungsdiagramm mit Risikoäquivalenten bei gleichmäßiger Verteilung der Häufigkeiten

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“.

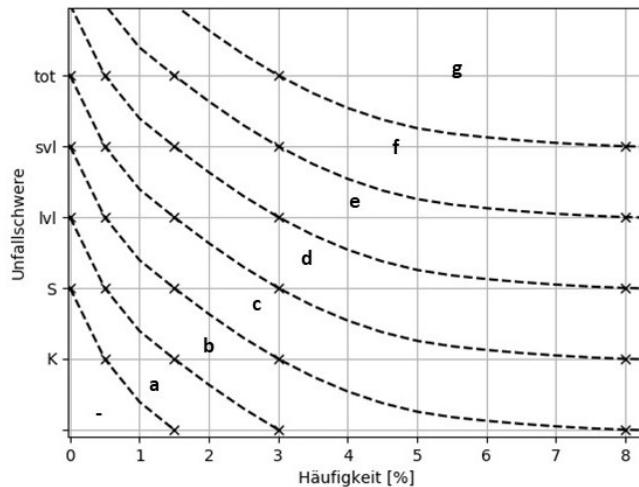


Abbildung 3.3.: Bewertungsdiagramm mit Risikoäquivalenten bei ungleichmäßiger Verteilung der Häufigkeiten

### **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 den 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 auch hier nur die Feintypen, denen die Risiko-Kategorie „b“ oder höher zugeordnet wurde. Anhand der Heatmap können Abschnitten 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. Trotzdem ist es das Ziel, die vorhandenen Daten so auszuwerten, dass unfallauffällige Stellen und kritische Fahrsituationen benannt werden können. Die Möglichkeiten der notwendigen Unterstützung werden dann anhand von automatisierten Systemen in Kapitel 5 diskutiert.

### **4.1. Überblick**

Um einen Überblick über die Teststrecke und die vorliegenden Unfalldaten zu bekommen, werden diese im Folgenden kurz vorgestellt. Zunächst werden die Unfallzahlen im ganzen Stadtgebiet von München 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 Angeben 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 kann Tabelle 4.2 entnommen werden. Die Zahlen für das Stadtgebiet München stammen aus Angeben 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 so 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 den übrigen

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

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 aufgrund von Datenschutzgründen nachträglich nicht mehr zur Verfügung. Ebenso war es nicht möglich die Kurzsachverhalte in den Kapiteln 4.1 bis 4.3 bei allen Auswertungen zu berücksichtigen, da sie erst zu spät zur Verfügung standen.

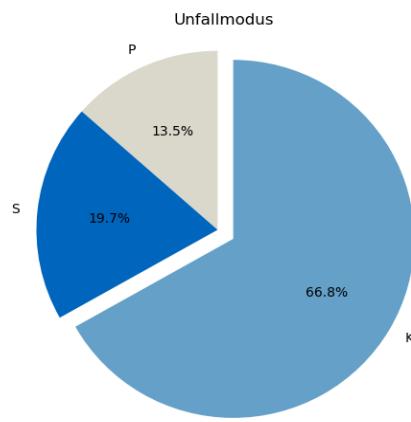


Abbildung 4.1.: Häufigkeit von Unfällen mit Personenschaden, Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden und Kleinunfällen

##### 4.1.2. Vorstellung der Teststrecke

Um einen Überblick über die Teststrecke zu bekommen 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.

#### 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

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, unterteilt nach Kreuzungen mit LSA und Einmündungen mit/ohne LSA, dar. Kreuzungen ohne LSA treten auf der Strecke nicht auf und werden deshalb nicht berücksichtigt. Die Knotenpunkte, welche zwei Straßen der Teststrecke verknüpfen, werden in Tabelle 4.4 doppelt gezählt. Unter Abfahrten/Auffahrten sind planfreie Knoten im Gebiet zu verstehen. Ein Beispiel stellt die Auffahrt auf die A9 Richtung Berlin von der 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 Straßerverlauf. Betrachtet man beispielsweise den südlichen Teil der Leopoldstraße, sind zwei Fahrspuren je Richtungsfahrbahn vorhanden und in der Mitte der Straße befindet sich ein Rasengleis für die Tram. Die Tram wird allerdings nur bis zum Schwabinger Tor auf der Leopoldstraße geführt, danach biegt sie ab. Hier ändert sich die Anzahl der Fahrspuren von zwei auf drei je Richtungsfahrbahn. Häufig werden auch Unfälle aufgenommen die sich nicht direkt auf einer der drei Straßen ereigneten, sondern z.B. im Bereich einer Tankstelle, die von der Straße aus angefahren werden kann oder auf einem Parkplatz. Deshalb wurden auch solche Punkte bei der Analyse des Gebiets berücksichtigt.

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

#### Kreuzungen mit LAS

Es gibt fünf lichtsignalisierte Kreuzungen im Testgebiet. Zwei davon besitzen keine getrennten Abbiegestreifen und werden in diesem Kapitel nicht näher erläutert. Der Knotenpunkt Rheinstraße-Leopoldstraße besitzt an allen Zufahrten einen Abbiegestreifen, hierbei handelt es

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

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.

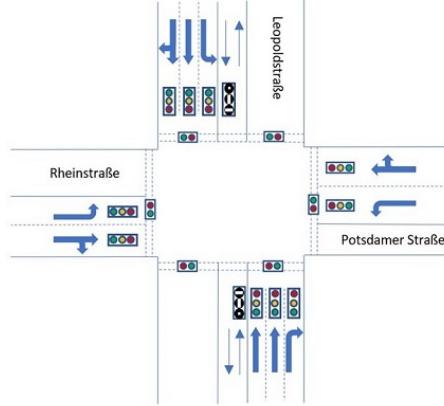


Abbildung 4.2.: Kreuzung Rheinstraße-Leopoldstraße [KUTSCH, 2018, S. 28]

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 links auf die Schenkendorfstraße abbiegt.

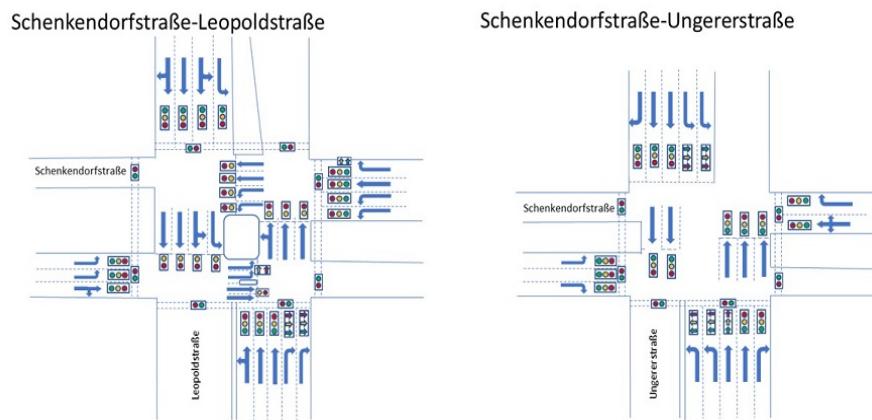


Abbildung 4.3.: Kreuzung mit eigener Signalisierung für Links- bzw. Rechtsabbieger [KUTSCH, 2018, S. 30f]

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

##### **Einmündungen mit LSA**

Innerhalb des betrachteten Gebiets gibt es fünf lichtsignalgeregelte Einmündungen. Eine davon ist die Kreuzung mit der Tram am Schwabinger Tor. Der Kfz-Verkehr kann hier nicht die Richtung wechseln, er folgt weiterhin der Leopoldstraße. Eine weitere besitzt keinen Abbiegestreifen und wird deshalb hier nicht weiter betrachtet. An der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße gibt es in jedem Knotenpunktarm einen Abbiegestreifen, davon zwei für Linksabbieger und einer für Rechtsabbieger. Diese werden in Abbildung 4.4 dargestellt.

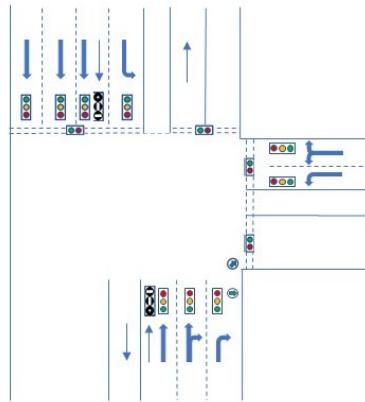


Abbildung 4.4.: Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße [KUTSCH, 2018]

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.

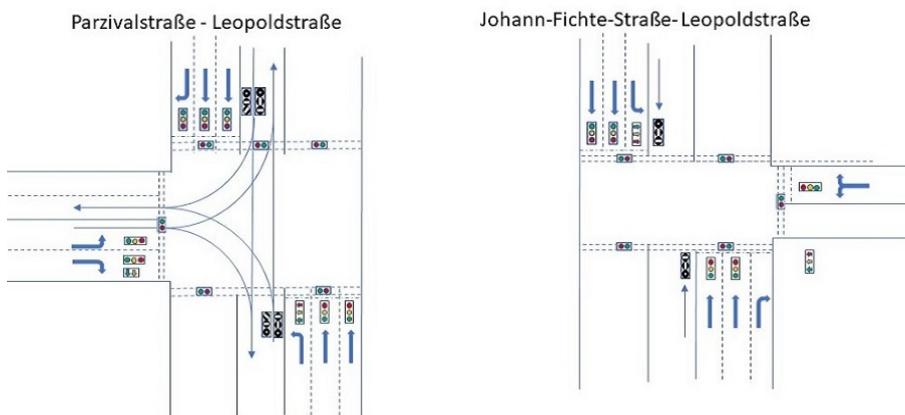


Abbildung 4.5.: Einmündungen mit eigener Signalphase für Abbieger [KUTSCH, 2018]

## **4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets**

---

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

### **4.1.3. Vorstellung der vorhandenen Daten**

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

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

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

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

Bei den vorhandenen Daten wurde selten zu allen oben genannten Punkten angaben gemacht. Daher Datensatz weist daher zum Teil Lücken auf. Bei Kleinunfällen sind nur Angaben zu Datum, Uhrzeit, Position und Allg.-Unfallursache gegeben. Trotzdem wird versucht, so viele Punkte wie möglich bei der Datenanalyse zu berücksichtigen um Fahrsituationen, die zu Unfällen führen, möglichst genau festzustellen. Eigenschaften die für den späteren Vergleich mit automatisierten Fahrzeugen in 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 wesentlich weniger Informationen vorliegen werden diese erst im späteren Verlauf der Arbeit berücksichtigt.

Für eine erste Kategorisierung der Unfälle eignet sich der Unfalltyp. Dieser gibt Auskunft über die Konfliktsituation. Für die Arbeit von BRUHN [2018, S. 16-33] lagen die Daten des Testgebiets ebenfalls vor. Er hat Karten erstellt, in denen die Unfälle der verschiedenen Unfalltypen auf der kompletten Länge der drei Straße 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.

Am zweithäufigsten wurde nach dem Unfalltyp 7 „Sonstiger Unfall“ der Typ 6 „Unfall im Längsverkehr“ bei 26 % der Unfälle angegeben. Hierbei kam es bei 45 % der Unfällen zu einem Personenschaden. Am drithäufigsten 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, in denen sich die Tramhaltestellen in der Mitte der Fahrbahn befinden auffällig. Alle Unfälle mit Todesfolge ereigneten sich bei 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.

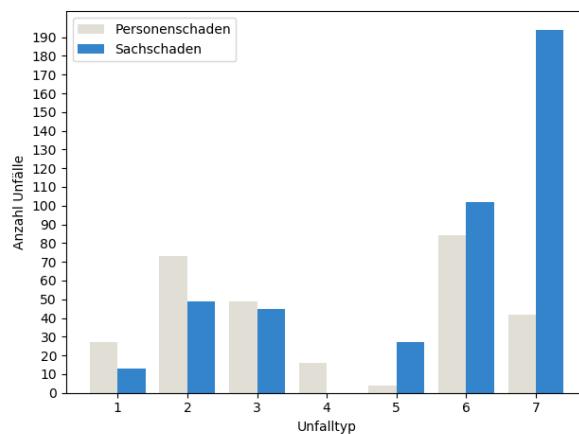


Abbildung 4.6.: Unfalltyp der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Unfallart wird herangezogen um die Bewegungsrichtung der Fahrzeuge während dem

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

Unfall 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 ereignete sich jedoch immer ein Personenschaden. Abbildung 4.7 gibt einen Überblick über die Unfallarten und die Unfallschwere, die den Unfällen im Testgebiet zugeordnet wurden.

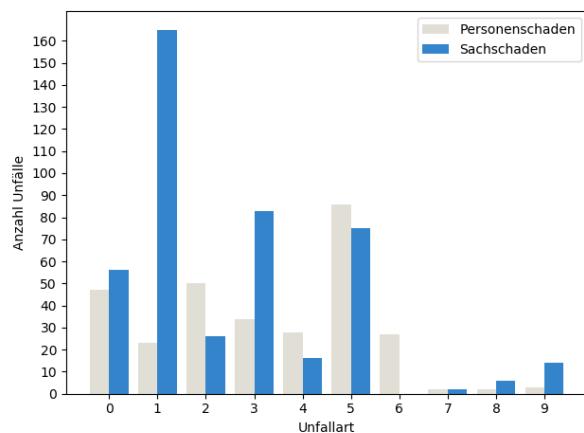


Abbildung 4.7.: Unfallart der Unfälle, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 bei denen Personen- oder Sachschaden entstand angegeben. In 63 % handelte es sich bei den Hauptverursachern um Pkw-Fahrer. Am Zweithäufigsten wurden Unfälle durch unbekannte Fahrzeuge (13 %) ausgelöst, unbekannt wird meistens bei Unfällen mit Fahrerflucht angegeben. An dritter Stelle stehen Lkw-Fahrer mit 10 % als Hauptverursacher. Bei den Unfallgegnern machten ebenfalls die Pkw-Fahrer mit 71 % der größten Anteil aus. An zweiter Stelle stehen Fahrradfahrer mit 16 %. In Abbildung 4.8 werden die Unfälle im Testgebiet nach Beteiligungsart und Art der Verkehrsbeteiligung dargestellt.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

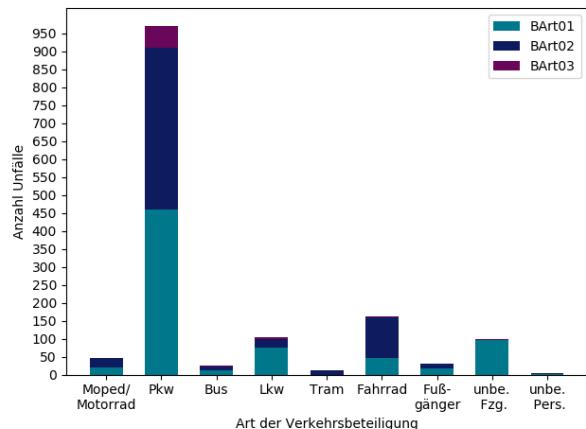


Abbildung 4.8.: Beteiligungsart der Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

### 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 miteinbezogen. Dieser gibt an, ob es sich um Unfälle mit Personen- bzw. Sachschaden oder um Kleinunfälle handelt. Zusätzlich wird in den meisten Fällen nach bestimmten Unfallursachen differenziert, um den Unfallhergang möglichst genau abzubilden.

#### 4.3.1. Abbiegeunfälle

Der Unfalltyp Abbiegeunfälle wurde bei insgesamt 17 % der Unfälle im Untersuchungsgebiet mit Personen- oder Sachschaden angegeben. Dabei kam es in 60 % zu Unfällen mit Personenschaden, 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 stellt das Verhältnis der Unfälle, bei denen eine der beiden Ursachen angegeben wurde, dar. Innerhalb des betrachteten Zeitraums ereigneten sich 57,7 % der Unfälle beim Abbiegen nach links und bilden somit die Mehrheit der Abbiegeunfälle.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

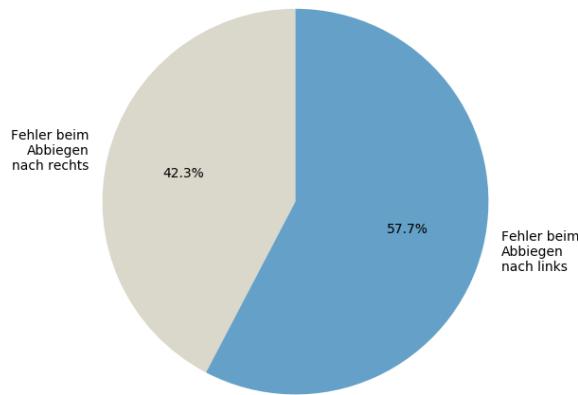


Abbildung 4.9.: Unfälle bei denen Abbiegefehler nach recht bzw. links in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Hierbei wurden alle Unfälle, unabhängig des Unfalltyps, berücksichtigt denen entweder die Ursache (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 %.

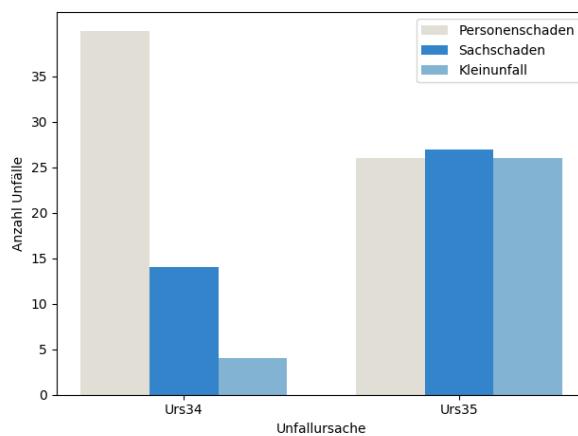


Abbildung 4.10.: Unfallmodus bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 zw. Pkw-Fahren und Fahrradfahren kommt, vgl. Kapitel 4.3.5. Beim Abbiegen nach links ist die Verletzungsschwere geringer, das sich viele Unfälle zw. zwei Pkws ereignen. *Hypothese*

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

1 gibt an, dass es beim Linksabbiegen mehr Konfliktpunkte gibt und es daher häufiger zu Unfällen kommt als beim Rechtsabbiegen und kann anhand der oben genannten Zahlen bestätigt werden.

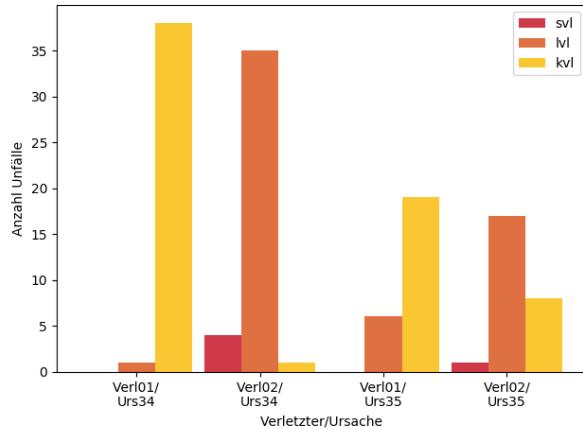


Abbildung 4.11.: Verletzungsschwere bei Abbiegeunfällen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Abbildung 4.12 stellt Unfälle, die durch Fehler beim Linksabbiegen entstanden sind, dar. Auffällig sind hier vor allem die Knotenpunkte Leopoldstraße/Potsdamer Straße, Schenkendorfstr./Ungererstr. und Leopoldstr./Ungererstraße. Die Knotenpunkte wurden bereits in Kapitel 4.1.2 genauer beschrieben. Anhand der Kurzsachverhalte kann man bei fast allen Unfällen auf den genauen Unfallhergang schließen. An der Kreuzung Leopoldstr./Potsdamer Str. ereigneten sich innerhalb der Jahre 2013 bis 2016 insgesamt 16 Unfälle zwischen einem Fahrzeug, dass die Leopoldstr. in südlicher Richtung befuhrt und nach links in die Potsdamer Straße abbiegen wollte und einem Fahrzeug, welches die Leopoldstr. geradeaus in nördliche Richtung befuhrt. Bei sechs der aufgenommenen Unfälle handelte es sich beim Unfallgegner um Radfahrer. Zusätzlich kam es zu vier Unfällen zwischen Linksabbiegern und einer nachfolgenden Tram. In Abbildung 4.2 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

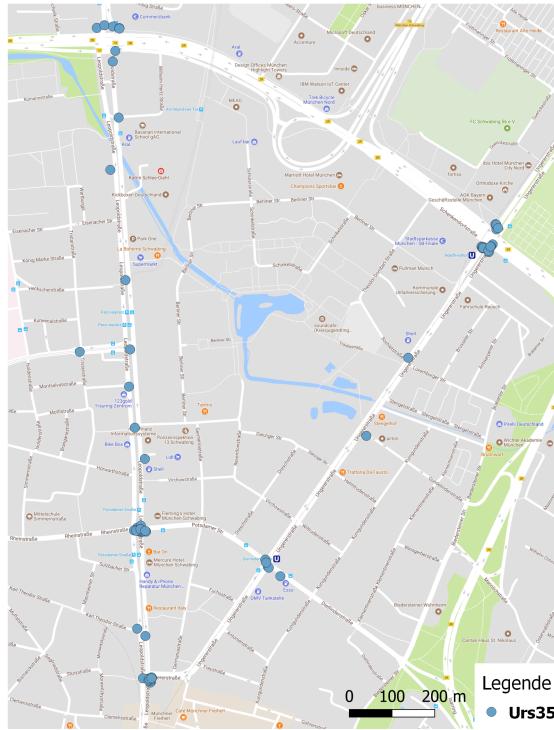


Abbildung 4.12.: Unfälle durch Fehler beim Linksabbiegen, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 geführt, wird die Fahrspur beim abbiegen nicht eingehalten kommt es zum Zusammenstoß. Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen konnten nur in vier Fällen ausgemacht werden. Diese ereigneten sich durch nicht verkehrsgerechtes Wenden.

Die Einmündung Leopoldstraße/Ungererstraße besitzt keine eigene Signalphase für Linksabbieger (Abbildung 4.4). 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 keine Werte vor. Es wurden an den Kreuzungen jeweils die Messwerte von Detektoren der Linksab-

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

Tabelle 4.5.: Verkehrsstärken an ausgewählten Linksabbiegestreifen im Testgebiet

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

biegerstreifen betrachtet. Als Referenz wurde Donnerstag der 7.5.2016 bzw. 3.5.2018 gewählt. Hierbei handelt es sich um einen Arbeitstag außerhalb der Schulferien. Der Einfachheit halber wurde zum Vergleich die Tagessumme der Messwerte verwendet. Diese wird in Tabelle 4.5 dargestellt. Die Verkehrsstärken der Knoten Leopoldstr./Reihnstr. und Leopoldstr./Parzivalstr. weichen nur minimal voneinander ab. Trotzdem ereignen sich an erstgenanntem Knoten wesentlich mehr Unfälle. Die Daten für die Einmündung Untererstr./Leopoldstr. sind aus dem Jahr 2018 und weisen eine etwas höhere Verkehrsstärke auf. Es ist anzunehmen, dass sich die Verkehrsstärke innerhalb 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.

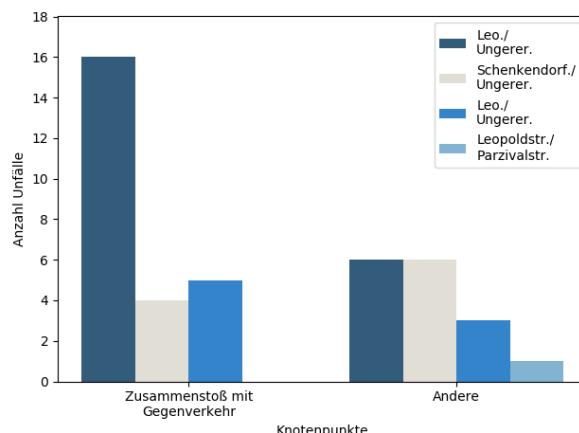


Abbildung 4.13.: Linksabbiegeunfälle an Knotenpunkten mit und ohne eigene Signalisierung, die in den Jahren 2013 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

*Hypothese 2* gibt an, dass sich die Konfliktpunkte und Unfallzahlen reduzieren wenn Linksabbieger, an Kreuzungen mit LSA, auf einem eigenen Fahrstreifen mit eigener Signalphase geführt werden. Betrachtet man die Zahlen in Abbildung 4.13 kommt es in 73 % an Kreuzungen ohne eigene Signalisierung zu Unfällen beim Linksabbiegen. In 70 % handelt es sich dabei um Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen. Vor allem dieser Konflikt kann durch eine eigene Phase deutlich reduziert werden. *Hypothese 2* kann daher bestätigt werden.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

##### 4.3.2. Unfälle während der Hauptverkehrszeiten

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

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

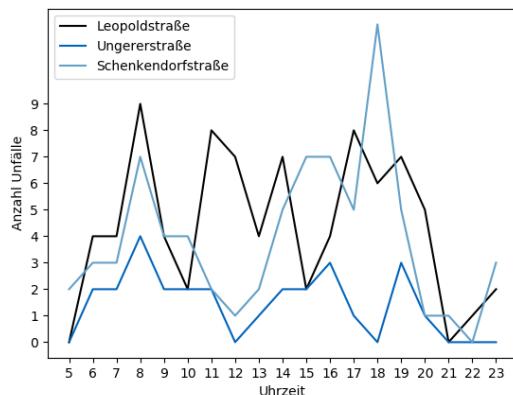


Abbildung 4.14.: Zeitliche Verteilung der Unfälle mit Unfalltyp 6 in den Jahren 2012 bis 2016 innerhalb des Testgebiets

*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 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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

Unfälle mit dem Unfalltyp 6. Daher ist es schwer Zeitpunkte mit erhöhtem Verkehrsaufkommen zu bestimmen. Zwischen 8 und 9 Uhr, 16 und 17 Uhr sowie 19 und 20 Uhr sind leichte Spitzen zu erkennen. Auf der Schenkendorfstraße kam es Vormittags zwischen 8 und 11 Uhr sowie Nachmittags zwischen 14 und 20 Uhr vermehrt zu Unfällen im Längsverkehr. Am meisten Unfälle ereigneten sich zwischen 18 und 19 Uhr. Vergleicht man die Zeiträume in denen sich Unfälle ereigneten mit den Messwerten der Detektoren, stimmen diese nur zum Teil überein. Auf der Leopoldstraße wurde sowohl ein erhöhtes Verkehrsaufkommen als auch erhöhte Unfallzahlen über den gesamten Tag festgestellt. 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 aussagekräftige genug um *Hypothese 3* vollständig bestätigen zu können.

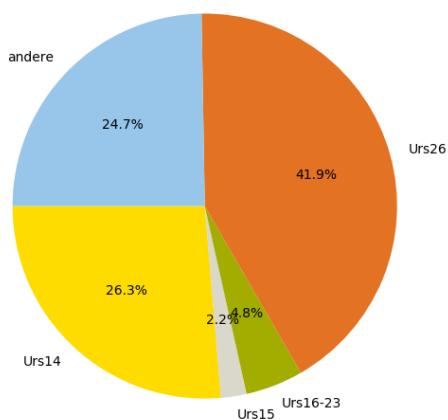


Abbildung 4.15.: Unfallursachen, die Unfällen im Längsverkehr innerhalb des Testgebiets zugeordnet wurden

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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

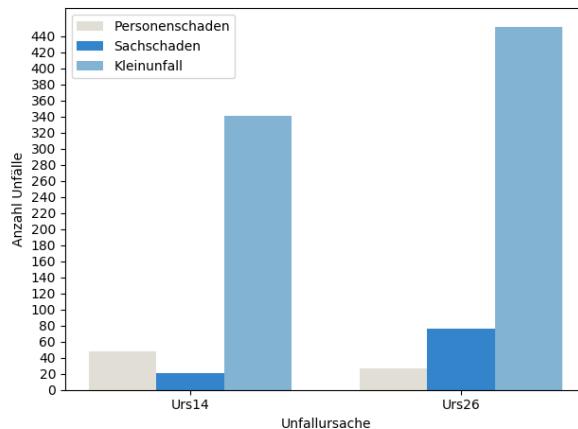


Abbildung 4.16.: Schwere der Unfälle, bei denen als Unfallursache Ungenügender Sicherheitsabstand bzw. Fehler beim Spurwechsel angegeben wurden

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 führten dafür häufiger zu Personenschaden, als die Unfälle beim Spurwechsel.

#### 4.3.3. Unfälle durch ruhenden Verkehr

Unfälle des ruhenden Verkehrs stellen den Unfalltyp 5 in Abbildung 4.6 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 darauf schließen, 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 Sachschaden sehr ähnlich, ebenso die Verteilung der Unfälle auf die drei Straßen des Untersuchungsgebiets.

Entlang der Leopold- und Ungererstraße sind innerhalb des Testgebiets Längsparkplätze auf beiden Straßenseiten vorhanden. Die erhöhte Anzahl der Unfälle durch ruhenden Verkehr in der Leopoldstraße kann dadurch erklärt werden, dass die Leopoldstraße in einem Mischgebiet liegt. Geschäfte führen zu Kurzparkverkehr. In der Ungererstraße ist überwiegend Wohnnutzung zu erkennen, hier wird der Parkverkehr daher überwiegend durch Anwohnerparken geprägt. Die geringe Anzahl der Unfälle durch ruhenden Verkehr auf der Schenkendorfstraße ergibt sich durch die fehlenden Parkmöglichkeiten im Seitenraum. Hypothese 4 gibt an, dass es im

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 verbotswidriges auf der Straße Halten/Parken eine bedeutende Rolle bei Unfällen im Ruhenden Verkehr spielt, da beim Vorbeifahren kritische Situationen entstehen, die Unfälle auslösen. Als Beispiel wird Parken in Zweiter Reihe genannt. Betrachtet man zunächst die Unfallursachen der Unfälle mit Unfalltyp 5, wurde in 71 % der Fälle „andere Fehler beim Fahrzeugführer“ (49) angegeben. Bei den Unfällen mit der Unfallart 1 überwiegt ebenso die Ursache 49. Da diese Ursache keine Aussagekraft besitzt werden Unfallursachen, die dem ruhenden Verkehr zugeordnet werden direkt betrachtet. Eine davon ist „unzulässiges Halten oder Parken“ (43). Diese wurde jedoch nur 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. 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 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. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---



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

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

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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

viele Geschäfte und Haltestellen des ÖPNVs vorhanden sind. Um die *Hypothese 5* genauer überprüfen zu können müssten 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 diese Arbeit liegen leider nur Messwerte an einzelnen Knotenpunkten für den motorisierten Verkehr vor. Die Werte wurden Anhand von Detektoren in der Straße ermittelt. Werte für Fußgänger und Radfahrer müssten voraussichtlich anhand von Verkehrszählungen ausgewertet werden, da sie schlecht mit Detektoren gemessen werden können.

Zusätzlich gibt *Hypothese 5* an, dass durch den geringen Schutz von Radfahrern/Fußgängern der Verletzungsgrad höher ist als bei Unfällen, an denen nur motorisierte Verkehrsteilnehmer beteiligt sind. Abbildung 4.18 stellt die Beteiligung von ungeschützten und motorisierten Verkehrsteilnehmern an Unfälle 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.

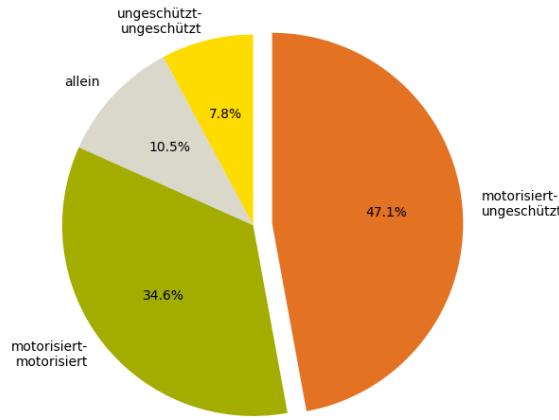


Abbildung 4.18.: Beteiligung von motorisierten und ungeschützten Verkehrsteilnehmern an Unfällen mit Personenschaden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.19 ist die Verletzungsschwere von Pkw-Fahrer 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

---

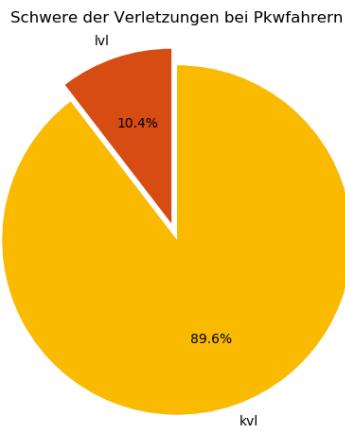


Abbildung 4.19.: Schwere der Verletzungen von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschäden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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 daher bestätigt werden.

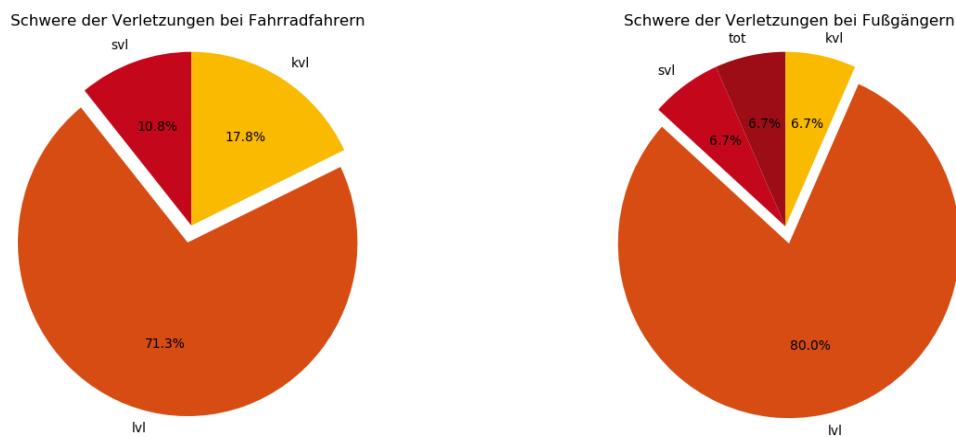


Abbildung 4.20.: Schwere der Verletzungen von Radfahrern und Fußgängern bei Unfällen mit Personenschäden, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

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

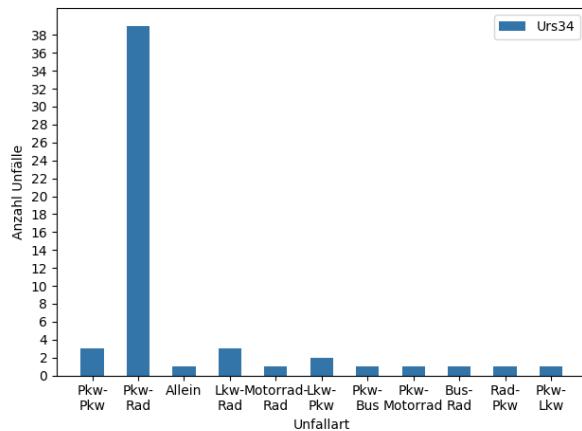


Abbildung 4.21.: Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 34, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Die Ursache „Fehler beim Abbiegen nach links“ (35) wurde lediglich bei ca. 26 % der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung angegeben. Hierbei war keiner der Radfahrer Hauptverursacher. Bei den Hauptverursachern handelte es sich bis auf einen Fall, Motorradfahrer, immer um Pkw-Fahrer. Innerhalb des Testgebiets ereigneten sich zwölf Unfälle mit Radfahrerbeteiligung, bei denen die Unfallursache 35 beim Hauptverursacher angegeben wurde. Die Abbildungen 4.21 und 4.22 zeigen, bei wie vielen Unfällen im Testgebiet die zwei genannten Ursachen, mit den jeweiligen Unfallbeteiligten angegeben wurden. Auffällig ist, dass keine der beiden Ursachen bei Unfällen mit Fußgängern angegeben wurde.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

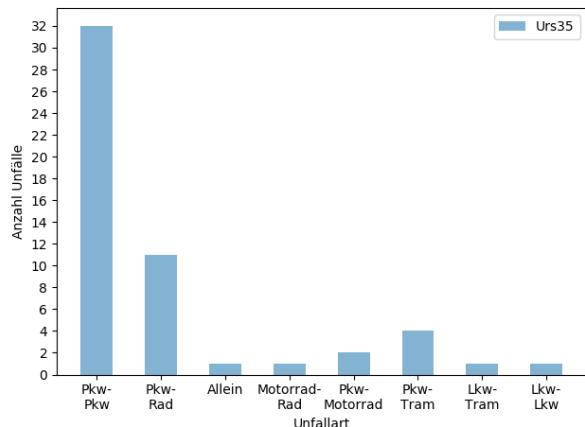


Abbildung 4.22.: Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

Betrachtet man die Unfallart, wurde bei den Unfällen mit der Ursache 34 und Radfahrerbeteiligung am häufigsten die Unfallart „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt genannt“ (5). Gefolgt von „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das seitlich oder in gleiche Richtung fährt“ (3) und „Zusammenstoß mit Fahrzeug, das entgegenkommt“ (4). In einem Fall wurde die Ursache „Zusammenstoß mit Fahrzeug, anfährt, anhält, im ruh. Verkehr steht“ (1) genannt. Wie in Abbildung 4.23 zu erkennen ist, weisen die Unfälle mit der Unfallursache 35 ein ähnliches Bild auf. Hier steht lediglich die Unfallart 4 an zweiter und die Unfallart 3 an dritter Position .

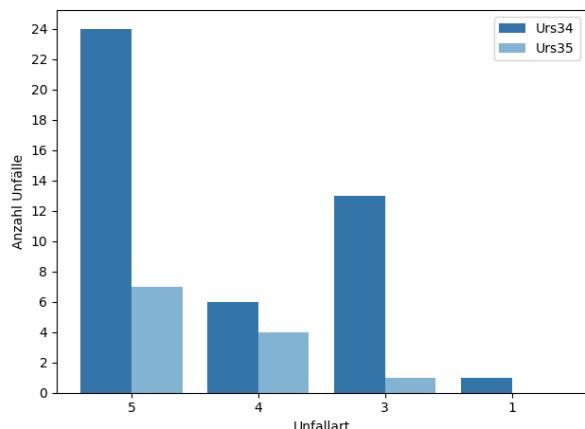


Abbildung 4.23.: Unfallart bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Angabe der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

*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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 4.23 zu erkennen ist, häufiger angegeben als Unfallart 3 und 4 zusammen. Die Annahme in *Hypothese 6*, dass sich die Unfallbeteiligten parallel bewegen kann zunächst nicht bestätigt werden. Es sollte allerdings immer anhand der Kurzbeschreibungen überprüft werden, ob nicht auch Unfälle bei denen die Unfallart 5 genannt wurde solch ein Bewegungsmuster aufweisen.

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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

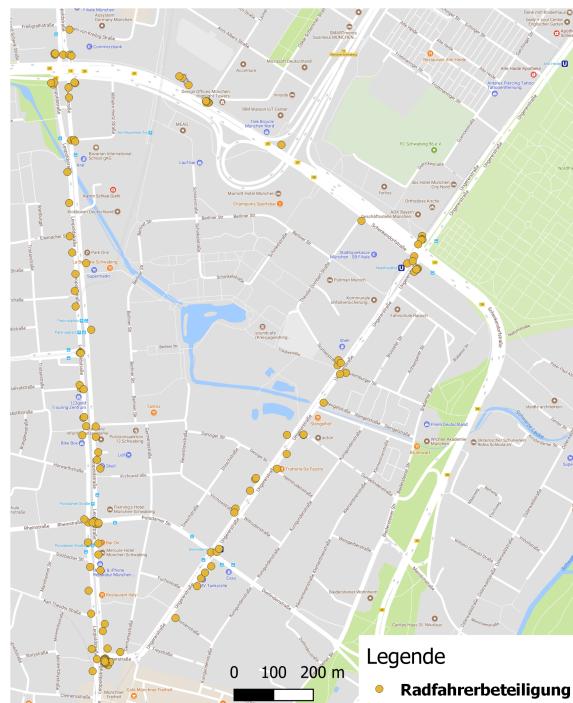


Abbildung 4.24.: Unfälle mit Fahrradbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

In Abbildung 4.24 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 4.25 wurde mit Blick in Richtung Norden aufgenommen, die Einfärbung ist rechts im Bild gut zu erkennen. Laut Bildern von Google Earth wurde die Markierung im Jahr 2016 angebracht. Das die vorhanden Unfalldaten nur bis zum Jahr 2016 reichen, kann nicht gesagt werden, ob die Konflikte reduziert werden konnten.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets



Abbildung 4.25.: 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 4.26 ist zu erkennen, dass im Testgebiet die Ursache „ohne auf den Fzg.-verkehr zu achten“ (64) am häufigsten angegeben wurde. Hierbei kam es fast immer zu einem Unfall mit Personenschaden.

An zweiter Position steht die Ursache „andere Fehler der Fußgänger“ (69). Obwohl es bei sechs Unfällen einen Personenschaden gab wurden keine weiteren Angaben gemacht um was für Fehler es sich genau handelt. 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.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

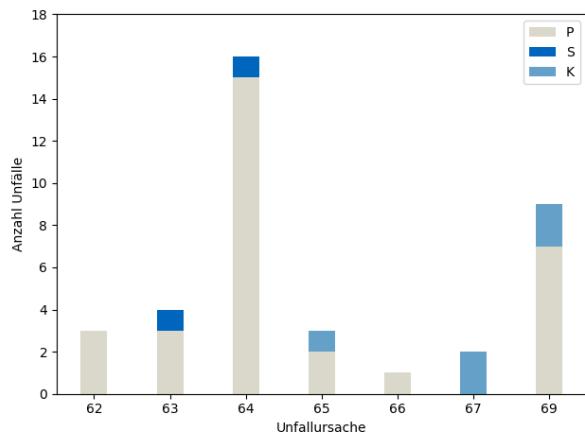


Abbildung 4.26.: Unfallursachen durch falsches Verhalten der Fußgänger mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

In Abbildung 4.8 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. *Hypothese 8* gibt an, dass Falsches Verhalten der Fußgänger häufig die Ursache für Unfälle mit Personenschaden im urbanen Raum ist. Im Vergleich zu Kfz sind Fußgänger zwar seltener an Unfällen beteiligt, dafür kommt es bei einer Beteiligung häufig zu Personenschaden. Im Testgebiet gab es innerhalb von fünf Jahren 36 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, dabei kam es bei 30 zu einem Personenschaden. Betrachtet man alle Unfälle mit Personenschaden im Untersuchungsgebiet wurde immerhin bei 10 % der Unfälle als Unfallursache falsches Verhalten der Fußgänger angegeben. *Hypothese 8* kann daher in diesem Punkt bestätigt werden.

Zusätzlich wurde in *Hypothese 8* angenommen, dass die Unfallursachen Rotlichtverstöße (60) und „Überschreiten der Fahrbahn ohne auf den Fzg.-verkehr zu achten“ dabei am häufigsten auftreten. In Abbildung 4.26 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 4.27 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) auftrat. Bei über 60 % kam es zu leichten Verletzungen (lvl) und in jeweils 12,5 % der Fälle wurden Unfallbeteiligte schwer (svl) oder sogar tödlich Verletzt (tot). Eine 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. Die *Hypothese 8* kann zwar in ihrem zweiten Teil nur in einem Punkt bestätigt werden. Dieser hat dafür einen wesentlichen Einfluss auf Unfälle mit Personenschaden.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

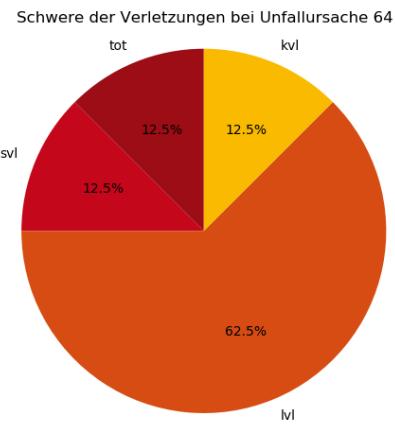


Abbildung 4.27.: Verletzungen die durch Unfälle mit Angabe der Ursache 64 bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Betrachtet man die den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung zugeordneten Besonderheiten wurden im Testgebiet nur vier Mal „Fußgängerfurt“ und sechs Mal „Haltestelle“ angegeben. Überraschend ist, dass es bei „Fußgängerüberwegen“ kein Unfall mit Fußgängern gab. Obwohl diese Besonderheit in Abbildung 4.29 am häufigsten vorkommt. In Hypothese 8 wird vermutet, dass sich Unfälle mit Fußgängern häufig in der Nähe von ÖPNV Haltestellen ereignen.

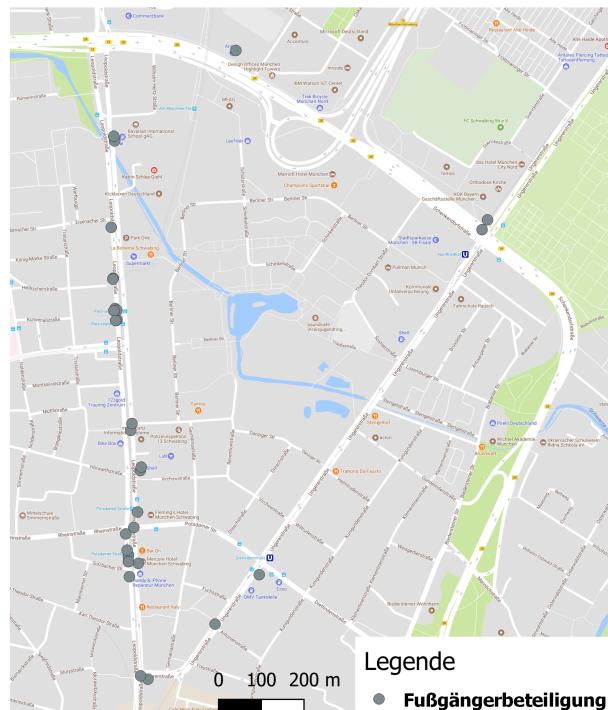


Abbildung 4.28.: Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

In Abbildung 4.28 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 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 4.29 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.

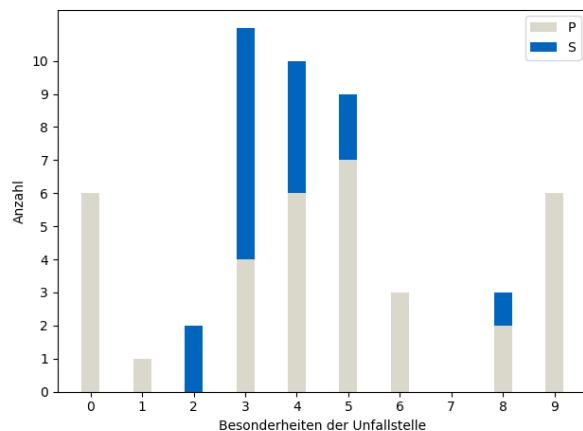


Abbildung 4.29.: Besonderheiten der Unfallstellen mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Bei Unfälle mit Personenschaden wurden die Besonderheiten „Benutzungspflicht der Radver-

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

kehrsanlage“ (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 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 4.29 zu erkennen, dass es bei baulich getrennten Radverkehrsanlagen häufiger zu Unfällen kam. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass innerhalb des Testgebiets größtenteils nur solche Radverkehrsanlagen vorhanden sind. Betrachtet man diese zwei Besonderheiten etwas genauer fällt auf, dass die Radfahrer ungefähr zu gleichen Teilen als Beteiligter01 und Beteiligter02 angegeben werden. Zudem kommt es auf baulich getrennten Radverkehrsanlagen häufig zu Unfällen zwischen zwei Radfahrern oder zwischen Fahrrad und Fußgänger bzw. Fahrrad und Moped. Die Unfälle bei denen angegeben wurde, dass es sich um Radverkehrsanlagen auf der Fahrbahn handelt wiesen alle einen Konflikt zwischen Pkw und Fahrrad auf.

Im Testgebiet traten an der Einmündung Schenkendorfstraße/Leyonel-Feininger-Straße häufig Unfälle mit Fahrradbeteiligung auf. Hierbei wurde bei zwei Unfällen die Besonderheit Radverkehrsanlage auf der Straße und bei einem getrennte Radverkehrsanlage angegeben. Bei den ersten zwei Unfällen ereignete sich der Unfall direkt am Knotenpunkt. Es kam dabei jeweils zu einem Unfall zwischen einem Pkw der nach rechts auf die Schenkendorfstraße einbiegen wollte und einem Radfahrer der von rechts kam. Der Radweg darf an dieser Stelle in beide Richtungen befahren werden. Der dritte Unfall trat an der Tankstelle unmittelbar neben der Einmündung auf. Auch hier wollte ein Pkw nach rechts Einbiegen und übersah einen von rechts kommenden Radfahrer. Da dieser Unfall sich allerdings im Bereich der Tankstelle ereignete wurde getrennte Radverkehrsanlage als Besonderheit angegeben. Die beiden Stelle sind im Abbildung 4.30 zu erkennen. In diesem Fall ist nicht die Art der Radverkehrsanlage für die Unfallhäufungen verantwortlich, sondern die Freigabe des Radwegs entgegen die Fahrtrichtung. Mit dieser Situation rechnen Fahrzeugführer häufig nicht, obwohl an der Einmündung, vgl. Abbildung 4.30, 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.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

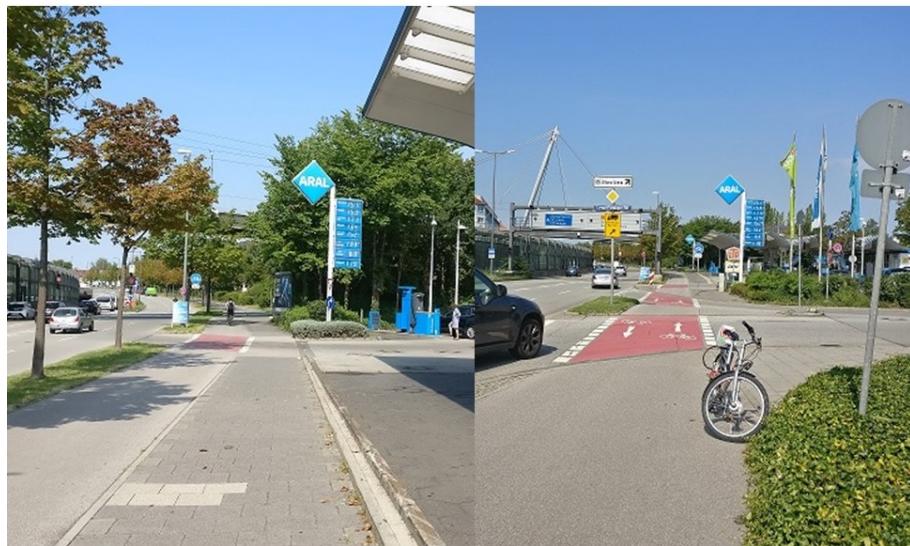


Abbildung 4.30.: Links: Ausfahrt der Aral Tankstelle mit baulich von der Fahrbahn getrennter Radverkehrsanlage Rechts: Einmündung mit markiertem Radweg auf der Fahrbahn (aufgenommen am 20.08.2018)

*Hypothese 7* kann daher nur bedingt bestätigt werden. Sie wird zunächst Anhand der statistischen Auswertung in Abbildung 4.29 bekräftigt. Das Unfallgeschehen an der Einmündung Lyonel-Feininger-Straße macht dagegen deutlich, dass nicht nur die Art der Radverkehrsanlage sondern auch die Führung der Radfahrer von Bedeutung ist. Zusätzlich scheint der Einfluss der vorhanden Markierung, trotz Roteinfärbung, nicht den gewünschten 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 4.31 zeigt die allgemeinen Ursachen, die Unfällen im Testgebiet zugewiesen wurden. Es ist zu erkennen, dass „Glätte oder Schlüpfrigkeit 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 Personenschaden führt.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

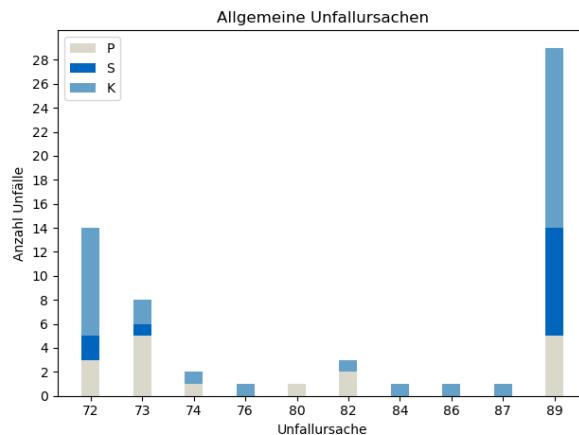


Abbildung 4.31.: Allgemeinen Unfallursachen mit Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden

Witterungseinflüsse können nicht nur die Straßenverhältnisse beeinflussen sondern auch zu Sichtbehinderungen führen (Unfallursachen 80 bis 84). Innerhalb von fünf Jahren wurden im Testgebiet jedoch nur bei fünf Unfällen eine dieser Ursachen angegeben. Jeweils ein Unfall wurde durch „starken Regen, Hagel, Schnee“ (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 im Summe nur drei mal genannt und deshalb nicht näher betrachtet. Allgemeine Unfallursachen, die in dem betrachteten Zeitraum nie einem Unfall zugewiesen wurden werden in Abbildung 4.31 nicht berücksichtigt.

#### 4.4. Bewertung der Unfälle im Testgebiet

Die Unfälle werden nun anhand der Bewertungsmethodik, die in Kapitel 3.2 vorgestellt wird, 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. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

### 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 4.32 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.

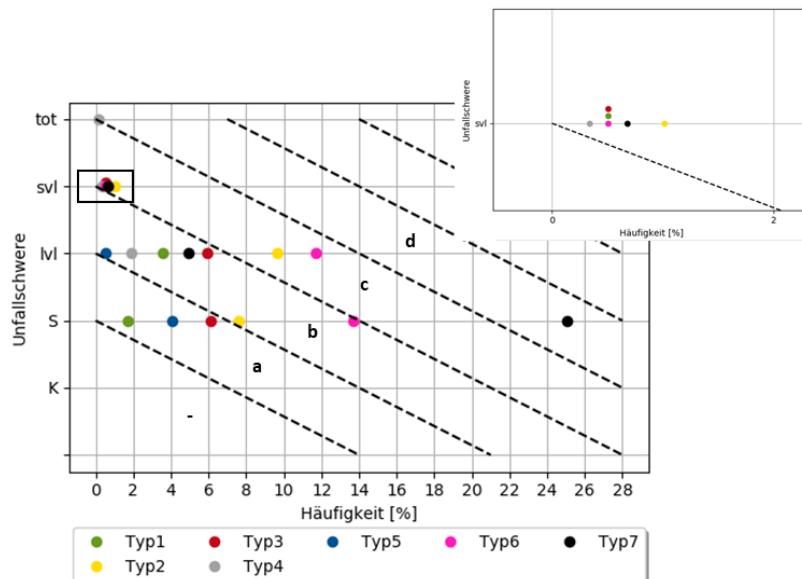


Abbildung 4.32.: Bewertung anhand der während der Unfallaufnahme zugeordneten Unfalltypen

Die Typen 4 und 6 befinden sich in der Risiko-Kategorie *d*. Auffällig ist, dass Typ 4 aufgrund der Unfallfolgen, im betrachteten Zeitraum kam es nur bei Überschreit-Unfällen zu getöteten, ein erhöhtes Risiko aufweist. Typ 7 dagegen wegen häufig aufgetretenen Schachsschadensunfällen. 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. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

### 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 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 4.33 dargestellt. Durch die Anpassung der Eintrittswahrscheinlichkeiten, um die hohe Anzahl der Kleinunfälle mit abbilden 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.

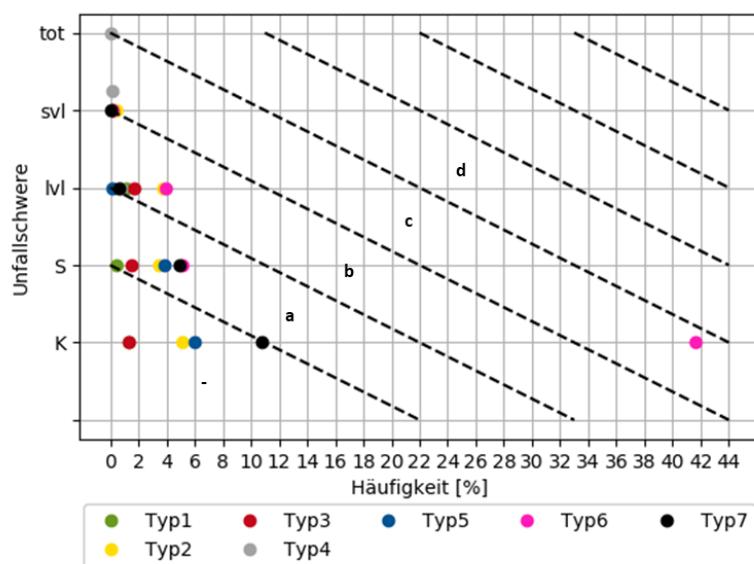


Abbildung 4.33.: Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen mit Kleinunfällen

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 4.33 zu 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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

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 preis gibt. Zur genaueren Beschreibung wurden die Feintypen nach GDV verwendet. Im Folgenden 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.

##### 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 4.34 stellt die Feintypen des Unfalltyps 1 dar. Die zugehörige Risiko-Kategorie kann anhand der Risikoäquivalenten (gestrichelte Linie) abgelesen werden.

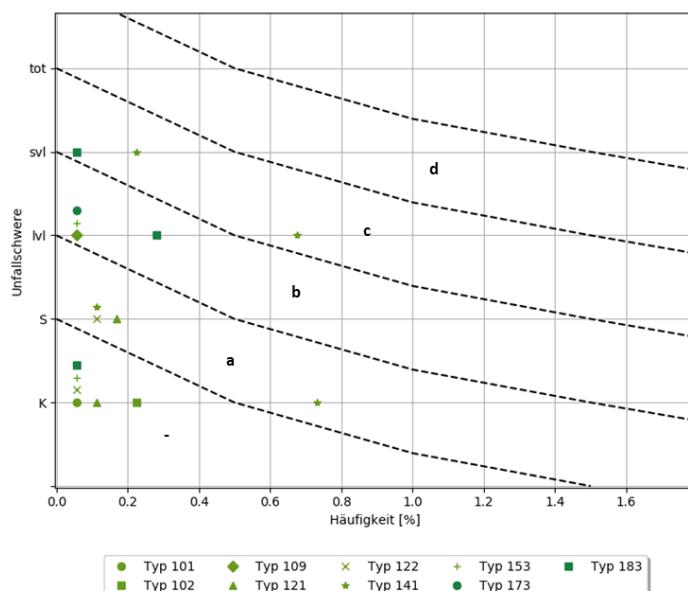


Abbildung 4.34.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 1 zugeordnet wurde

Der Risiko-Kategorie *b* werden die Feintypen 109, 153 und 173 zugewiesen. Bei diesen drei Typen traten jeweils zwei Unfälle mit leicht Verletzten 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 4.35 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

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

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.

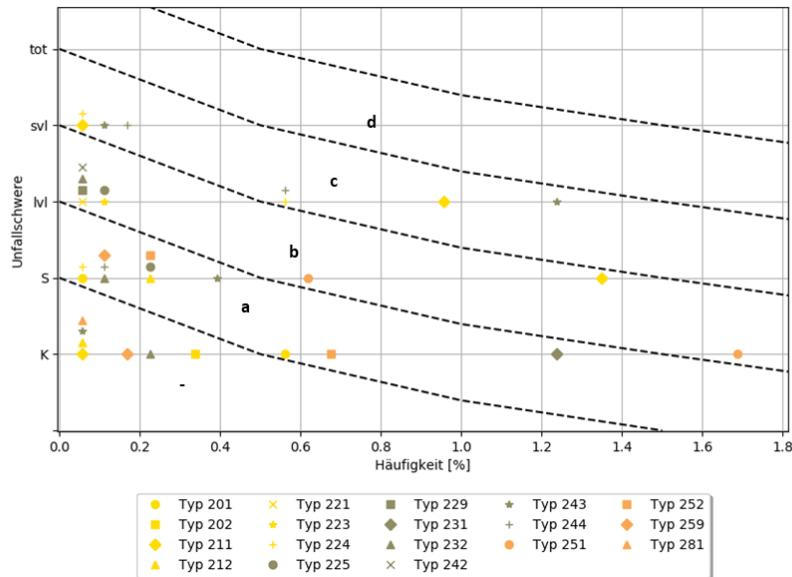


Abbildung 4.35.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 2 zugeordnet wurde

Den Feintypen 221, 223, 225, 229, 232, 242 und 251 wird die Risiko-Kategorie b zugeordnet. Bis auf Typ 251 werden die Feintypen aufgrund der Anzahl der Unfälle mit lvl dieser Kategorie zugeordnet. 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 der 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 4.36 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 solche Unfälle bei dem Typ 301 mit 0,23 %.

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

---

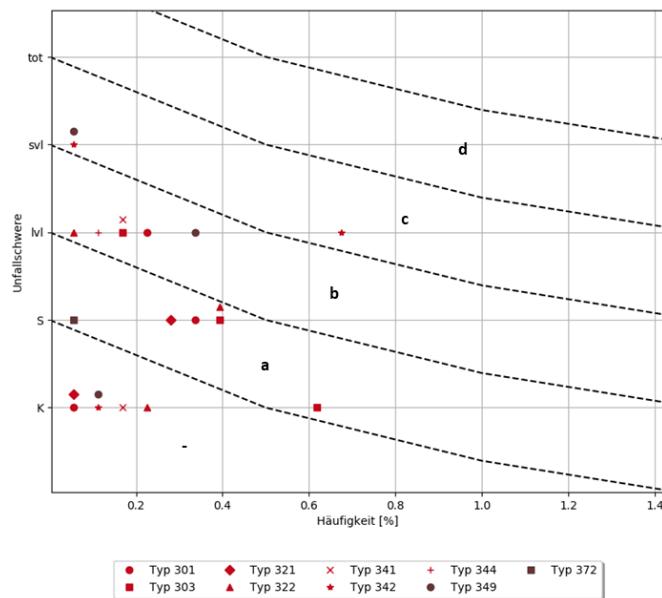


Abbildung 4.36.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 3 zugeordnet wurde

#### 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.

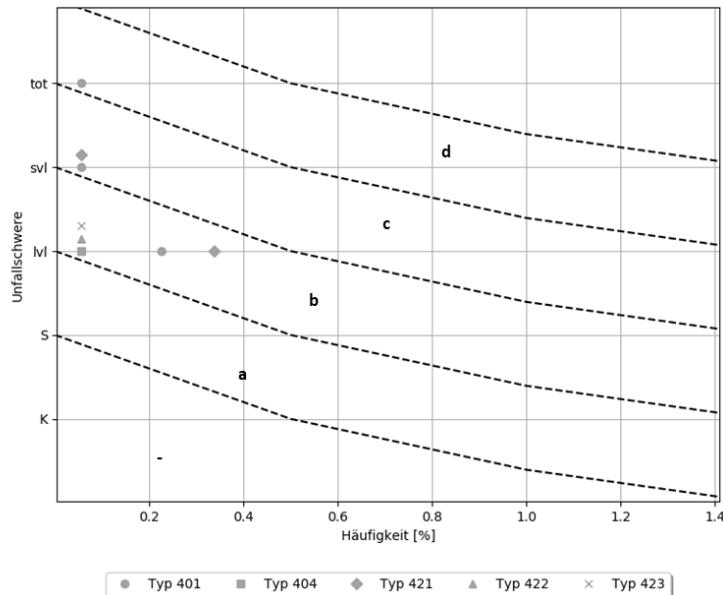


Abbildung 4.37.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 4 zugeordnet wurde

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Der Risiko-Kategorie *c* wurde, nur der Feintyp 421 zugeordnet. In Abbildung 4.37 ist zu erkennen, dass die Zuordnung der 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 leicht Verletzten kam. Häufiger traten leicht Verletzte 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 allerdings 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 4.38 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.

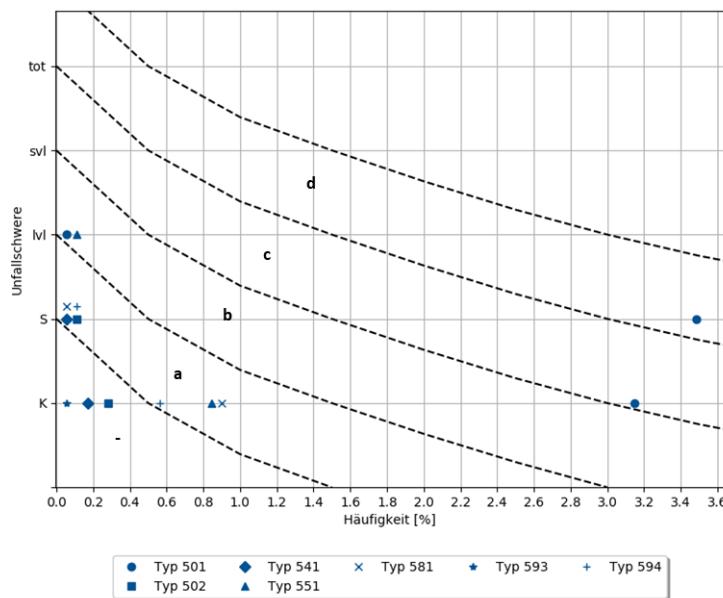


Abbildung 4.38.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 5 zugeordnet wurde

Der Feintyp 551 führte zu 2 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 4.39 ist zu erkennen, dass dem Unfalltyp 6 besonders viele Feintypen zugeordnet wurden. Deshalb stellt Abbildung C.2 in Anhang C Teilbereiche der Abbildung 4.39 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.

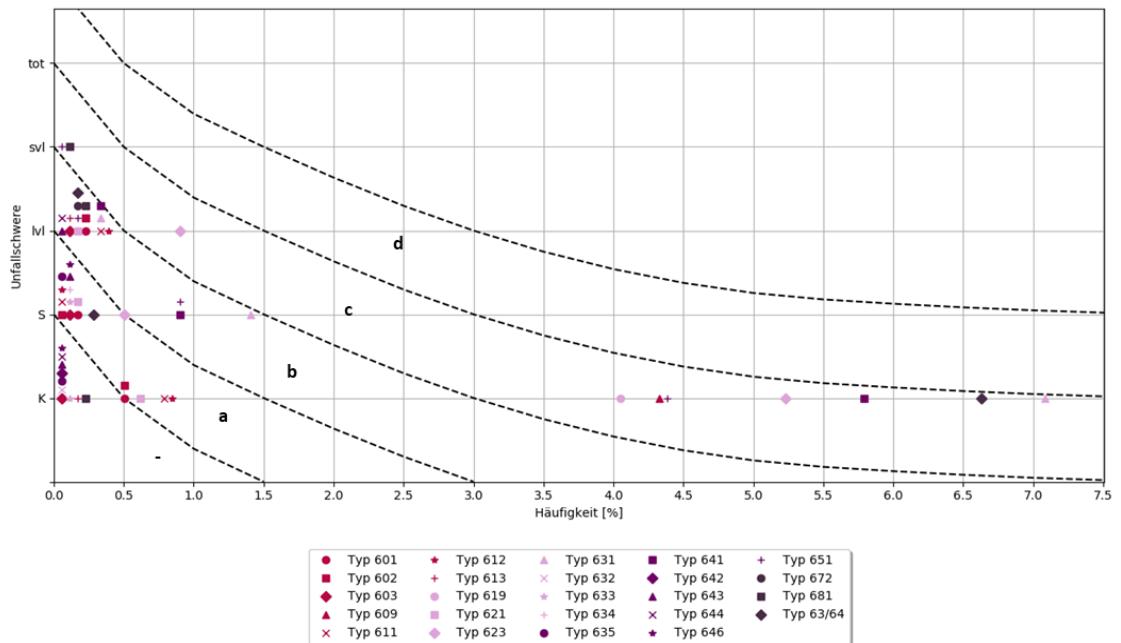


Abbildung 4.39.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde

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. Feintyp 651 weist zudem 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*.

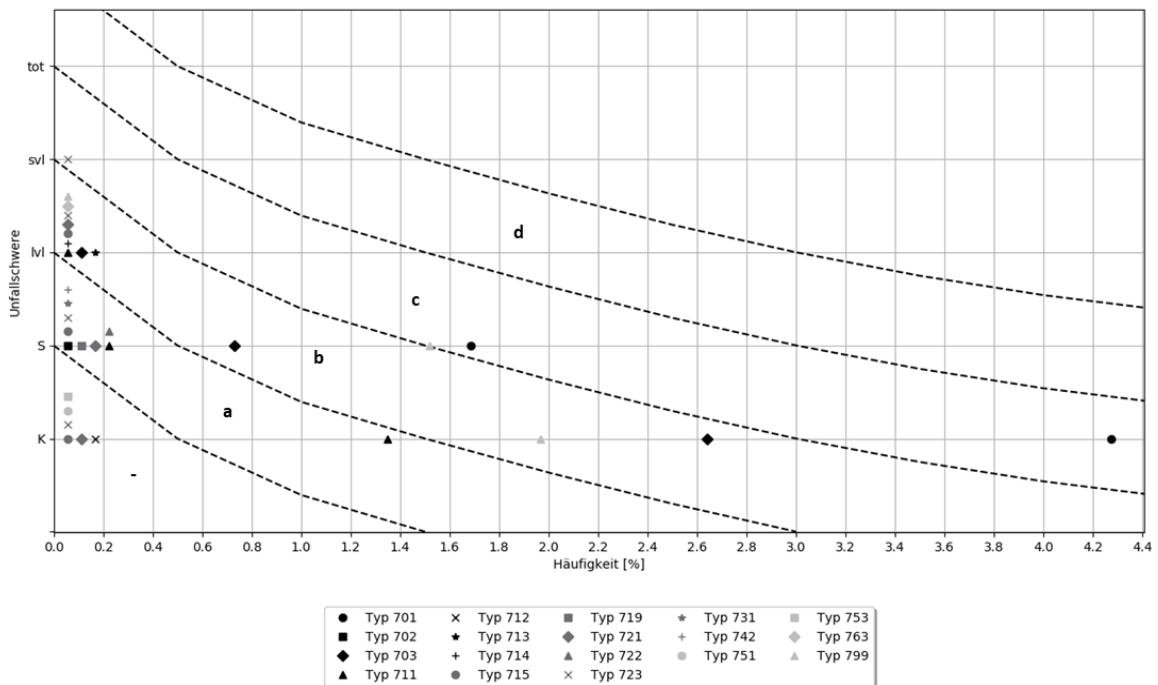


Abbildung 4.40.: Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 7 zugeordnet wurde

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. Theoretisch könnte ihnen auch der Typ 799 zugeordnet werden.

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 leicht Verletzten 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, denen die Risiko-Kategorie *b* oder höher in Kapitel 4.4.2 zugeordnet wurde werden in diesem Kapitel beispielhafte Fahrsituationen, innerhalb des Testgebiets, zugeordnet. Das Vorgehen, dass angewendet wird um passende Situationen ausfindig zu machen wird in Kapitel 3.2.3 erläutert. Neben genauen Beispielen werden zusätzlich Bereiche auf den drei Straßen angegeben, in denen es überhaupt zu so einer Situation kommen kann. Es muss berücksichtigt werden, dass es sich dabei nur um Beispielsituationen handelt, die Fahrsituationen werden nicht vollständig beschrieben. Da das Verkehrsgeschehen im urbanen Raum sehr komplex ist muss berücksichtigt werden, dass es es auch bei anderen Fahrsituationen zu Unfällen kommen kann, 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 Kurzsachverhalten ergeben. Zur besseren Verständlichkeit werden die Feintypen der sieben Unfalltypen, wie im vorherigen Kapitel, wieder 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. Sie wurden daher bei den Testfahrten auch keiner speziellen Fahrsituation zugewiesen. Der Typ 141 kennzeichnet sich vor allem dadurch aus, dass der Fahrer auf einem geraden Abschnitt außerhalb eines Knotenpunkts die Kontrolle über sein Fahrzeug verliert. Im Testgebiet kann das auf allen drei Straßen passieren. Die Leopoldstraße weist im betrachteten Abschnitt einen geraden Verlauf auf. Auf der Ungererstraße ist nur der südliche Abschnitt durch eine Kurve geprägt. Die Schenkendorfstraße 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.

Unfälle mit dem Feintyp 183 ereigneten sich auf einem geraden Abschnitt mit einer Unebenheit. Dieser Typ wurde häufig bei Unfällen auf Radverkehrsanlagen angegeben. Hierbei

#### **4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets**

---

kamen Radfahrer zum Sturz, weil sie den Randstein zum Gehsteig überfuhrten. Im gesamten Testgebiet sind von der Fahrbahn getrennte Radverkehrsanlagen vorhanden. Dieser Typ kann sich daher auf allen Radwegen im Testgebiet außerhalb eines Knotenpunkts ereignen. Auf der Leopoldstraße kommt es zudem in den Bereichen in denen die vorhandenen Tramschienen 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 stellt die Typen 109, 153 und 173 dar. Da es sich um Fahrunfälle handelt wurden auch hier während den Testfahrten keine beispielhaften Situationen aufgenommen. Der Feintyp 109 ereignet sich, 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 Leopoldstraße 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 in 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 Radfahrer 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 werden bereits in Kapitel 4.1.2 analysiert. An Knotenpunkten mit einer eigenen Signalphase für Linksabbieger (vgl. Kapitel 4.3.1) kann sich dieser Unfalltyp nur ereignen, wenn ein Unfallbeteiligter das Rotlicht missachtet hat.

Der Feintyp 224 stellt Unfälle zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Radfahrern dar. Während den 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 Knotenpunkte müssen nicht signalisiert sein, es kann auch bei unsignalisierten zu solch einer Situation kommen. Ein Beispiel hierfür ist die Einmündung Ungerer-/Gundelindenstraße.

Während bis jetzt Situationen beim Linksabbiegen vorgestellt wurde kam es bei den Feintypen 243 und 244 zu Unfällen beim Rechtsabbiegen. Beim Feintyp 243 kam es zu Unfällen mit

#### 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

Rechtsabbiegern und Radfahrern die in die gleiche Richtung fahren. Diese Situation wurde während der Testfahrten nicht aufgenommen. Sie kann sich an allen Knotenpunkten, mit und ohne LAS, im Testgebiet ereignen. Wenn man die Kurzsachverhalte betrachtet ist vor allem die Einmündung Leopold-/Ungererstraße auffällig für solche Situationen.

Im Gegensatz zum Feintyp 243 kommt es beim Feintyp 244 nicht zu Unfällen mit Radfahrern, die in sich in die gleiche Richtung bewegen, sonder mit entgegenkommenden Radfahrern. Auch hier wurde während den Testfahrten keine Situation aufgenommen, der dieser Feintyp zugeordnet wurde. Laut den Kurzsachverhalten kommt es an den Einmündungen Leopold-/Ungererstraße und Schenkendorf-/Lyonel-Feininger-Straße zu dieser Situation. Bei dieser Fahrsituation muss berücksichtigt werden, dass sie sich theoretisch nur an Knotenpunkten ereignen kann, an denen er 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 wurden der Risiko-Kategorie *b* zugeordnet. Bei fünf handelt es sich dabei um Typen, denen Unfälle beim Linksabbiegen zugeordnet wurden. Bei dem Feintyp 221 kommt es zu Unfällen mit Fußgängern, die sich in die gleiche gleiche Richtung wie das am Unfall beteiligte Fahrzeug bewegen. Während den 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 den 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 die Tram 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 im 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 innerhalb des Testgebiets sonst nur noch an der Einmündung Leopold-/Ungererstraße auftreten.

## **4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets**

---

Neben den fünf Feintypen bei denen es zu Unfällen mit Linksabbiegern kam wurde zwei Feintypen mit Rechtsabbiegern 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 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. 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 den 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.

### **Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 3**

### **Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 4**

Der Feintyp 401 wurde einem tödlichen Unfall im Testgebiet zugeordnet und wurde 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 rechts vor einem Fahrzeug auf die Straße laufen. Diese Situation kann innerhalb des Testgebiets vor allem auf der Ungererstraße und der Leopoldstraße vorkommen. Die Richtungsfahrbahnen der Schenkendorfstraße sind baulich getrennt. Somit ist es nur schwer möglich, die Fahrbahn zu kreuzen. Auf der Ungererstraße kann sich diese Situation bis auf den südlichen Bereich, hier ist ebenfalls eine Mitteltrennung vorhanden, 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 kreuzen. 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 den 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. 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 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

## 4. Analyse der Verkehrsunfalldaten innerhalb des Testgebiets

ereignen.

Ein weiterer Feintyp der Konflikte mit Fußgängern von rechts beschreibt 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 sich im Untersuchungsgebiet nur auf der Leopold- und Ungererstraße ereignen. 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 zu Konflikt kommt ein weiteres Fahrzeug. Die Bereiche in denen es zu dieser Situation kommen kann stimmen jedoch mit denen des Typs 401 überein, da überall zwei oder mehr Spuren je Richtungsfahrbahn vorhanden sind.

**Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 5**

**Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 6**

**Fahrsituationen zu den Feintypen des Unfalltyps 7**

**4.5.2. Zuordnung mir Hilfe von Heatmaps**

**4.6. Unfallhäufungsstellen/Unfallschwerpunkte**

**4.7. Zwischenfazit**

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

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

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

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

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

FAS bestehen aus drei Grundkomponenten:

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

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

Drei Stufen von FAS:

- Systeme, die den Bewegungszustand des Fahrzeugs erkennen und mit dem Fahrerwunsch vergleichen können.

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

---

- Systeme, die zusätzlich durch fahrzeugseitige Sensoren bereitgestellt Informationen über das Umfeld verwenden. (Automatische Schutzmechanismen)
- Stufe drei wird erreicht, wenn dem Fahrzeug zusätzliche durch die eigene Sensorik nicht zugängliche Informationen zur Verfügung gestellt werden. (C2C, C2I, C2X)

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

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

Es sollte daher geprüft werden, ob für autonom arbeitenden, nicht übersteuerbaren Systeme mit erheblichem unfallvermeidendem oder schützendem Potenzial 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].

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

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

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

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

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

- können sämtlich Hindernisse in der unmittelbaren Umgebung rechtzeitig erkennen und korrekt identifizieren

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

---

- verfügen über jederzeit perfekt aktualisierte Straßenkarten und
- sind mit einder Software ausgestattet, die absolut einwandfrei funktioniert."

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

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

GERSTENBERGER [2015, S.29] stellt fest, „dass für die Unterstützung des Fahrers durch Assistenzsysteme am Knotenpunkt vor allem die Einschätzung des kritischen Verhaltens notwendig ist.“ Dabei müssen vor allem Sichtbehinderungen bei der Annäherung und die Fahrabsicht anderer Verkehrsteilnehmer erkannt werden.

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

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

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

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

SSpezifische Wirkungen sind unmittelbare Auswirkungen des Agierens des Systems sowie die Reaktionen des Fahrers auf Informationen, Warnungen und Eingriffe des Systems. Un-

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

---

spezifische Wirkungen sind die mittelbaren Effekte, die sich aus dem Vorhandensein eines Fahrerassistenzsystems für die Fahrweise ergeben." [GRÜNDL, 2005, S.50-51]

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

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

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

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

Es kann zwischen den vier Handlungen - Information, Warnung, Unterstützung und autonomer Eingriff - von FAS unterschieden werden. Hierbei ist die Wirksamkeit von autonom eingreifenden Systemen an höchsten einzuschätzen [MEITINGER, 2008, S.11].

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Fahrer anhand von Assistenzsystemen zu unterstützen. Infrastructur-Only(IO)-Systeme sind Systeme die an markanten Punkten z.B. an einer Kreuzung installiert werden. Die Systeme sind nicht ans Fahrzeug gebunden und daher auch nicht auf Neuerungen im Fahrzeug angewiesen. Häufig werden sie in Form von aktiven Verkehrszeichen ausgeführt. Fahrzeugautarke (FAT) Systeme stellen Systeme dar, deren Funktion weder auf Komponenten in der Kreuzung noch auf Systeme in anderen Fahrzeugen angewiesen ist. Zur Umfelderfassung werden Sensoren im Fahrzeug benötigt, die Informationen über

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

---

Vorfahrtsregelungen werden aus GPS mit digitalen Karten oder Kamerasystemen gewonnen. Die Fahrzeug-Fahrzeugkommunikation (C2C) funktioniert nur zwischen ausgestatteten Fahrzeugen, kann dafür z.B. bei eingeschränkten Sichtbereichen an Kreuzungen besser agieren. Kooperative Systeme können Systemkomponenten der Infrastruktur mit Elementen im Fahrzeug kombinieren. Das Fahrzeug kann so beispielsweise Informationen zum Phasenwechsel einer LSA erhalten [MAGES, 2008, S.23-26].

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

### 5.0.1. Rechtlichehintergründe

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

## 6. Fazit und Ausblick

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

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

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

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

# Literaturverzeichnis

- ABDEL-ATY, Mohamed und KELLER, Joanne (2005). „Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections“. In: *Accident Analysis and Prevention* 37.3, S. 417–425.
- ANTONIOU, Constantinos und KATRAKAZAS CHRISTOS (2018). *Advanced Road Safety Concepts: Empirical Bayes Methodology*.
- AURICH, Allan, HANTSCHEL, Sebastian, KOLLMUS, Bernhard und SCHÜLLER HAGEN (2015). „Prognose für die Verkehrssicherheit in Städten“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 61.2, S. 83–90.
- BELLOW, Ariane von (2016). *Verkehrssicherheit von Radfahrern: Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen*. 1. Auflage. Bd. 264. Mensch und Sicherheit. Bremen: Wirtschaftsverlag NW. ISBN: 978-3-95606-234-6.
- BERGER, Ralf (2017). „Webbasierter Maßnahmenkatalog gegen Unfallhäufungen 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.
- KLINGNER, Matthias, ERBSMEHL, Christian und LANDGRAF, Tom (2017). „Sicherheit des autonomen Fahrens“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 63.5, S. 244–250.
- KOSSAK, A. (2017). „Würde autonomes Fahren tatsächlich die Verkehrssicherheit erhöhen?“ In: *Straßenverkehrstechnik* 61.9, S. 639–643.

## Literaturverzeichnis

---

- KUTSCH, Alexander (2018). „Entwicklung eines Verfahrens zur Kritikalitätsbewertung von Lichtsignalanlagen“. Bachelorarbeit. München: TUM.
- MAGES, Mark Alexander (2008). „Top-Down-Funktionsentwicklung eines Einbiege- und Kreuzenassistenten“. Dissertation. Darmstadt: TU Darmstadt.
- MAURER, Markus, GERDES, J. Christian, LENZ, Barbara und WINNER, Hermann (2015). *Autonomes Fahren*. Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-45853-2.
- MEITINGER, Karl-Heinz (2008). „Top-Down-Entwicklung von Aktiven Sicherheitssystemen für Kreuzungen“. Dissertation. München: TUM.
- MOCK-HECKER, Rüdiger (1994). *Wissensbasierte Erkennung kritischer Verkehrssituationen - Erkennung von Plankonflikten*. Bd. 209. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Verkehrstechnik, Fahrzeugtechnik. Düsseldorf: VDI-Verl. ISBN: 3-18-320912-8.
- REICHART, Günter (2001). *Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen*. Bd. 7. Fortschritt-Berichte / VDI Mensch-Maschine-Systeme. Düsseldorf: VDI-Verl. ISBN: 3-18-300722-3.
- SCHMIDT, Christian (2010). „Hardware-in-the-loop gestützte Entwicklungsplattform für Fahrerassistenzsysteme: Analyse und Generierung kritischer Verkehrsszenarien“. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- SCHREIBER, Marcel (2014). „Typische Gefahren für Fußgänger und Radfahrer im innerstädtischen Verkehr“. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 60.4, S. 221–227.
- SCHREIBER, Marcel (2016). „Verkehrssicherheit an lichtsignalisierten Knotenpunkten“. In: *Straßenverkehrstechnik* 60.5, S. 272–280.
- SCHREIBER, Marcel, ORTLEPP, Jörg und BUTTERWEGGE, Petra (2014). „Abbiegeunfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern“. In: *Straßenverkehrstechnik* 58.5, S. 303–310.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (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](https://www-genesis.destatis.de/genesis/online;sid=9C0529547E48CEC4331B46A2D3EFEC10.G0_2_1?operation=previous&levelindex=1&levelid=1535486462122&step=1).
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018b). *Verkehr: Verkehr im Überblick 2016. Fachserie 8 Reihe 1.2*. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018c). *Verkehr: Verkehrsunfälle 2017. Fachserie 8 Reihe 7*. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018d). *Verkehrsunfälle: Zeitreihen 2017*. Wiesbaden.
- VOLLRATH, Mark, BRIEST, Susanne und SCHISSL, Caroline (2006). *Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit*. Bd. 60. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen / F. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW, Verl. für Neue Wiss. ISBN: 978-3-86509-551-0.
- WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011a). „Sicherheit zuerst - Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland - Teil 1“. In: *Straßenverkehrstechnik* 55.2, S. 76–90.
- WISSENSCHAFLICHER BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011b). „Sicherheit zuerst - Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland - Teil 2“. In: *Straßenverkehrstechnik* 55.3, S. 160–170.
- ZADEMACH, Martin (2015). „Analyse des Fahrerverhaltens an innerstädtischen Kreuzungen: Ermittlung von Anforderungen an ein System zur Vermeidung von Kollisionen“. Dissertation. München: Universität der Bundeswehr.

# Abkürzungsverzeichnis

<b>ASIL</b>	Automotive Safety Untegrity Level
<b>BArt</b>	Beteiligungsart
<b>BAS</b>	Bundesanstalt für Straßenwesen
<b>FAS</b>	Fahrerassistenzsystem
<b>FAT</b>	Forschungsvereinigung Automobiltechnik
<b>GDV</b>	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
<b>GIDAS</b>	German in Depth Accident Study
<b>K</b>	Kleinunfall
<b>Kfz</b>	Kraftfahrzeug
<b>kvl</b>	keine Verletzung
<b>LSA</b>	Lichtsignalanlage
<b>lvl</b>	Leichtverletzt
<b>ÖPNV</b>	öffentlicher Personennahverkehr
<b>P</b>	Personenschaden
<b>S</b>	schwerwiegender Sachschaden im engeren Sinne
<b>svl</b>	Schwerverletzt
<b>tot</b>	Getötet
<b>Urs</b>	Ursache

# Abbildungsverzeichnis

2.1. Darstellung zur Beschreibung von Verkehrssicherheit und -unsicherheit . . . . .	6
2.2. Unfallentstehungsmodell . . . . .	8
2.3. Anzahl der Unfälle innerorts nach Unfallkategorie . . . . .	12
2.4. Anzahl der Unfälle innersorts nach Art der Verkehrsbeteiligung . . . . .	13
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 . . . . .	23
2.8. Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall mit Radfarerbeteiligung . . . . .	25
2.9. Risikoverteilung auf Unfalltypen. . . . .	26
2.10. Vier-Felder-Tafel zur Veranschaulichung der Berechnung des Relativen Risikos .	27
2.11. Risikograph nach DIN V 1925 . . . . .	28
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 recht 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 mit und ohne eigene 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, zu Be- bzw. Entladen . . . . .	59
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, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden . . . . .	62
4.22. Art der Verkehrsbeteiligung bei Unfällen mit der Unfallursache 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden . . . . .	63
4.23. Unfallart bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Angabe der Unfallursache 34 bzw. 35, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden	63
4.24. Unfälle mit Fahrradbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden . . . . .	65
4.25. Konfliktpunkt an der Einmündung Leopoldstraße-Ungererstraße mit eingefärbter Radverkehrsanlage . . . . .	66
4.26. Unfallursachen durch falsches Verhalten der Fußgänger mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden . . . . .	67
4.27. Verletzungen die durch Unfälle mit Angabe der Ursache 64 bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden . . . . .	68
4.28. Unfälle mit Fußgärtnerbeteiligung, die in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet aufgenommen wurden . . . . .	68
4.29. Besonderheiten der Unfallstelle mit zugehörigem Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden . . . . .	69
4.30. Ausfahrt Aral Tankstelle und Einmündung Lyonel-Feininger-Straße . . . . .	71
4.31. Allgemeinen Unfallursachen mit Unfallmodus, die bei Unfällen in den Jahren 2012 bis 2016 im Testgebiet angegeben wurden . . . . .	72
4.32. Bewertung anhand der während der Unfallaufnahme zugeordneten Unfalltypen . . . . .	73
4.33. Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen mit Kleinunfällen . . . . .	74

## Abbildungsverzeichnis

---

4.34. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 1 zugeordnet wurde . . . . .	75
4.35. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 2 zugeordnet wurde . . . . .	76
4.36. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 3 zugeordnet wurde . . . . .	77
4.37. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 4 zugeordnet wurde . . . . .	77
4.38. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 5 zugeordnet wurde . . . . .	78
4.39. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde . . . . .	79
4.40. Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 7 zugeordnet wurde . . . . .	80
A.1. Darstellung der Teststrecke, markiert sind die Knotenpunkte, die bei der Analyse berücksichtigt wurden . . . . .	103
B.1. Bestimmung der Risiko-Kategorie anhand der Eintrittswahrscheinlichkeit und Unfallschwer . . . . .	104
C.1. Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen ohne Typ 6 bei den Kleinunfällen . . . . .	107
C.2. Ausschnitt aus der Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde . . . . .	108

# Tabellenverzeichnis

2.1. Kategorisierung nach DIN V 19250 . . . . .	29
2.2. Klassifizierung der Gefährdungen nach ISO 26262 . . . . .	29
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 Münchner Norden . . . . .	44
4.5. Verkehrsstärken an ausgewählten Linksabbiegestreifen im Testgebiet . . . . .	54

# **Anlagenverzeichnis**

<b>A. Übersichtskarte</b>	<b>102</b>
<b>B. Häufigkeiten der Feintypen</b>	<b>104</b>
<b>C. Bewertungsdiagramme</b>	<b>107</b>



## A. Übersichtskarte

# A. Übersichtskarte

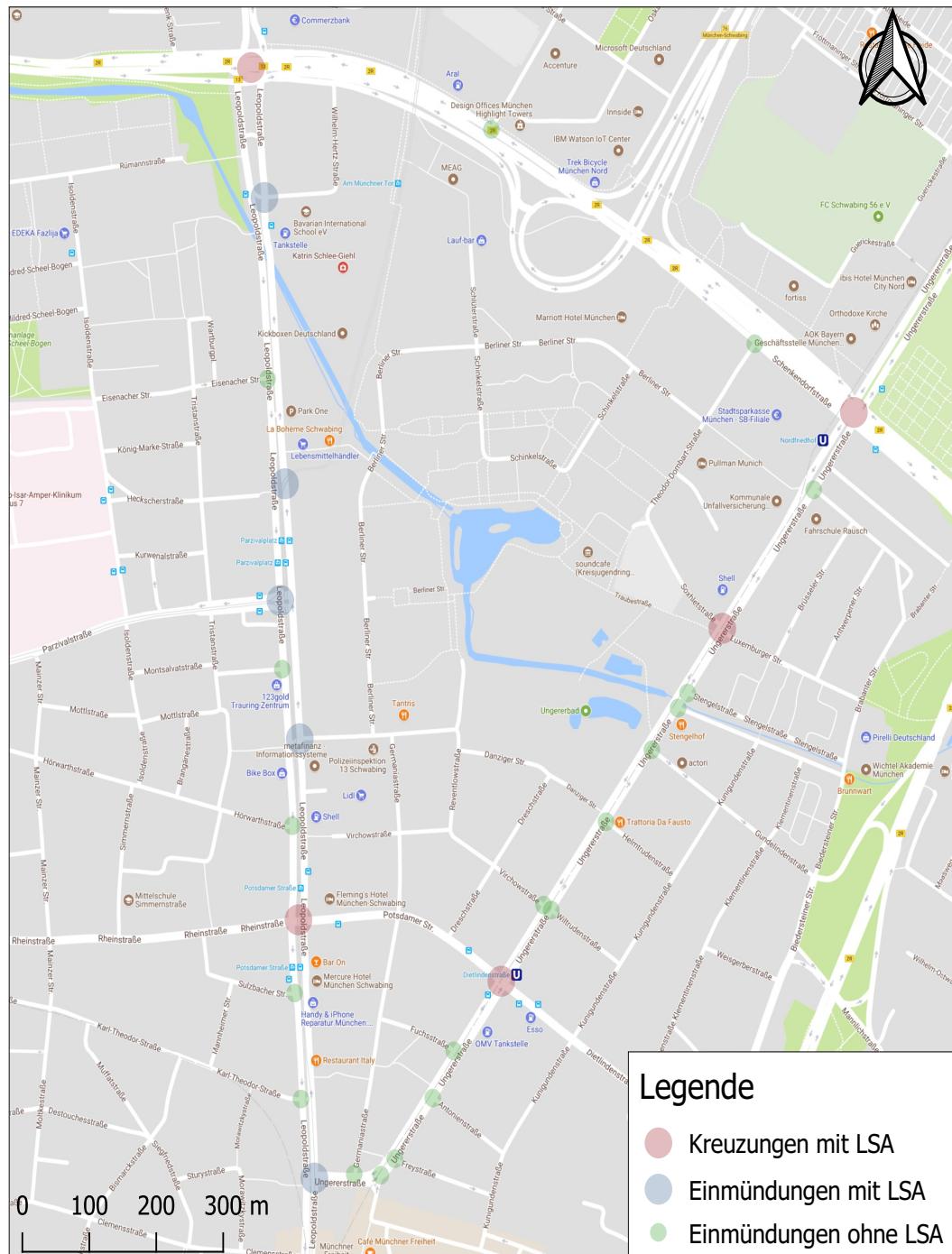


Abbildung A.1.: Darstellung der Teststrecke, markiert sind die Knotenpunkte, die bei der Analyse berücksichtigt wurden

## 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 4.33 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.

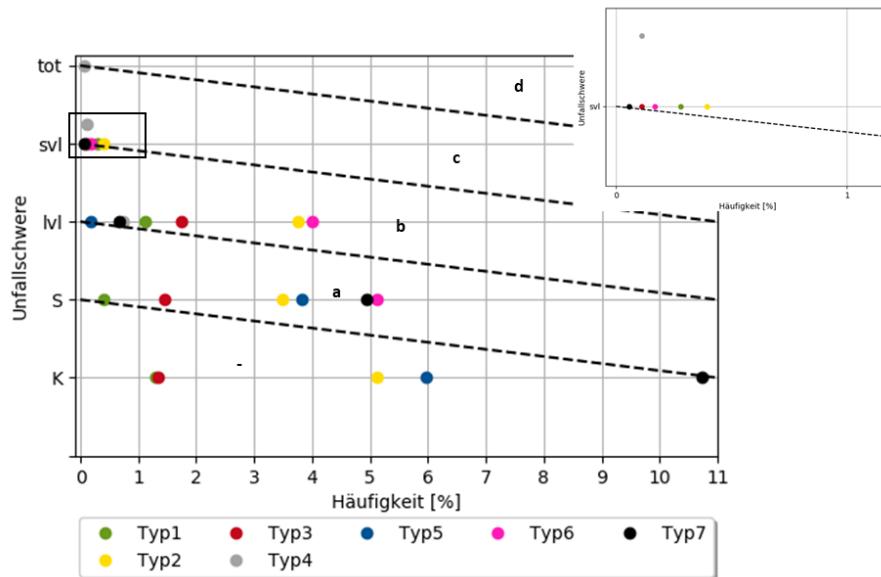


Abbildung C.1.: Bewertung der Unfälle im Testgebiet anhand der sieben Unfalltypen ohne Typ 6 bei den Kleinunfällen

## C. Bewertungsdiagramme

---

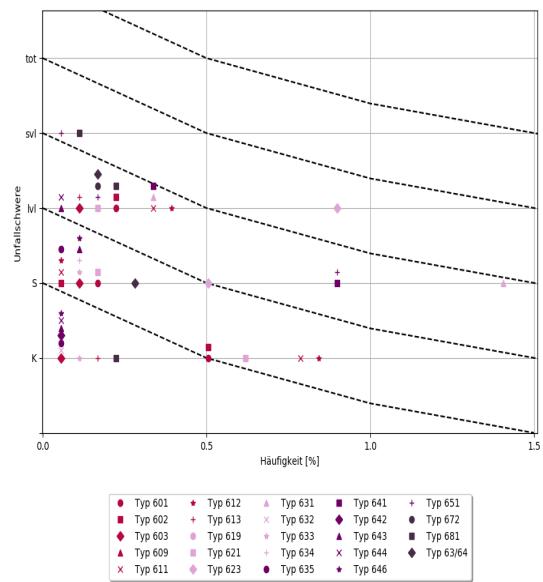


Abbildung C.2.: Ausschnitt aus der Bewertung der Unfälle, denen ein Feintyp des Unfalltyps 6 zugeordnet wurde

# **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