



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Verkehrstechnik

Unfallgeschehen an Knotenpunkten

**- Grundlagenuntersuchung zu Ursachen und Ansätzen zur Verbesserung
durch Assistenz -**

Dipl.-Ing. Marcus Gerstenberger

Vollständiger Abdruck der von der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch
2. Prof. Dr. phil. habil. Bernhard Schlag,
Technische Universität Dresden

Die Dissertation wurde am 17.02.2015 bei der Technischen Universität München einge-
reicht und durch die Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt am 05.05.2015 angenommen.

Danksagung

Diese Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei denjenigen bedanken, die mich während der Bearbeitungszeit der Dissertation in unterschiedlichster Form unterstützt haben.

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater Herrn Professor Fritz Busch für die Betreuung der Arbeit und wertvollen fachlichen Anregungen und Diskussionen bedanken.

Für die freundliche Übernahme des Koreferats und die hilfreichen Anmerkungen in der Schlussphase der Arbeit danke ich Herrn Professor Bernhard Schlag.

Ein Großteil der Inhalte dieser Arbeit ist im Rahmen der INI.TUM-Hochschulkooperation mit der AUDI AG entstanden. Hier gilt mein Dank besonders Frau Birgit Graab und Herrn Eckart Donner, welche mir durch die Initiierung des Kooperationsprojektes die Möglichkeit gegeben haben mich intensiv mit der Thematik auseinandersetzen zu können. Weiterhin danke ich den Kollegen der AARU Verkehrsunfallforschung in Ingolstadt und Regensburg, die mir durch den interdisziplinären Austausch immer wieder hilfreiche Anstöße und Hinweise gegeben haben.

Hervorheben möchte ich die besondere Atmosphäre am Lehrstuhl für Verkehrstechnik. Der wissenschaftliche Austausch und die besonders positive, freundschaftliche Stimmung haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Meinen Kollegen danke ich weiterhin dafür, dass sie neben dem fachlichen Input auch für die gelegentlich notwendige Ablenkung gesorgt haben. Frau Dr. Silja Hoffmann und Herrn Dr. Matthias Spangler danke ich für das Gegenlesen der Arbeit und das wertvolle Feedback.

Bei meinen Eltern möchte ich mich herzlich dafür bedanken, dass sie mich über Jahre gefördert und unterstützt haben und mir so diesen Weg ermöglicht haben.

Marcus Gerstenberger

Kurzfassung

Eines der Ziele der Verkehrswissenschaft stellt die Bereitstellung sicherer Bedingungen für den Verkehrsablauf dar. Hierzu zählt unter anderem die Vermeidung von Schäden durch Unfälle im Straßenverkehr. Neben Konflikten auf der Strecke stellen besonders Begegnungen an Knotenpunkten einen erheblichen Anteil der Verkehrssituationen dar, welche häufig zu Unfällen führen.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten im deutschen Straßennetz. Hierbei werden verschiedene Aspekte beleuchtet, die zur Entstehung von Unfällen beitragen. Zunächst wurden die infrastrukturellen Eigenschaften von Knotenpunkten in Deutschland innerhalb eines Untersuchungsgebietes erfasst und deren Verteilung dargestellt. Darüber hinaus wurden Unfälle mit Personenschaden an Knotenpunkten innerhalb des Untersuchungsgebietes detailliert analysiert und mit den Erkenntnissen zur Gestaltung der Knotenpunkte verknüpft. Für diese Analyse wurden die Knotenpunktunfälle im Straßennetz verortet, entsprechend des Unfallherganges plausibilisiert und nach charakteristischen Unfallkonstellationen klassifiziert. Neben den in den Unfalldaten enthaltenen Informationen zum Unfallort und den Umgebungsbedingungen wurden weitere infrastrukturelle Details ergänzt, für welche ein Einfluss auf die Gefährlichkeit des Knotenpunktes vermutet wird. Mit Hilfe dieser Zusatzinformationen konnten Gestaltungen von Knotenpunkten ermittelt werden, welche im Unfallgeschehen besonders häufig auftreten.

Zusätzlich wurde im Rahmen einer Probanden-Studie die Gefährlichkeit von Verkehrssituationen am Knotenpunkt zunächst allgemein beurteilt. Es wurden Beispiele der aus der Unfallanalyse ermittelten gefährlichen Knotenpunkte vorgestellt. Diese wurden hinsichtlich des Gefährdungspotentials sowie der Gründe für die Gefährdung von den Probanden eingeschätzt. Weiterhin wurden gefährliche Knotenpunktsituationen aus der persönlichen Fahrerfahrung der Umfrage-Teilnehmer erfragt und die dabei auffälligen Konfliktkonstellationen ermittelt. Mit Hilfe der Erkenntnisse aus dieser Befragung ließen sich gefährliche Knotenpunktgestaltungen aus Fahrersicht ermitteln, in welchen eine Unterstützung notwendig ist bzw. von den Verkehrsteilnehmern gewünscht wird.

Auf Grundlage der Erkenntnisse der einzelnen Untersuchungen werden Möglichkeiten zur Beeinflussung der Unfallentstehung und Ursachen an Knotenpunkten dargelegt. Dabei wird auf sowohl auf Situationen eingegangen, welche objektiv unfallträchtig sind als auch auf die vom Verkehrsteilnehmer als gefährlich „gefühlten“ Situationen. Zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in den verschiedenen Knotenpunktsituationen werden Anpassungen der Gestaltung der Infrastruktur und die Unterstützung durch Fahrerassistenz im Fahrzeug berücksichtigt.

Abstract

One of the goals of transportation science is to provide safe conditions for the traffic flow in all driving circumstances, which includes avoiding damages due to road traffic accidents. Conflict situations, which can lead to traffic accidents, occur both on straight sections and during driving manoeuvres at intersections.

In this work the traffic safety at intersections in the German road network is analysed by highlighting different aspects influencing the occurrence of accidents at intersections. In a first step, infrastructural designs of intersections within a research area in Germany are examined. Also a set of accidents with personal injuries at intersections are analysed and connected with the findings of the intersection design. For this analysis, all accidents in the database are localised, a plausibility check is done and they are categorised based on their characteristic constellations. In addition to the information in the database concerning the accident scene and surrounding conditions, additional infrastructural details, which possibly have an impact on the accident risk at an intersection, are added. Using this information, typical intersection designs with a high share in the accident occurrence are identified.

The responses from a survey are used to evaluate the risk of different traffic situations at intersections from a road user's point of view. Both a general evaluation of intersections as well as an evaluation of intersections that were found to be high risk in the previous accident analysis are included. The participants evaluated and explained the potential risks in the respective situation at the intersection, as well as the influence of different factors. Additionally, the personal experiences of road users concerning dangerous intersections in their living environment was requested. As a result, typical dangerous situations at intersections are identified where support is needed or assistance is desirable.

Using the findings of the conducted analyses, potential measures to influence the general problems, which form the basis of the accidents at intersections are shown. In addition to traffic situations that are conspicuous for accidents, situations that are identified as dangerous by the road users are introduced. In order to enhance traffic safety at intersections, adaptations of intersection design and support by driver assistance systems are proposed.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Methodik	1
1.1	Motivation	1
1.2	Forschungsfragen	2
1.3	Zielstellung und methodischer Ansatz	3
1.4	Struktur der Arbeit.....	4
2	Grundlagen - Stand des Wissens	7
2.1	Knotenpunkte im Straßennetz.....	7
2.2	Situationen im Straßenverkehr	14
2.3	Der Mensch im Straßenverkehr.....	15
2.3.1	Fahraufgaben und Handlungen.....	15
2.3.2	Fehler menschlichen Handelns	17
2.3.3	Fahraufgaben und -handlungen am Knotenpunkt.....	24
2.3.4	Belastung, Beanspruchung und Fahrerzustand	30
2.3.5	Aufmerksamkeit im Straßenverkehr.....	31
2.3.6	Risikowahrnehmung und -verhalten im Straßenverkehr	34
2.4	Komplexität und Gefährlichkeit	35
2.4.1	Komplexität von Situationen im Straßenverkehr.....	36
2.4.2	Bewertung der Gefährlichkeit von Verkehrssituationen	38
2.5	Verkehrsgeschehen am Knotenpunkt	40
2.5.1	Konfliktpunkte am Knotenpunkt.....	41
2.5.2	Fehlhandlungen am Knotenpunkt	42
2.6	Verkehrssicherheit in Deutschland	48
2.6.1	Unfallgeschehen	48
2.6.2	Unfallursachen	50
2.7	Unterstützungsmöglichkeiten am Knotenpunkt	53
2.7.1	Verkehrstechnische und -planerische Maßnahmen.....	54
2.7.2	Generelle Assistenzmöglichkeiten.....	56
2.7.3	Assistenz durch infrastrukturell-autonome Systeme	58
2.7.4	Assistenz durch fahrzeug-autonome Systeme	58
2.7.5	Assistenz durch kommunikative Systeme	59
2.8	Zwischenfazit - Bezug zu den durchgeführten Untersuchungen	62
3	Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz	65
3.1	Datenlage.....	65
3.2	Klassifikation von Verkehrssituationen am Knotenpunkt.....	66

3.3	Knotenpunktgestaltung im Untersuchungsgebiet	68
3.3.1	Vorgehen zur Ermittlung der Knotenpunktgestaltung	68
3.3.2	Beschreibung des Untersuchungsgebietes	70
3.3.3	Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz	71
3.3.4	Gestaltung von Kreuzungen im Straßennetz	74
3.3.5	Gestaltung von Einmündungen im Straßennetz	76
3.4	Zwischenfazit - Knotenpunktgestaltung	78
4	Analyse des Knotenpunktunfallgeschehens	81
4.1	GIDAS-Unfalldatenbank	81
4.1.1	Erhebungsmethodik und Inhalte	81
4.1.2	Vergleichbarkeit GIDAS und Unfallgeschehen in Deutschland	82
4.2	GIDAS Knotenpunktunfallgeschehen	86
4.3	Knotenpunktunfallgeschehen im Untersuchungsgebiet	92
4.3.1	Charakteristik der Unfallörtlichkeit	92
4.3.2	Charakteristik des Unfallablaufes	99
4.3.3	Charakteristik der Unfallschwere und -folgen	104
4.3.4	Charakteristik des Fahrerverhaltens und der Fahrerreaktion	110
4.3.5	Charakteristik der Unfallursachen	112
4.4	Zwischenfazit - Knotenpunktunfallgeschehen	113
5	Fahrerbefragung zu Gefahren am Knotenpunkt	117
5.1	Fahrerverhalten an Knotenpunkten	117
5.2	Fragebogen zur Einschätzung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten	118
5.2.1	Aufbau des Fragebogens und Ablauf der Befragung	118
5.2.2	Beschreibung der bewerteten Verkehrssituationen	120
5.2.3	Hypothesen zur Bewertung der Verkehrssicherheit aus Fahrersicht	122
5.3	Ergebnisse der Fahrerbefragung	123
5.3.1	Allgemeine Einschätzung der Verkehrssicherheit von Knotenpunkten ..	126
5.3.2	Bewertung unfallträchtiger Knotenpunktgestaltungen	136
5.3.3	Gefährliche Knotenpunkte aus eigener Fahrerfahrung	140
5.4	Zwischenfazit - Fahrerbefragung	143
6	Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt... 145	
6.1	Erkenntnisse der Untersuchungen	146
6.1.1	Situationen mit Unterstützungsbedarf	146
6.1.2	Ursachen von Problemsituationen	147
6.2	Ansätze zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt	148
6.2.1	Herausforderungen für den Fahrer	149
6.2.2	Anforderungen an die Infrastruktur	150

6.2.3 Anforderungen an Assistenzsysteme	153
6.3 Fazit	159
7 Resümee	163
7.1 Zusammenfassung.....	163
7.2 Weiterer Forschungsbedarf.....	165
Literaturverzeichnis	167
Glossar	177
Abkürzungsverzeichnis	185
Abbildungsverzeichnis	187
Tabellenverzeichnis.....	191
Anhang	193

1 Motivation und Methodik

Die Verbesserung der Verkehrs- und Fahrzeugsicherheit ist in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit getragen worden. Die europaweite Initiative zur Halbierung der Anzahl der Verkehrstoten im letzten Jahrzehnt [EU 2001] soll dabei hier nur als ein Beispiel dafür aufgeführt werden. Mobilität stellt ein stetig steigendes Bedürfnis in der modernen Gesellschaft dar und das Automobil spielt dabei eine wichtige, wenn nicht sogar die wichtigste Rolle. Die zunehmende Urbanisierung führt dazu, dass sich immer mehr Menschen auf immer kleineren Räumen bewegen. Die damit einhergehende Zunahme der Fahrzeugdichte im Straßenverkehr erhöht die Anforderungen an die Steuerung und Regelung des Verkehrsnetzes ebenso wie die Wahrscheinlichkeit, dass kritische Situationen durch Überforderung oder Unachtsamkeit der Fahrer entstehen. Dieser Umstand hat dazu geführt, dass Sicherheits- und Komfortsysteme bei neuen Fahrzeugen einen immer größeren Stellenwert einnehmen. Eine zielgerichtete Entwicklung von Assistenzsystemen setzt die genaue Analyse der vorliegenden Problemsituation sowie der relevanten Einflussfaktoren aus der Umgebung voraus. Ebenso muss die Infrastruktur den Anforderungen des wachsenden Verkehrs gerecht werden und entsprechend so gestaltet werden, dass ein effizienter und sicherer Verkehrsablauf gewährleistet werden kann.

1.1 Motivation

Die Verteilung des Unfallgeschehens in Deutschland zeigt, dass ein erheblicher Anteil der Unfälle auf Konflikte an Kreuzungen und Einmündungen entfallen. So ereigneten sich 2012 knapp 50 % aller Unfälle mit Personenschaden innerorts sowie etwa ein Drittel aller Außerorts-Unfälle mit Personenschaden an Kreuzungen oder Einmündungen. Jeder fünfte Verkehrstote kommt bei einem Unfall an einer Einmündung oder Kreuzung ums Leben und 33,4 % der schwerverletzten Personen kommen an Knotenpunkten zu Schaden (siehe Bild 1.1). Knotenpunkte stellen somit einen der Unfallschwerpunkte im Straßennetz dar.

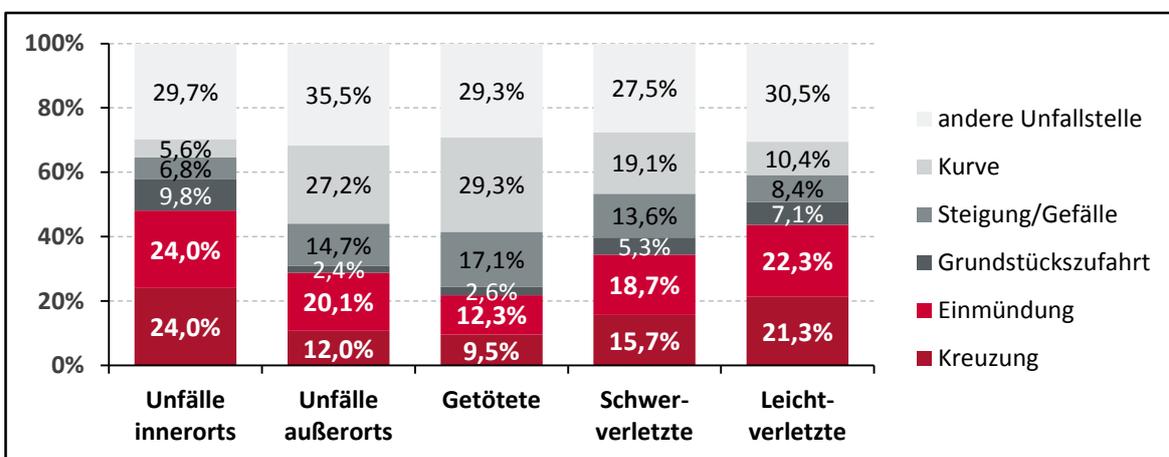


Bild 1.1: Unfallgeschehen mit Personenschaden in Deutschland 2012 nach Charakteristik der Unfallstellen [DESTATIS 2013B]

Die Beschäftigung mit Gefahrensituationen an Knotenpunkten bietet daher erhebliche Potentiale zur Vermeidung von Verkehrsunfällen und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. Die Bewältigung von Fahrsituationen an Knotenpunkten stellt den Fahrer vor die Aufgabe sich in einer sehr komplexen Umgebung zurechtfinden zu müssen. Dabei muss er bei seinen Entscheidungen eine Vielzahl von Informationen zunächst aufnehmen, entsprechend verarbeiten und anschließend daraus die richtigen Handlungskonsequenzen ableiten. Kritische Situationen können entstehen, wenn es dem Fahrer nicht möglich ist, alle relevanten Informationen aufzunehmen und bei seinen Entscheidungen zu berücksichtigen. Assistenzsysteme im Fahrzeug haben das Ziel den Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgaben zu unterstützen und zu entlasten. Dazu müssen dem System alle für die Durchführung des jeweiligen Fahrmanövers notwendigen Informationen zur Verfügung stehen, um die Umgebungssituation korrekt erfassen und die richtigen Entscheidungen treffen zu können.

Bisher in Serienfahrzeugen verfügbare Assistenzsysteme bieten lediglich Unterstützung in, im Vergleich zu den komplexen Verkehrsabläufen an Kreuzungen und Einmündungen, recht überschaubaren Situationen der Längs- und Querführung. Besonders für den innerstädtischen Bereich wurden in den letzten Jahren bereits verschiedene Ansätze prototypisch untersucht, die das Verkehrsgeschehen an Knotenpunkten adressieren. Serienreife Systeme im Fahrzeug existieren bisher noch nicht. Gründe hierfür sind vor allem die Komplexität der Situation und die Vielzahl an Umgebungseinflüssen, die beachtet werden müssen. Zusätzlich stellen die geringen Zeitabstände, in denen eine sichere Entscheidung über Systemaktionen getroffen werden muss, eine weitere Herausforderung dar. Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Entwicklung neuer Systeme zur Unfallvermeidung an Knotenpunkten leisten, indem die sicherheitsrelevanten Situationen charakterisiert und notwendige Schritte zur Unterstützung aufgezeigt werden.

1.2 Forschungsfragen

Bei der Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten sehen sich die verantwortlichen Entscheidungsträger der zuständigen Infrastrukturverwaltungen verschiedenen Fragen zum relevanten Unfallgeschehen, zu berücksichtigenden Einflüssen sowie zu Unterstützungsnotwendigkeiten gegenüber gestellt. Im gleichen Maße sind für die Fahrzeugindustrie für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen mit dem Wirkungsbereich im Knotenpunkt Antworten auf ähnliche Fragen wichtig. Hierzu werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die folgenden Aspekte näher beleuchtet:

Generell ist für eine zielgerichtete und flächendeckende Beeinflussung der Verkehrssicherheit im Straßenverkehr zunächst ein Überblick über die Gestaltung vorhandener Knotenpunkte im deutschen Straßennetz und die Häufigkeit verschiedener Gestaltungselemente von Knotenpunkten notwendig (siehe *Kapitel 3.3*). Es lässt sich dementsprechend Forschungsfrage 1 ableiten:

Forschungsfrage 1: Welche Gestaltungen von Knotenpunkten kommen im deutschen Straßennetz besonders häufig vor?

Darüber hinaus ist die Verteilung des Unfallgeschehens an Knotenpunkten von besonderem Interesse. Häufig vorkommende Unfallkonstellationen, in welchen der Verkehrsteilnehmer ggf. durch Assistenz unterstützt werden muss, stehen dabei im Vordergrund. Weiterhin ist zu untersuchen, welche Arten von Knotenpunkten im Straßennetz besonders unfallauffällig sind und damit besondere Gefahren darstellen (siehe *Kapitel 4.3*). Demnach können die folgenden Forschungsfragen 2 und 3 formuliert werden:

Forschungsfrage 2: Welche Unfallkonstellationen kommen im Knotenpunktunfallgeschehen besonders häufig vor?

Forschungsfrage 3: An welchen Arten von Knotenpunkten treten die einzelnen Knotenpunktunfalltypen auf?

Zusätzlich zur Analyse bestehender Konflikte und Unfallkonstellationen am Knotenpunkt ist es vor allem für die Akzeptanz von Maßnahmen der Verkehrssicherheit (die Anpassung der Infrastruktur oder die Funktionsweise von Assistenzsystemen) wichtig, die Sicht des Fahrers auf Knotenpunktsituationen, in denen er unterstützt werden soll, in die Betrachtungen einzubeziehen. Daher beschäftigt sich ein Teil dieser Arbeit mit den folgenden Fragestellungen 4, 5 und 6 zur Einschätzung der Situationen an Knotenpunkten aus Sicht der Verkehrsteilnehmer (siehe *Kapitel 5.3*):

Forschungsfrage 4: Welche Umgebungseinflüsse rufen für den Fahrer Gefahren an einem Knotenpunkt hervor?

Forschungsfrage 5: Welche Konfliktkonstellationen bzw. Fahrmanöver werden vom Fahrer als gefährlich empfunden?

Forschungsfrage 6: Welche Art von Unterstützung wird in den verschiedenen Knotenpunktsituationen vom Fahrer gewünscht?

1.3 Zielstellung und methodischer Ansatz

Das Ziel dieser Arbeit stellt die Untersuchung des Unfallgeschehens an Knotenpunkten im Straßennetz im Hinblick auf Möglichkeiten zur Vermeidung dieser Unfälle u.a. durch Änderungen der Infrastruktur oder den Einsatz von Assistenzsystemen dar. Hierzu wird neben der Charakteristik der Knotenpunktunfälle auch die Verteilung von Knotenpunkten und deren Gestaltung im deutschen Straßennetz detailliert untersucht. Für das Straßennetz eines Untersuchungsgebietes werden flächendeckend Detailinformationen zu Gestaltungselementen und Umgebungsbedingungen von Knotenpunkten erfasst. Der so erhobene Ist-Zustand des Gesamtstraßennetzes wird der Gestaltung von Knotenpunkten mit Unfällen gegenübergestellt. Zur detaillierten Analyse des Unfallgeschehens an Kreuzungen und Einmündungen werden Daten der GIDAS-Unfalldatenbank („German In-Depth Accident Study“) herangezogen. Dadurch werden Aussagen über die Relevanz der verschiedenen

Gestaltungselemente für das Unfallgeschehen und die Gefährlichkeit von unterschiedlichen Knotenpunkttypen ermöglicht. Durch die Zusammenführung der Erkenntnisse aus der Knotenpunkt- und Unfalldatenanalyse wird aufgezeigt, welche Knotenpunktgestaltungen besonders unfallauffällig sind und wo daher Schwerpunkte bei der Verbesserung der Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen gesetzt werden müssen.

Für den Nutzen von Assistenzsystemen und der Akzeptanz durch den Fahrer ist es darüber hinaus wichtig, Probleme und Konfliktsituationen zu kennen, in denen sich der Fahrer Unterstützung wünscht bzw. diese benötigt. Daher wird neben der rein objektiven Betrachtung von Unfallgeschehen und Straßennetzgestaltung die subjektive Fahrersicht auf Konflikte am Knotenpunkt durch eine Probandenbefragung erfasst. Aus diesen Befragungsergebnissen werden Anforderungen aus Nutzersicht an Fahrerassistenzsysteme im Knotenpunktbereich abgeleitet.

Insgesamt dienen diese Erkenntnisse als Grundlage für die Entwicklung von Assistenzsystemen, die zur Vermeidung von Knotenpunktunfällen und zur Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen. Es werden funktionale Anforderungen für Assistenzsysteme abgeleitet und Schwerpunkte für die Verbesserung der Verkehrssicherheit durch infrastrukturelle Anpassungen an Knotenpunkten herausgearbeitet.

1.4 Struktur der Arbeit

Nach den einleitenden Worten und der Beschreibung der Methodik der Arbeit im *Kapitel 1* werden im Folgenden allgemeine Grundlagen zum Verkehrsgeschehen und generelle Aspekte zum Themenbereich Verkehrssicherheit an Knotenpunkten erläutert (*Kapitel 2*). Neben der Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes, der Schilderung relevanter Zusammenhänge des menschlichen Verhaltens im Straßenverkehr und der allgemeinen Betrachtung des Unfallgeschehens wird der Stand der Technik von Assistenzmöglichkeiten in Situationen am Knotenpunkt dargelegt.

Mit der straßenbaulichen und verkehrstechnischen Gestaltung von Knotenpunkten befasst sich *Kapitel 3*. Zunächst wird eine Bestandsaufnahme des Straßennetzes eines Untersuchungsgebietes durchgeführt. Anschließend wird die Verteilung der Knotenpunkte hinsichtlich sicherheitsbeeinflussender Aspekte analysiert.

Das Unfallgeschehen an Knotenpunkten wird in *Kapitel 4* anhand eines umfangreichen Unfalldatensatzes des Untersuchungsgebiets detailliert dargestellt, unfallbeeinflussende Faktoren werden analysiert und der Zusammenhang zwischen der Gestaltung von Knotenpunkten und dem Unfallgeschehen wird untersucht. Letztendlich werden häufige Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt und unfallauffällige Knotenpunktgestaltungen herausgearbeitet.

Das *Kapitel 5* befasst sich mit der Fahrersicht auf die Verkehrssicherheit und der Beurteilung von Gefahren an Knotenpunkten. Der Inhalt der durchgeführten Fahrerbefragung und die entsprechenden Ergebnisse werden dargestellt. Diese werden den Erkenntnissen der objektiven Knotenpunkt- und Unfallanalyse der *Kapitel 3* und *4* gegenübergestellt.

Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen der vorangegangenen Abschnitte sowie entsprechende Ansatzpunkte zur Vermeidung von Unfällen an Knotenpunkten sowie der Verbesserung der Verkehrssicherheit werden im *Kapitel 6* dargelegt. Es werden Anforderungen an die Infrastruktur und für zukünftige Assistenzsysteme am Knotenpunkt abgeleitet.

Abschließend werden im letzten *Kapitel 7* die Kernaussagen der durchgeführten Analysen dargestellt und Ansatzpunkte aufgezeigt, die im Rahmen weiterführender Forschung bearbeitet werden sollten.

In Bild 1.2 sind Inhalte und Struktur der vorliegenden Arbeit dargestellt und es zeigt die Fragestellungen, denen in den jeweiligen Kapiteln nachgegangen wird.

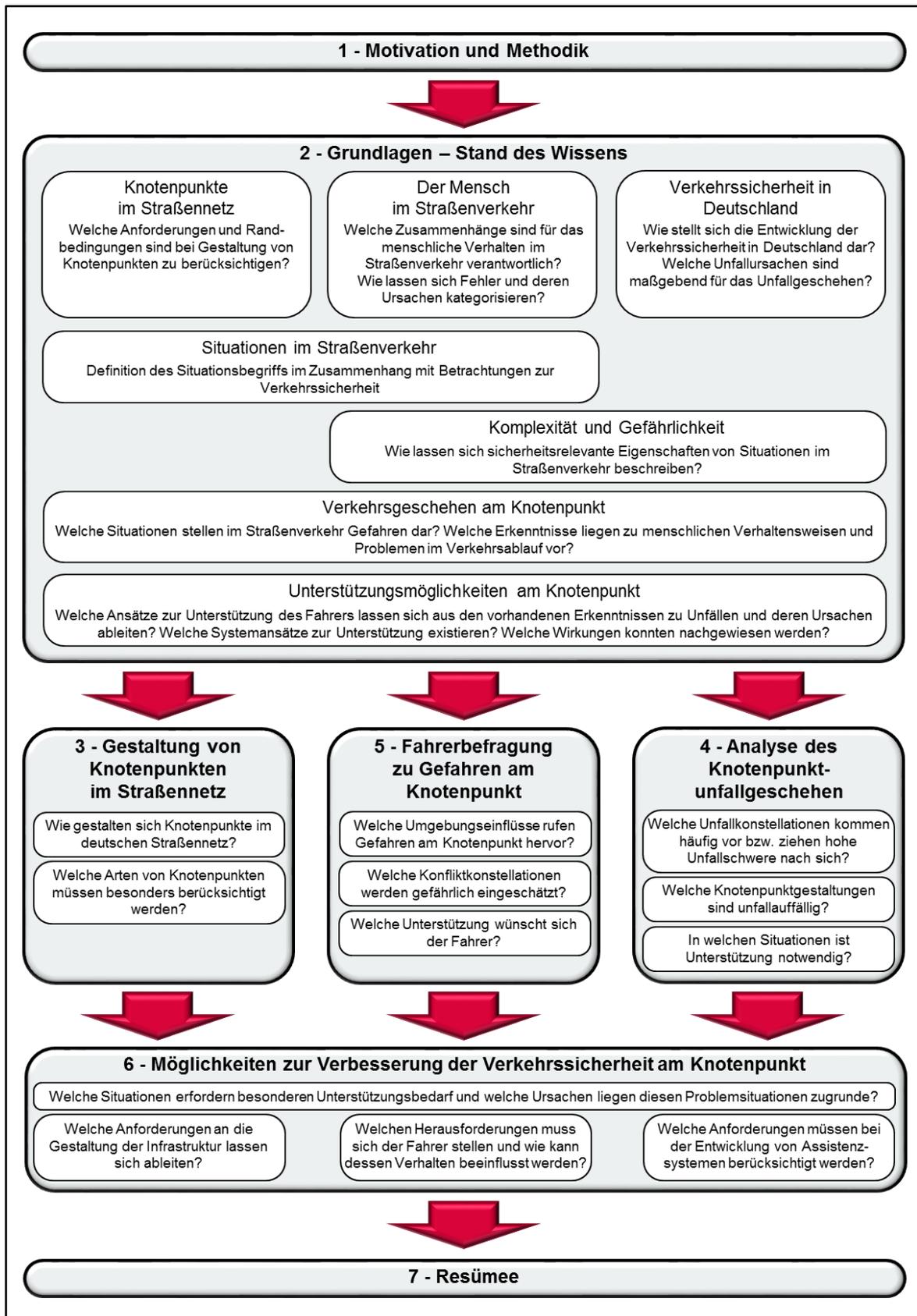


Bild 1.2: Struktur der vorliegenden Arbeit und Forschungsfragen

2 Grundlagen - Stand des Wissens

Das folgende Kapitel befasst sich mit den relevanten Themenbereichen, welche für die Beschäftigung mit der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten von besonderem Interesse sind. Zunächst werden geltende Regelungen zu Planung und Bau von Knotenpunkten in Deutschland erläutert, um die vorhandenen Rahmenbedingungen in den weiteren Untersuchungen berücksichtigen zu können (*Kapitel 2.1*). Zur Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes werden in *Kapitel 2.2* die in dieser Arbeit verwendeten Definitionen des Situationsbegriffes erläutert. *Kapitel 2.3* befasst sich mit den Zusammenhängen zwischen dem menschlichen Verhalten und den Anforderungen an das Führen von Fahrzeugen im Straßenverkehr. Dabei wird auf die relevanten Aufgaben und notwendigen Handlungen im Straßenverkehr allgemein (*Kapitel 2.3.1*) sowie im Speziellen bei der Bewältigung von Fahrmanövern an Knotenpunkten (*Kapitel 2.3.3*) eingegangen. In diesem Zusammenhang spielt es eine wichtige Rolle einen Überblick über mögliche Fehler bei der Durchführung von Fahrmanövern und der Fehlerursachen zu bekommen (*Kapitel 2.3.2*), um diese bei der Ableitung von Verbesserungsansätzen entsprechend berücksichtigen zu können. Weiterhin werden die subjektive Beanspruchung des Fahrers im Straßenverkehr (*Kapitel 2.3.4*), bestehende Zusammenhänge bei der Steuerung der Aufmerksamkeit im Straßenverkehr (*Kapitel 2.3.5*) und die unterschiedliche Einschätzung von vorhandenen Risiken durch den Fahrer (*Kapitel 2.3.6*) als weitere Einflüsse auf die Sicherheit an Knotenpunkten dargestellt. Zur Beschreibung sicherheitsrelevanter Eigenschaften von Situationen im Straßenverkehr wird im *Kapitel 2.4* auf vorhandene Erkenntnisse zur Einschätzung der Komplexität und auf Möglichkeiten zur Bewertung der Gefährlichkeit eingegangen. Die Besonderheiten der Verkehrsabläufe am Knotenpunkt werden in *Kapitel 2.5* beschrieben. Ebenso werden die Erkenntnisse vorhandener Studien zur Verteilung menschlicher Fehler und Fehlhandlungen bei Knotenpunktunfällen zusammengefasst (*Kapitel 2.5.2*). Eine Einordnung der Entwicklung der Verkehrssicherheit in Deutschland bietet *Kapitel 2.6* anhand der Darstellung des Unfallgeschehens sowie der Erläuterung der Unfallursachenverteilung. In *Kapitel 2.7* werden vorhandene Erkenntnisse zu Unterstützungsmöglichkeiten des Fahrers im Knotenpunktbereich zusammengefasst. Dabei wird neben der planerischen Anpassung der Infrastruktur und der Nutzung verkehrstechnischer Maßnahmen auch auf den Stand der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen im Knotenpunkt eingegangen. Abschließend stellt *Kapitel 2.8* die Querbezüge zu den in den weiteren Kapiteln dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen her.

2.1 Knotenpunkte im Straßennetz

Unter Knotenpunkten im Straßennetz werden alle baulichen Anlagen zur Verknüpfung von Verkehrswegen verstanden [FGSV 2012A]. Durch diese Verknüpfung von mehreren Streckenelementen müssen an Knotenpunkten verhältnismäßig große Verkehrsmengen abge-

wickelt werden, wodurch sie einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Verkehrsablaufes haben. Aufgrund der Konzentration des Verkehrs an Knotenpunkten spielt die Verkehrssicherheit hier eine besondere Rolle und ist in ihrer Wertigkeit mindestens ebenso wichtig, wie die Effizienz des Verkehrsflusses.

Für die Errichtung von Straßenknotenpunkten existieren in Deutschland mehrere Richtlinien. Zum einen werden grundsätzlich zu beachtende Aspekte behandelt, zum anderen aber auch genaue geometrische Anforderungen an das zu planende Straßenelement festgelegt. Prinzipiell lassen sich Knotenpunkte hinsichtlich der Gestaltung unterscheiden in plangleiche Knotenpunkte (Abwicklung des Verkehrs nur in einer Ebene) und planfreie Knotenpunkte (Vermeidung von Kreuzungsvorgängen zwischen verschiedenen Fahrzeugströmen auf einer Ebene durch Über- oder Unterführungsbauwerke).

Grundform	Einmündungen	Kreuzungen	Grundform	Kreuzungen
I Einmündung oder Kreuzung von 2-streifigen Straßen				
II Einmündung oder Kreuzung von 2-bahniger mit 2-streifiger Straße in der Regel mit Lichtsignalanlage			IV Teilplanfreie Kreuzung von 2-streifigen oder 2-bahnigen Straßen	
III Einmündung oder Kreuzung von zwei 2-bahnigen Straßen mit Lichtsignalanlage				
VI Aufgeweitete Einmündung oder Kreuzung mit mindestens einer 2-bahnigen Straße			V Kreuzung 2-streifiger Straßen als Versatz	
VII Kreisverkehrsplatz an 2-streifigen oder 2-bahnigen Straßen				

Bild 2.1: Grundformen plangleicher Knotenpunkten [FGSV 1988]

In dieser Arbeit werden ausschließlich Verkehrsabläufe an plangleichen Knotenpunkten betrachtet. Diese lassen sich entsprechend FGSV [1988] in die in Bild 2.1 dargestellten Grundformen unterscheiden. Da generelle Ansatzpunkte zur Verbesserung der Verkehrssicherheit betrachtet werden sollen, werden abweichend von der Klassifikation in der Richtlinie teilplanfreie Kreuzungen (*Grundform IV*) und Kreuzungen mit Versatz (*Grundform V*), als jeweils zwei einzelne Einmündungen behandelt. Zwischen Kreuzungen der *Grundform III* und der „aufgeweiteten“ Variante nach *Grundform VI* wird innerhalb dieser Arbeit nicht unterschieden. Darüber hinaus werden Kreuzungen von mehr als zwei Straßen

(bzw. mit mehr als vier Zufahrten) unter dem Begriff „komplexe Kreuzung“ zusammengefasst.

Werden in den folgenden Kapiteln die Begriffe „Einmündung“, „Kreuzung“ oder „Kreisverkehr“ genutzt, so handelt es sich um Aussagen, die explizit für die jeweilige Knotenform getroffen werden. Werden generelle Aussagen formuliert, die verschiedene Knotenpunktformen betreffen, so wird zur besseren Unterscheidung der Begriff „Knotenpunkt“ verwendet.

Bei der Gestaltung von Knotenpunkten spielen verschiedene Einflussfaktoren eine Rolle. So müssen neben der generellen Funktion der Straße im Gesamtnetz (Autobahn, Landstraße, Verbindungsstraße, Hauptverkehrsstraße oder Erschließungsstraße) und der Verkehrsbelastung der kreuzenden Straßen auch das Unfallgeschehen sowie die lokale städtebauliche Umgebung in die Überlegungen einbezogen werden. Ansprüche an Sicherheit und Leistungsfähigkeit des Knotens für den motorisierten und nicht motorisierten Verkehr sind beim Entwurf von Knotenpunkten ebenso zu berücksichtigen wie Anforderungen des Naturschutzes, der Landschaftsgestaltung und der Wirtschaftlichkeit von Bau und Betrieb [FGSV 1988]. Ausgehend von diesen Überlegungen werden in Planung und Entwurf die Knotenpunktart und Vorfahrtsregelung sowie entsprechende Gestaltungselemente zur Führung der Verkehrsteilnehmer (Fahrbahn- und Fahrstreifenanzahl, Geschwindigkeiten, Führung von Radfahrern und Fußgängern) bestimmt.

Für die Planung gelten nach den „Richtlinien zur Anlage von Stadtstraßen“ (RASt) [FGSV 2006] generell folgende Grundsätze:

Knotenpunkte müssen:

- aus allen Knotenpunktzufahrten rechtzeitig erkennbar sein,
- begreifbar sein, um für alle Verkehrsteilnehmer die Bevorrechtigung, mögliche Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern sowie Einordnungs- und Abbiegemöglichkeiten zu verdeutlichen,
- so übersichtlich sein, dass zumindest alle Wartepflichtigen bei der Annäherung an einen Gefahrenpunkt die bevorrechtigten Verkehrsteilnehmer rechtzeitig sehen können,
- gut und sicher befahrbar bzw. begehbar sein.

Für Knotenpunkte an Hauptverkehrsstraßen mit Vorfahrtsregelung durch Lichtsignalanlagen ist der Gestaltung der Übergänge zwischen der freier Strecke und dem Knotenpunkt besondere Beachtung zu schenken. Es ist dabei zumeist erforderlich, besondere Fahrstreifen und Aufstellflächen vorzusehen, sowie den Radverkehr sicher zu führen und eventuell notwendige Haltestellen für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu integrieren. Die verschiedenen Nutzungsansprüche der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen müssen hierbei in die vorhandene Straßeninfrastruktur integriert werden, ohne dass die Seitenraumflächen (vor allem Gehwegbreiten) beeinträchtigt werden [FGSV 2006].

In den Richtlinien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) werden verschiedene Anforderungen beschrieben, welche für die Gestaltung eines Knotenpunktes maßgebend sind. Dies betrifft vor allem die Kriterien:

- Vorfahrtsregelung,
- Anzahl der Fahrbahnen (Bahnigkeit),
- Führung von Abbiegeströmen,
- Ausprägung der Sichtbereiche sowie
- Führung von Radfahrern und Fußgängern.

In den folgenden Abschnitten werden die vorhandenen Randbedingungen für den Entwurf von Knotenpunkten zusammengefasst.

Vorfahrtsregelung

Zur Wahl der Vorfahrtsregelung am Knotenpunkt werden in FGSV [2006] Kriterien beschrieben, welche für die einzelnen Arten der Vorfahrtsregelungen sprechen:

- Die „rechts vor links“-Regelung ist dann geeignet, wenn die kreuzenden Straßen des Knotenpunktes gleichrangig sind, mit niedrigen Geschwindigkeiten (z. B. Tempo 30-Zone) befahren werden und geringe Verkehrsstärken in allen Zufahrten vorliegen. Für Knotenpunkte mit regelmäßigem Linienbusverkehr ist diese Form der Vorfahrtsregelung nur in Ausnahmefällen möglich, an Knotenpunkten mit Straßenbahnverkehr sogar ausgeschlossen.
- Die Regelung durch Verkehrszeichen soll angewendet werden, wenn die kreuzenden Straßen unterschiedlichen Rang und deutlich unterschiedliche Verkehrsstärken aufweisen. Eine Schilderregelung ist zu vermeiden, wenn durch zu hohe Verkehrsstärken der Vorfahrtsstraße die wartepflichtigen Verkehrsteilnehmer gezwungen sind zu geringe Zeitlücken nutzen zu müssen oder die Verkehrsstärke der untergeordneten Straße zu hoch ist.
- Eine Lichtsignalanlage (LSA) kann erforderlich werden, wenn die Leistungsfähigkeit oder die Verkehrssicherheit des Knotenpunktes aufgrund der Höhe des Verkehrsaufkommens, von Unfalldhäufungen oder anderen Gefährdungen nicht anderweitig gewährleistet werden kann. Darüber hinaus dient die Regelung durch LSA dazu die Überquerungsmöglichkeiten für Fußgänger und Radfahrer zu verbessern sowie eine Prioritätenreihenfolge der Verkehrsströme gewährleisten zu können und diese zu koordinieren.

Bahnigkeit und Führung von Abbiegeströmen

In Abhängigkeit der Funktion der kreuzenden Straßen, den erwarteten Verkehrsbelastungen einzelner Fahrbeziehungen am Knotenpunkt sowie des Fußgänger- und Radfahreraufkommens werden verschiedene Entwurfselemente zur Führung von Ein- und Abbiegern

bzw. zur Fuß- und Radweggestaltung vorgeschlagen. Bei stärker belasteten Strecken können die Fahrrichtungen durch einen Mittelstreifen baulich voneinander getrennt werden, der gleichzeitig als Trasse für Trambahnen oder Busse dienen kann.

Für die Verwendung von separaten Linksabbiegefahrstreifen oder Aufstellbereichen für Linksabbieger an Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete spricht vor allem die Verkehrssicherheit. Innerhalb bebauter Gebiete wird diese Führungsform hauptsächlich zur Gewährleistung der Leistungsfähigkeit des Knotens und zur Verbesserung des Verkehrsablaufes empfohlen. An Knotenpunkten mit Zufahrten, die vier oder mehr Fahrstreifen aufweisen, sowie an LSA-geregelten Knotenpunkten sind Linksabbiegestreifen in der Regel erforderlich. Für Knotenpunkte von zweistreifigen Straßen spielen die Lage des Knotenpunktes, die Netzfunktion der übergeordneten Straße und das Verhältnis der Linksabbieger-Verkehrsstärke zur Verkehrsstärke der übergeordneten Straße eine wichtige Rolle für die Abwägung der Errichtung von Linksabbiegefahrstreifen. Abgesehen davon können Fahrbahnaufweitungen zur Führung von Linksabbiegern vorgesehen werden, die dem Linksabbieger die Möglichkeit bietet sich aus dem Verkehrsfluss auszufädeln [FGSV 2006].

Zur Führung von rechtsabbiegenden Verkehrsteilnehmern stehen verschiedene bauliche Varianten zur Verfügung:

- Eckausrundungen mit oder ohne Fahrbahnteiler in der einmündenden Straße,
- Ausfahrkeil mit anschließender Eckausrundung, Fahrbahnteiler und Dreiecksinsel,
- Rechtsabbiegefahrstreifen mit Eckausrundung mit oder ohne Fahrbahnteiler und Dreiecksinsel.

Die Wahl der verwendeten Elemente zur Führung der Rechtsabbieger wird einerseits durch fahrdynamische Aspekte aufgrund des hohen Geschwindigkeitsniveaus des Kraftfahrzeugverkehrs und andererseits durch fahrgeometrische Anforderungen aufgrund der Fahrzeugabmessungen (vor allem des Schwerlastverkehrs) bestimmt. Die Belange anderer Verkehrsteilnehmer (Radfahrer, Fußgänger) sowie betriebliche Anforderungen (z. B. Lichtsignalanlagen) oder Anforderungen aus dem Umfeld spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Wahl der Elemente zur Führung der Rechtsabbieger [FSGV 1988].

Sichtbereiche am Knotenpunkt

Generell müssen Knotenpunkte so gestaltet sein, dass sie für den Fahrer aus einer Entfernung erkennbar sind, die es ihm ermöglicht entsprechend auf andere Verkehrsteilnehmer reagieren zu können und gegebenenfalls rechtzeitig zum Stillstand zu kommen. Weiterhin müssen für Verkehrsteilnehmer aus der wartepflichtigen Zufahrt Mindestsichtfelder von statischen Sichthindernissen und sichteinschränkenden Bewuchs freigehalten werden. Zur Gewährleistung der Sichtverhältnisse sind die Augenhöhen der entsprechenden Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen. In den Regelwerken der FGSV wird für Pkw-Fahrer 1,00 m,

für Lkw-Fahrer 2,00 m als relevante Augenhöhe vorgegeben. In Abhängigkeit der Straßenkategorie und der am Knotenpunkt gefahrenen Geschwindigkeit werden für die verschiedenen Sichtfelder Mindestmaße vorgegeben.

Die „Haltesicht“ bezeichnet die Entfernung, die ein Fahrer benötigt, um an der durch die Vorrangregelung bestimmten Stelle halten zu können [FGSV 2012A].

Die „Anfahrtsicht“ beschreibt die Sichtweite auf bevorrechtigte Fahrzeuge, die ein wartepflichtiger Fahrer eines stehenden Fahrzeuges benötigt, um gefahrlos einbiegen, kreuzen oder einfädeln zu können [FGSV 2012A].

Als „Annäherungssicht“ wird die Sichtweite auf bevorrechtigte Fahrzeuge bezeichnet, die ein wartepflichtiger Fahrer bei der Annäherung an einen Konfliktbereich benötigt, um nach Möglichkeit ohne Halt einbiegen, kreuzen oder einfädeln zu können [FGSV 2012A].

Die im Bild 2.2 dargestellten Werte für Halte-, Anfahr- und Annäherungssicht entsprechen den Anforderungen nach FGSV [1988] für Straßen, die mit einer Geschwindigkeiten von 50 km/h befahren werden.

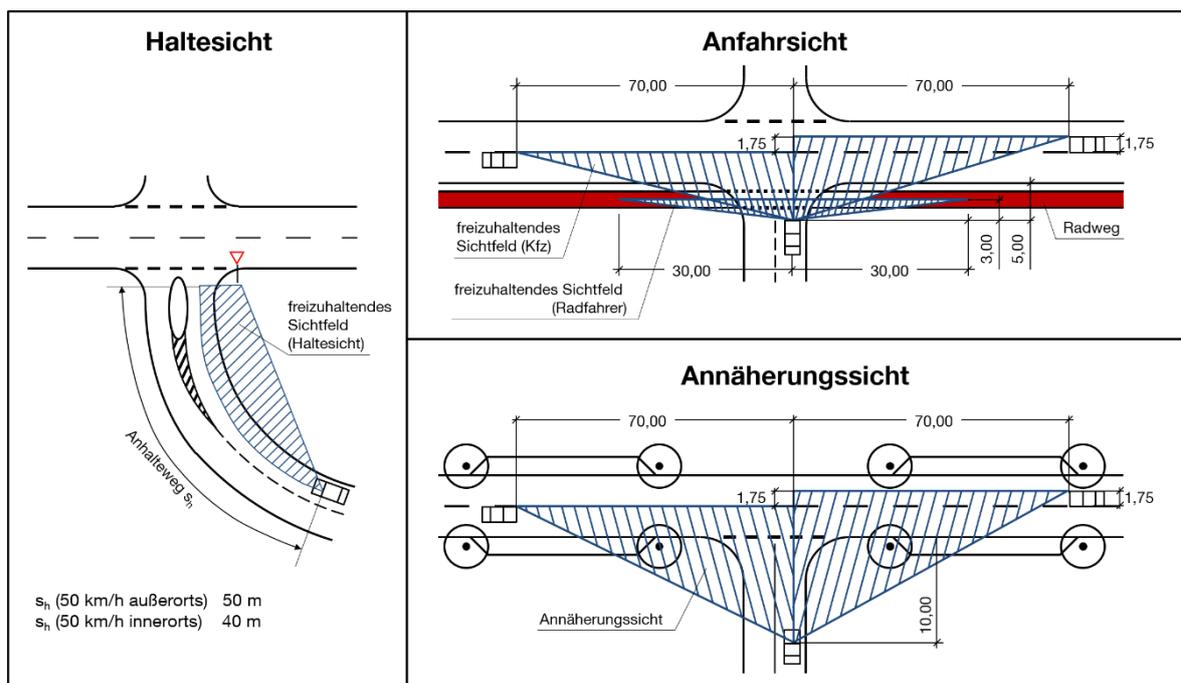


Bild 2.2: Vorgeschriebene Mindestabmessungen für Haltesicht, Anfahrtsicht und Annäherungssicht bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h [FGSV 1988]

Fußgänger- und Radfahrerführung am Knotenpunkt

Bei Planung und Entwurf der Fußgänger- und Radfahrerführung am Knotenpunkt sind vor allem die relativ geringe Wartebereitschaft beim Überqueren von Fahrbahnen sowie die Umwegempfindlichkeit von Fußgängern und Radfahrern zu berücksichtigen. Dies führt dazu, dass innerorts (insbesondere in Wohngebieten oder Freizeit- und Sportgebieten) die

Erfüllung der Ansprüche von Fußgängern und Radfahrern wichtiger ist, als die Anforderungen des motorisierten Individualverkehrs. Dabei können sich oft Zielkonflikte zwischen einer fußgänger- und radfahrerfreundlichen Gestaltung ergeben.

Bei der Gestaltung von Überquerungsstellen für Fußgänger ist es das Ziel, die Überquerung in kurze Etappen zu zerlegen. Die hierfür benötigten Inseln sollten dabei entsprechend groß dimensioniert werden, um von den Fußgängern als Wartezone angenommen zu werden. Gerade an großflächigen Knotenpunkten wird die Orientierung und Begreifbarkeit durch die Vielzahl an Inseln erschwert. An den jeweiligen Überquerungsstellen müssen zur Gewährleistung eines ungestörten Längsverkehrs auf den Gehwegen entsprechend große Warteflächen vorgesehen werden [FGSV 1988].

Knotenpunkte mit "rechts vor links"-Regelung		
- Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn ohne Beschilderung oder besondere Markierung		
Knotenpunkte mit Schilderregelung		
	<i>Geradeausverkehr</i>	<i>Linksabbiegeverkehr</i>
<i>auf der übergeordneten Straße</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Schutz- und Radfahrstreifen in Knotenpunkten und an Einmündungen markieren - Radwege an Fahrbahn heranführen - Sicht auf Radverkehr freihalten - Furtmarkierungen über Einmündungen - ggf. Furten von Radwegen bzw. Geh- und Radwegen anheben (Radwegüberfahrt) - Radwege in Schutz- oder Radfahrstreifen überführen 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufstellflächen für indirektes Abbiegen - Linksabbiegestreifen für den Radverkehr - (geteilte) Mittelinseln als Aufstellraum für den linksabbiegenden Radfahrer
<i>im untergeordneten Knotenpunktarm</i>	<ul style="list-style-type: none"> - in der Regel mit direktem Linkseinbiegen - Fahrbahnleiter als Überquerungshilfen in den übergeordneten Knotenpunktarm - keine Furtmarkierung 	
Knotenpunkte mit LSA		
	<i>Geradeausverkehr</i>	<i>Linksabbiegeverkehr</i>
<i>übergeordnete, durch längere Freigabezeiten begünstigte Straße</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Radwege, Schutz- oder Radfahrstreifen zum Vorbeifahren an wartenden Kraftfahrzeugen - Fortführung des Schutzstreifens im Knotenpunkt - Furtmarkierungen im Zuge von Radwegen und Radfahrstreifen - vorgezogene Haltelinien - Verzicht auf freie Rechtsabbieger für den Kraftfahrzeugverkehr 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufstellflächen für indirektes Abbiegen - Schutzstreifen in Linksabbiegestreifen - Linksabbiegestreifen für den Radverkehr - Fahrradschleuse
<i>untergeordnete Straße oder Abbiegestreifen mit geringeren Freigabezeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> - in der Regel mit direktem Linkseinbiegen - Schutz- oder Radfahrstreifen zum Vorbeifahren - aufgeweiteter Radaufstellstreifen 	

Tab. 2.1: Entwurfselemente zur Führung von Radfahrern an Knotenpunkten mit verschiedenen Vorfahrtsregelungen [FGSV 2010]

Die Wahl der Führungsformen des Radverkehrs richtet sich in erster Linie nach dem vorhandenen Radverkehrsaufkommen sowie der Berücksichtigung von Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf. Wichtig für die Verkehrssicherheit des Radverkehrs ist hierbei eine

hohe Akzeptanz und gute Begreifbarkeit der gewählten Führungsform sowie die Gewährleistung guter Sichtverhältnisse. Für die Gestaltung von Entwurfselementen des Radverkehrs am Knotenpunkt ist die Art der Vorfahrtsregelung entscheidend. Entsprechend werden in den Richtlinien die in Tab. 2.1 aufgelisteten Gestaltungselemente vorgeschlagen.

2.2 Situationen im Straßenverkehr

Das Bewegen eines Fahrzeuges im Straßenverkehr stellt eine überaus komplexe Tätigkeit dar, die sich nach v. BENDA ET AL. [1983] als eine Verkettung von Interaktionen zwischen dem System Fahrer-Fahrzeug und der sich ständig ändernden Umgebung darstellen lässt. Der Begriff „Situation“ wird im Zusammenhang mit dem Straßenverkehr in verschiedenster Art und Weise verwendet und kann daher auch unterschiedlich verstanden werden. Hierbei kann sowohl die rein objektive Beschreibung der Umgebung als auch das Verhalten des Menschen als Reaktion auf die gegebenen Umgebungsbedingungen unter einer „Situation“ zusammengefasst werden. Diese Vielschichtigkeit der Beschreibung einer Situation macht es erforderlich, eindeutige Definitionen und Abgrenzungen der verschiedenen Situationsbegriffe vorzunehmen. In dieser Arbeit werden die von REICHART [2001] definierten verschiedenen Perspektiven auf Situationen im Straßenverkehr verwendet.

Der Begriff „*Verkehrssituation*“ umfasst dabei die objektiv gegebene räumliche und zeitliche Konstellation der verkehrsbezogenen Einflussgrößen der Umgebung des Verkehrsteilnehmers. Für Situationen am Knotenpunkt zählen hierunter alle Umfeldgegebenheiten, wie die Art des Knotenpunktes (Einmündung, Kreuzung, Kreisverkehr), die Art der Verkehrsregelung und die Gestaltung der Fahrbahn (bauliche Trennung der Fahrtrichtungen durch Mittelstreifen, Fahrstreifenanzahl und -art).

Die „*Fahrsituation*“ beschreibt den aus Fahrersicht prinzipiell wahrnehmbaren Ausschnitt der Verkehrssituation in Abhängigkeit des geplanten Fahrmanövers und des umgebenden Verkehrs. Es handelt sich auch hier um eine rein objektive Beschreibung der Umgebungsgestaltung. Neben der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer spielt hierbei auch die Vorfahrtssituation (ob sich der Fahrer in einer wartepflichtigen oder bevorrechtigten Zufahrt befindet) bei der Durchführung des Fahrmanövers eine wichtige Rolle.

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 (Sehvermögen, Erfahrung, Emotion und Erwartung) bestimmt. Hierbei stellen vor allem auch Ablenkungen durch fahrzeuginterne oder -externe Objekte und Personen sowie zu absolvierende Nebenaufgaben einen großen Einflussfaktor dar.

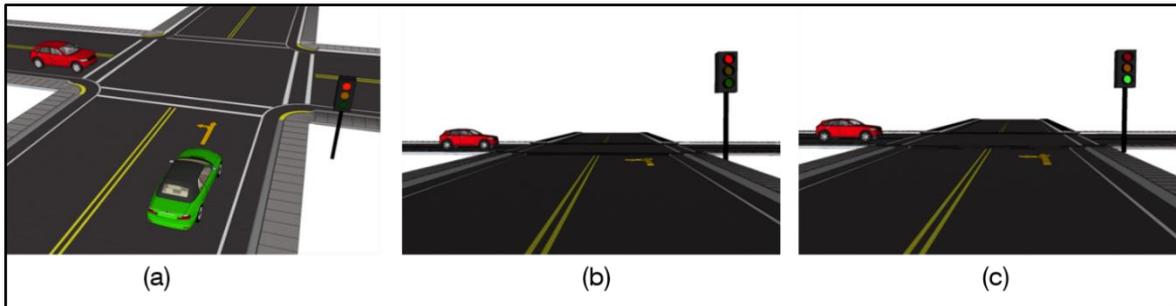


Bild 2.3: Beispielhafte Darstellung der Unterschiede zwischen (a) Verkehrssituation, (b) Fahrersituation und (c) Fahrersituation [PLAVSIC 2010]

Diese Unterscheidung macht deutlich, dass eine objektiv identische Verkehrssituation je nach geplantem Manöver und Fahrerzustand unterschiedlich interpretiert werden kann. Daher ist zur Analyse des Fahrerverhaltens im Hinblick auf Unterstützungsmöglichkeiten im Verkehr nicht nur die geometrische Gestaltung der Umgebung (Verkehrssituation) entscheidend, sondern auch die fahrerspezifische Deutung der situationsrelevanten Informationen.

2.3 Der Mensch im Straßenverkehr

In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Aspekte des menschlichen Verhaltens dargelegt, welche für das Verständnis der komplexen Abläufe bei der Bewältigung von Fahrmanövern am Knotenpunkt notwendig sind. Hierbei wird neben der Zusammenstellung notwendiger Handlungen im Straßenverkehr allgemein und an Knotenpunkten im Speziellen auch ein Überblick über mögliche Fehler bei Handlungen und deren Ursachen gegeben. Darüber hinaus werden die Zusammenhänge der subjektiven Beanspruchung des Fahrers, der Steuerung der Aufmerksamkeit und der Einschätzung von Risiken beschrieben.

2.3.1 Fahraufgaben und Handlungen

Das Führen von Fahrzeugen im Straßenverkehr stellt hohe Anforderungen an den Menschen. Der Fahrer wird stets von Informationen aus der Umgebung beeinflusst und muss diese hinsichtlich ihrer Relevanz für die aktuelle Aufgabe filtern, verarbeiten, eine entsprechende Handlungsentscheidungen treffen und diese anschließend korrekt ausführen. Hierzu greift er auf seinen Erfahrungsschatz in vergleichbaren Verkehrs- und Umgebungssituationen zurück. Die Fahreranforderungen beim Führen von Fahrzeugen lassen sich anhand des Drei-Ebenen-Modells der Fahrzeugführung (vgl. DONGES 1982, siehe auch Bild 2.4) mit den Komponenten Navigation, Führung und Stabilisierung beschreiben. Dabei beeinflussen die Aufgaben aller drei Ebenen einander bzw. bauen aufeinander auf.

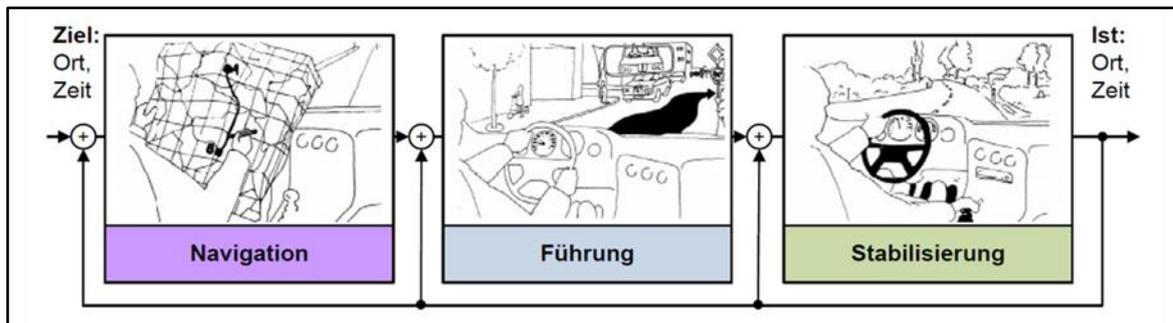


Bild 2.4: Allgemeines Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung [BUBB 2008]

Die *Navigationsebene* stellt hierbei die oberste Ebene dar. Zu den wichtigsten Fahraufgaben der Navigation zählt die Wahl der entsprechenden Fahrtroute zum Erreichen des gewünschten Zieles. Hierbei bezieht der Fahrer mehrere Aspekte, wie die zu erwartende Fahrzeit in Abhängigkeit der jeweiligen Tageszeit (z. B. Beeinträchtigungen durch den Berufsverkehr) und Jahreszeit (z. B. Sicherheit der Route im Winter) sowie gegebenenfalls notwendige Zwischenhalte (z. B. Anfahren einer Tankstelle) in seine Entscheidungen ein. Es kann notwendig werden, dass die zu Fahrtbeginn getroffene Entscheidung durch Änderungen der Verkehrsbedingungen (z. B. Stau auf der gewählten Route) angepasst werden muss.

Die *Führungsebene* umfasst die Aufgaben für die Umsetzung der gewählten Fahrtroute. Diese beinhaltet Teilaufgaben, wie das Folgen des Straßenverlaufs in Abhängigkeit des umgebenden Verkehrs, Überhol- und Fahrstreifenwechsellvorgänge sowie Fahrmanöver an Knotenpunkten unter Berücksichtigung der vorhandenen Verkehrszeichen.

Auf der *Stabilisierungsebene* werden die Fahreranforderungen für die Längs- und Querführung des Fahrzeuges zusammengefasst. Hierzu zählen die Abstands- und Geschwindigkeitswahl, also Beschleunigungs-, Lenk- und Bremsvorgänge sowie der Gangwechsel.

Am Beispiel des Linksabbiegens am Knotenpunkt zeigt sich, dass der Fahrer Anforderungen aller drei Ebenen bewältigen muss. Die grundlegende Entscheidung über das Fahrmanöver am Knotenpunkt wird in Abhängigkeit des Fahrtzieles auf der Navigationsebene getroffen. Die dazu notwendigen Aufgaben der Einordnung in den richtigen Fahrstreifen und der Beachtung der Vorfahrtsregelung werden der Führungsebene zugewiesen. Die Durchführung des Linksabbiegemanövers mit Anpassung der Geschwindigkeit und des Abstandes zum umgebenden Verkehr sowie der Einstellung und Regelung des notwendigen Lenkwinkels entsprechen Aufgaben der Stabilisierungsebene.

Die einzelnen Fahraufgaben werden vom Fahrer mit Hilfe geeigneter Aktionen bzw. Handlungen umgesetzt. Die jeweiligen Handlungen können dem Verhaltensmodell von RASMUSSEN [1983] entsprechend nach dem Prozess der Informationsverarbeitung in drei verschiedene Arten unterschieden werden. Grundlage der Unterscheidung in *wissensbasierte*, *regelbasierte* und *fertigkeitsbasierte* Verhaltensweisen stellt der Grad der kognitiven Beanspruchung des Menschen dar.

Für Fahraufgaben, die unbekannt sind und für deren Bewältigung nicht auf Erfahrungen zurückgegriffen werden kann, nutzt der Mensch generelles Wissen und orientiert sich dabei überwiegend an symbolischen Informationen aus der Umgebung. Die notwendige Handlungsstrategie wird *wissensbasiert* entwickelt und erfordert daher die höchste kognitive Leistung. Die Routenwahl im Straßennetz anhand von bekannten Wegmarken, wie Gebäuden oder die Orientierung anhand der Himmelsrichtung stellen Beispiele hierfür dar (vgl. MAURER 2008, SCHNEIDER 2009, STAUBACH 2010).

Für bekannte Situationen kann der Mensch für die Lösung der Fahraufgabe anhand fester Regeln auf gespeicherte Handlungsabläufe zurückgreifen. Diese Regeln können entweder erlernt oder aus ähnlichen Handlungsregeln abgeleitet werden. Für dieses *regelbasierte* Verhalten spielt vor allem die Deutung von Zeichen und Mustern eine erhebliche Rolle.

		<i>Handlung</i>		
		fertigkeitsbasiert	regelbasiert	wissensbasiert
<i>Fahraufgabe</i>	Navigation	Fahrt zur Arbeit	Navigieren anhand von Beschreibung	Navigieren in einer fremden Stadt
	Führung	Abstandswahl erfahrener Fahrer	Überholen mit Gegenverkehr	Folgefahren auf vereister Strecke
	Stabilisierung	Spurhalten bei Kurvenfahrt	Fahren im fremden Fahrzeug	Fahranfänger in der ersten Fahrstunde

Tab. 2.2: Kombination von Fahraufgaben- und Handlungsklassifikation mit Beispielen (nach HALE ET AL. [1990] in SCHNEIDER [2009])

Unter *fertigkeitsbasierten* Handlungen sind die eher unbewusst ablaufenden Prozesse zu verstehen, die als Reaktion auf entsprechende Signale aus der Umgebung automatisch ablaufen. Für derartige Handlungen werden nur geringe kognitive Leistungen benötigt. Mit zunehmender Fahrerfahrung trifft dies für die meisten Handlungen der Fahrzeugbedienung zu. Hierbei trainiert sich der Mensch interne Handlungsabläufe an, die es ihm ermöglichen trotz relativ langsamer Informationsverarbeitung schnell reagieren zu können.

2.3.2 Fehler menschlichen Handelns

Durch die Vielzahl der zu berücksichtigenden Informationen und Umgebungseinflüsse, welche beim Befahren eines Knotenpunktes beachtet und verarbeitet werden müssen, kann es leicht zur Überforderung des Fahrers kommen. Hierdurch können Fehler bei der Durchführung der geplanten Fahrmanöver entstehen, welche in der Folge zu Unfällen führen können. Als *Fehler* werden hierbei Handlungen definiert, die nicht (oder nicht ausreichend) an die vorliegende Situation angepasst sind, so dass Schäden für Fahrer, Fahrzeug und/oder Umwelt entstehen. Es werden verschiedene Arten von Fehlverhalten unterschieden, die zur Beschreibung der Entstehung von Unfällen aus dem Zusammenspiel von Fahrer, Fahrzeug und Umwelt dienen (vgl. VOLLRATH ET AL. 2006).

Unfälle stellen aus verhaltenspsychologischer Sicht Handlungsfehler dar, welchen mindestens eine Fehlhandlung voraus ging. Nach HACKER [1998] ist bei der Entstehung von Handlungsfehlern die Unterscheidung folgender Begriffe notwendig:

- Ein *Handlungsfehler* beschreibt die Ausführung einer fehlerhaften Handlung.
- Eine *Fehlhandlung* beschreibt die (meist vorausgehende) Handlung, die für den Handlungsfehler verantwortlich ist.
- Die *Ursache der Fehlhandlung* beschreibt den der Fehlhandlung zugrunde liegenden psychischen Prozess.

Anhand eines Beispiels sollen an dieser Stelle die beschriebenen Zusammenhänge verdeutlicht werden: Ein Pkw-Fahrer hat die Absicht an einer lichtsignalgeregelten Kreuzung bei Grün nach links abzubiegen. Dabei übersieht er ein entgegenkommendes Fahrzeug, fährt in die Kreuzung ein und es kommt zur Kollision der beiden Fahrzeuge. Der *Handlungsfehler* in diesem Beispiel ist der Zusammenstoß mit dem entgegenkommenden Fahrzeug. Das Abbiegen nach links, obwohl Gegenverkehr vorhanden ist, stellt die *Fehlhandlung* dar. Die *Ursache der Fehlhandlung* ist das Übersehen bzw. Nichtbeachten des entgegenkommenden Fahrzeuges, welches wiederum verschiedene Gründe haben kann. Beispielsweise kann der Fahrer durch ein Gespräch mit dem Beifahrer abgelenkt oder durch tiefstehende Sonne geblendet worden sein und daher den Gegenverkehr nicht wahrgenommen haben.

In den folgenden Abschnitten werden vorhandene Modelle zur Klassifikation von Fehlhandlungen und deren Ursachen im Überblick dargestellt.

NORMAN [1981] UND REASON [1992]

Zur Unterscheidung von Fehlhandlungen existieren verschiedene Fehlermodelle (vgl. VOLLRATH ET AL. 2006). Sowohl NORMAN [1981] als auch REASON [1992] unterscheiden Fehlhandlungen in ähnlicher Weise. Wobei den jeweils drei Klassen verschiedene Ursachen der Fehlhandlungen zugrunde liegen. In der ersten Klasse, den „Fehlern bei der Zielbildung“, werden Ziele gesetzt, welche der vorliegenden Situation nicht angemessen sind (entsprechende Fehler werden nach REASON [1992] als „mistakes“ bezeichnet). In der zweiten Klasse, bezeichnet als „Aufruf falscher Schemata/Programme“, ist das entsprechende Ziel korrekt gesetzt, jedoch das Programm zur Erreichung des Ziels wurde falsch gewählt (nach REASON [1992] werden diese Fehler „lapses“ genannt). In der dritten Klasse von Fehlhandlungen, bezeichnet als „falsche Einordnung ausgewählter Programme“, sind die richtigen Programme ausgewählt worden, jedoch räumlich-zeitlich nicht korrekt eingeordnet worden (in REASON [1992] als „slips“ beschrieben). In Tab. 2.3 ist die Verortung der jeweiligen Fehlhandlungen entsprechend der beiden Modelle gegenübergestellt.

	NORMAN (1981)	REASON (1992)
Informationsaufnahme	Fehler Zielbildung	mistakes
Handlungsplanung	Aufruf falscher Schemata	lapses
Ausführung	Falsche Einordnung	slips

Tab. 2.3: Einordnung der Klassen von Fehlhandlungen nach Ort in der Handlung entsprechend der Modelle von NORMAN (1981) und REASON (1992) [VOLLRATH ET AL. 2006]

HACKER [1988]

In der Fehlhandlungsklassifikation von HACKER [1998] werden das Vorhandensein und der Umgang mit Informationen in den Mittelpunkt gestellt. Es werden zunächst auf der ersten Ebene drei verschiedene Ursachen von Fehlhandlungen unterschieden:

- (1) objektiv notwendige Informationen fehlen,
- (2) objektiv vorhandene Informationen werden nicht genutzt,
- (3) objektiv vorhandene Informationen werden falsch genutzt.

In einer zweiten Ebene werden nach HACKER Aspekte unterschieden, die dazu führen, dass vorhandene Informationen nicht oder falsch genutzt werden (siehe Tab. 2.4).

Fehlhandlungskategorie	Ursache der Fehlhandlung
Objektiv notwendige Informationen fehlen	
Objektiv notwendige Informationen werden nicht genutzt	Übersehen Vergessen / Versäumen Übergehen Informationsreduktion Verarbeitungsdefizite
Objektiv notwendige Informationen werden falsch genutzt	falsche Nutzung im Orientieren falsche Nutzung im Zielstellen Entwerfen fehlerhafter Programme falsche Einordnung richtiger Programme in die Ausführungsbedingungen

Tab. 2.4: Fehlhandlungskategorisierung nach [HACKER 1998]

Die Untersuchung des Vorhandenseins und der Nutzung der für die jeweilige Fahrsituation notwendigen Informationen scheint für die Adressierung von Fehlhandlungen durch Assistenzsysteme nicht ausreichend. Für die Entwicklung von Assistenzsystemen spielen darüber hinaus folgende Fragestellungen eine entscheidende Rolle (vgl. VOLLRATH ET AL. 2006):

- In wieweit können Fehlhandlungen durch Informationen für den Fahrer vermeiden werden?
- Sind Warnungen oder Vorschläge zu Handlungen notwendig?
- Sollte die Ausführung einer Handlung unterstützt werden?

RASMUSSEN [1982]

Das Modell von RASMUSSEN [1982] stellt in Anlehnung an den Handlungsablauf eine Klassifikation von Fehlhandlungen bereit, welche weitere relevante Aspekte des menschlichen Handelns berücksichtigt. Diese allgemeine Klassifikation wurde u.a. von GRÜNDL [2004] auf den Bereich der Straßenverkehrsunfälle übertragen. Hat ein Fahrer keine Möglichkeit einen Handlungsfehler zu vermeiden, so wird dies als *mechanischer oder struktureller Fehler* bezeichnet. Nimmt ein Fahrer wichtige Informationen nicht wahr, die zur sicheren Bewältigung der Situation notwendig sind, so handelt es sich um einen *Informationsfehler*. Werden die relevanten Informationen wahrgenommen, jedoch nicht entsprechend bewertet, so liegt ein *Diagnosefehler* vor.

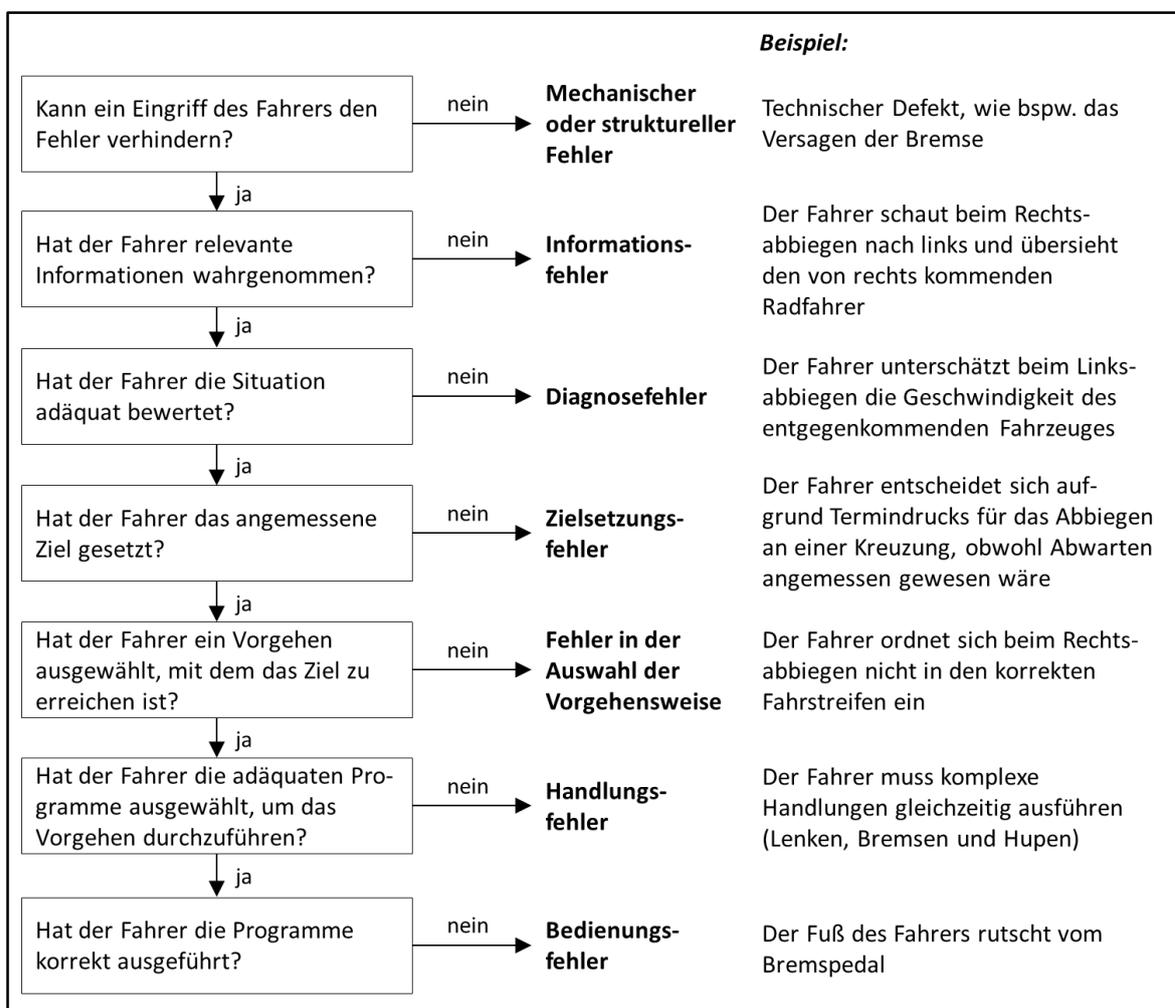


Bild 2.5: Fehlerklassifikation nach dem Modell des Handlungsablaufes nach RASMUSSEN [1982] sowie Beispiele für einzelne Fehlerklassen

Wird die Situation richtig eingeschätzt, dabei aber ein falsches Ziel gesetzt, so handelt es sich um einen *Zielsetzungsfehler*. Führt der Fahrer eine Handlung durch, womit sein gesetztes Ziel nicht zu erreichen ist, so spricht man von einem *Fehler in der Auswahl der Vorgehensweise*. Gelingt die Umsetzung einzelner Handlungsschritte nicht, so liegt ein

Handlungsfehler vor. Eine fehlerhafte motorische Ausführung einer Handlung wird als *Bedienfehler* bezeichnet. In Bild 2.5 werden diese Fehlerklassifikationen sowie entsprechende Beispiele dargestellt.

Im Hinblick auf die Eingriffsmöglichkeiten durch Systeme bei den verschiedenen Fehlerarten lassen sich nach VOLLRATH ET AL. [2006] unterschiedliche Strategien ableiten (siehe Tab. 2.5). Vorhandene Informationsfehler lassen sich mit einem informierenden System adressieren. Werden vorhandene Informationen nicht richtig bewertet, so können warnende Systeme zu einer Neubewertung der Fahrsituation beitragen. Bei Zielsetzungsfehlern und Fehlern bei der Auswahl der entsprechenden Vorgehensweise wird eine aktive Unterstützung notwendig, welche dem Fahrer Hinweise zu vorliegenden Fehlern und erforderlichen Korrekturen gibt.

Fehlerart	Assistenzstrategie
mechanischer / struktureller Fehler	-
Informationsfehler	Information
Diagnosefehler	Warnung
Zielsetzungsfehler	aktive Unterstützung
Fehler bei der Auswahl der Vorgehensweise	aktive Unterstützung
Handlungsfehler	Eingriff
Bedienungsfehler	Eingriff

Tab. 2.5: Zuordnung verschiedener Assistenzstrategien in Abhängigkeit der vorliegenden Fehlerart [VOLLRATH ET AL. 2006]

Liegt ein Fehler bei der Handlung oder Bedienung vor, so sind Informationen und Warnungen nicht ausreichend, sondern es wird ein selbständiger Eingriff eines Assistenzsystems notwendig. Fehler bei der Zielsetzung und der Auswahl von Vorgehensweisen lassen sich ebenso zusammenfassen, wie Handlungs- und Bedienungsfehler, da jeweils die gleiche Unterstützungsstrategie erfolgversprechend ist.

LARSEN [2004]

Der Argumentation von RASMUSSEN folgend, werden von LARSEN [2004] für die fünf wesentlichen Schritte für die erfolgreiche Durchführung einer Fahraufgabe die entsprechenden Fehlerursachen unterschieden:

- wesentliche Informationen sind nicht verfügbar,
- wesentliche Informationen werden nicht wahrgenommen,
- wesentliche Informationen werden falsch interpretiert,
- es werden falsche Entscheidungen getroffen,
- Handlungen werden fehlerhaft ausgeführt.

Neben dieser Unterscheidung sind darüber hinaus bewusste Verstöße gegen bestehende Regeln (wie z. B. Fahren unter Alkoholeinfluss, Missachtung des Rotlichtes der Lichtsignalanlage) als eine weitere Ursache von Unfällen im Straßenverkehr zu erwähnen. Im Unterschied zu den zuvor genannten Fehlerarten handelt es sich hierbei um Fehlhandlungen, bei denen trotz vorhandener Informationen und der entsprechend richtigen Interpretation die bewusst falschen Handlungen durchgeführt werden.

„5-Step-Methode“

Abgeleitet vom Klassifikationsmodell nach RASMUSSEN wurden verschiedene modifizierte Vorgehensweisen zur Fehler- und Unfallursachenklassifizierung entwickelt. An dieser Stelle soll auf die sogenannte „5-Step-Methode“ eingegangen werden, welche maßgeblich durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Technikern und Psychologen innerhalb der AARU Verkehrsunfallforschung (AARU – Audi Accident Research Unit) entwickelt wurde und eine Einordnung der grundlegenden menschlichen Probleme bei der Entstehung von Unfällen ermöglicht.

Als Grundlage der Einordnung der Ursachen von Verkehrsunfällen wird dabei der Informationsfluss bei der Bewältigung von Fahrsituationen im Straßenverkehr näher beleuchtet. Informationen über Änderungen der Umgebungssituation werden vom Fahrer entweder über die eigenen Sinneskanäle direkt aufgenommen oder indirekt durch die Änderung des Fahrzeugverhaltens festgestellt. Diese Informationen bewertet der Fahrer und trifft anschließend eine Entscheidung über seine Handlungsreaktion. In Abhängigkeit seines physischen und emotionalen Zustands kann die Beurteilung ein und derselben Situation durchaus unterschiedlich ausfallen. Bei der Entscheidung über die Art der Reaktion greift der Fahrer auf Fahrerfahrungen zurück, die in ähnlichen Situationen in der Vergangenheit gesammelt wurden. Im Rahmen dieses Regelkreises wird die aktuelle Fahrsituation dabei ständig mit der Fahraufgabe abgeglichen und wenn nötig werden Anpassungen zwischen Soll- und Ist-Trajektorie vorgenommen (vgl. Bild 2.6).

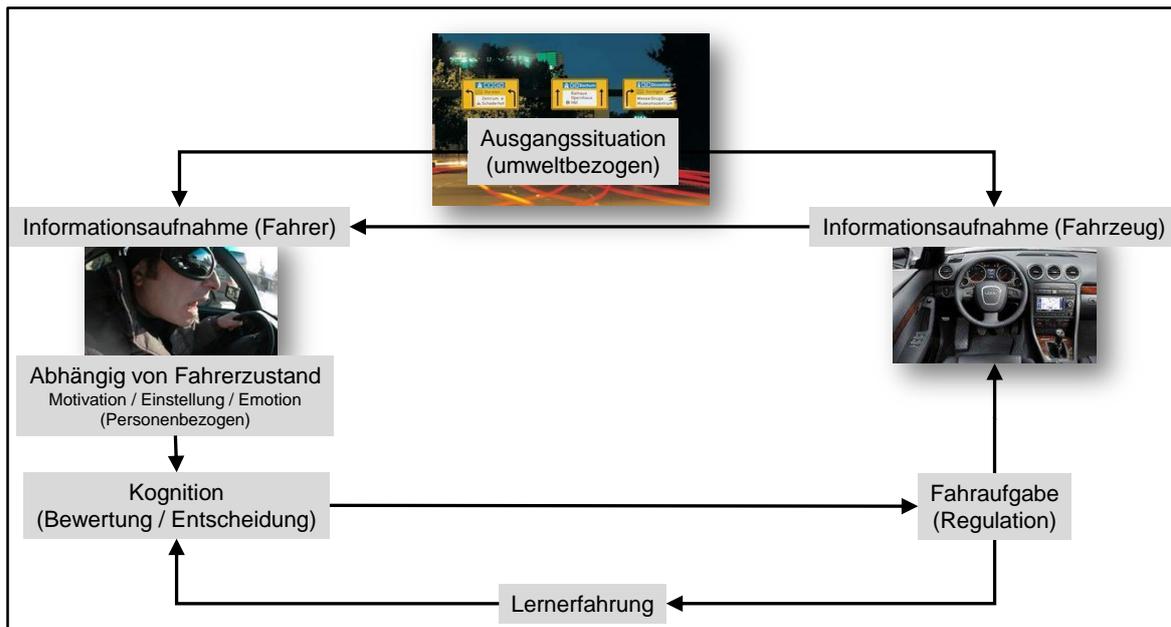


Bild 2.6: Informationsfluss bei der Bewältigung von Verkehrssituationen [AARU VERKEHRSSUNFALLFORSCHUNG]

Zur Verdeutlichung, welche Art von menschlichen Fehlern als Ursache von Verkehrsunfällen zugrunde liegen, können mit Hilfe der Unfallursachenanalyse nach der „5-Step-Methode“ detaillierte Informationen darüber gesammelt werden, welche Fehler den betrachteten Unfall hervorgerufen haben. Zur Analyse der Fehlerursachen wird, ähnlich des Vorgehens von LARSEN [2004], die sequenzielle Abfolge menschlicher Grundfunktionen für die Reaktion auf Situationsänderungen zugrunde gelegt. Hierbei müssen zur erfolgreichen Bewältigung der Situation folgende Schritte absolviert werden:

- (1) alle relevanten Informationen müssen zugänglich sein,
- (2) der Fahrer muss diese Informationen aufnehmen und
- (3) entsprechend richtig verarbeiten, um
- (4) eine Entscheidung zu treffen, welche Lösung er anstrebt und
- (5) welche Handlungen dafür notwendig sind.

Die Abfolge dieser Grundfunktionen ist vollständig und wird bei jeder menschlichen Reaktion in der dargestellten Reihenfolge durchlaufen. Dabei können Fehler an jeder Stelle der Prozesskette (Wahrnehmung, Entscheidung und Ausführung) auftreten. Innerhalb des Prozesses werden entsprechend fünf Kategorien unterschieden, bei denen es zu Fehlern kommen kann [WEBER ET AL. 2010]:

- Informationszugang (Waren die relevanten Informationen für den Fahrer erkennbar?)
- Informationsaufnahme (Wurde die Umgebung aufmerksam beobachtet und wurden die relevanten Informationen wahrgenommen?)
- Informationsverarbeitung (Wurde das Erkannte richtig eingeschätzt und bewertet?)
- Zielsetzung (Wurde eine korrekte Entscheidung zur Lösung der Situation getroffen?)

- Handlung (Wurde die beabsichtigte Handlung zur Lösung der Situation richtig ausgeführt?)

Prozess (Fahrer)		(Fehler-)Kategorien
Wahrnehmung		(1) Informationszugang (2) Informationsaufnahme
Entscheidung		(3) Informationsverarbeitung (4) Zielsetzung
Ausführung		(5) Handlung

Bild 2.7: Unterscheidung menschlicher Fehler nach der „5-Step-Methode“ [WEBER ET AL. 2010]

Für die einzelnen Fehler werden in einem drei-stufigen Vorgehen neben der Zuordnung zur entsprechenden Fehlerkategorie auch deren Einflussfaktoren (Welche genaue Fehlerart liegt vor?) sowie vorhandene Indikatoren (Wodurch wurde der Fehler hervorgerufen?) berücksichtigt. Bei den Einflussfaktoren handelt es sich um situative Einflüsse, die erst im Moment der Unfallentstehung wirksam waren und den entsprechenden Fehler hervorgerufen haben. Die zur Einschätzung der Unfallursache notwendigen Informationen werden dabei zum einen aus den Unfallberichten der Polizei abgeleitet, der überwiegende Teil der Erkenntnisse stammt jedoch aus direkten Befragungen der jeweiligen Unfallbeteiligten. Neben Informationen zum Unfallablauf, zu getätigten Reaktionen, zur Kenntnis des Fahrzeuges und der Unfallstelle werden auch Angaben zum persönlichen Empfinden zum Unfallzeitpunkt, eventuellen Nebenaufgaben und damit verbundenen Ablenkungen erfasst.

2.3.3 Fahraufgaben und -handlungen am Knotenpunkt

Die Bewältigung von Fahrsituationen am Knotenpunkt stellt den Fahrer vor die Herausforderung eine Vielzahl von Teilaufgaben und entsprechender Handlungen absolvieren zu müssen. Vor allem in Verkehrssituationen, in denen der Fahrer einen durch „Vorfahrt achten“ geregelten Knotenpunkt aus der wartepflichtigen Zufahrt befährt, muss das Verhalten der vorfahrtsberechtigten Verkehrsteilnehmer bei den eigenen Handlungsentscheidungen einbezogen werden, sodass gegebenenfalls angehalten werden muss. Dadurch entstehen im Vergleich zu „STOP-Schild“ oder LSA-geregelten Knotenpunkten zusätzliche Aufgaben. Bild 2.8 stellt die Komplexität der Gesamtaufgabe und die notwendigen Teilhandlungen für die Beachtung der anderen Verkehrsteilnehmer beispielhaft für das Kreuzen einer vorfahrtsgeregelten Kreuzung aus der wartepflichtigen Zufahrt dar.

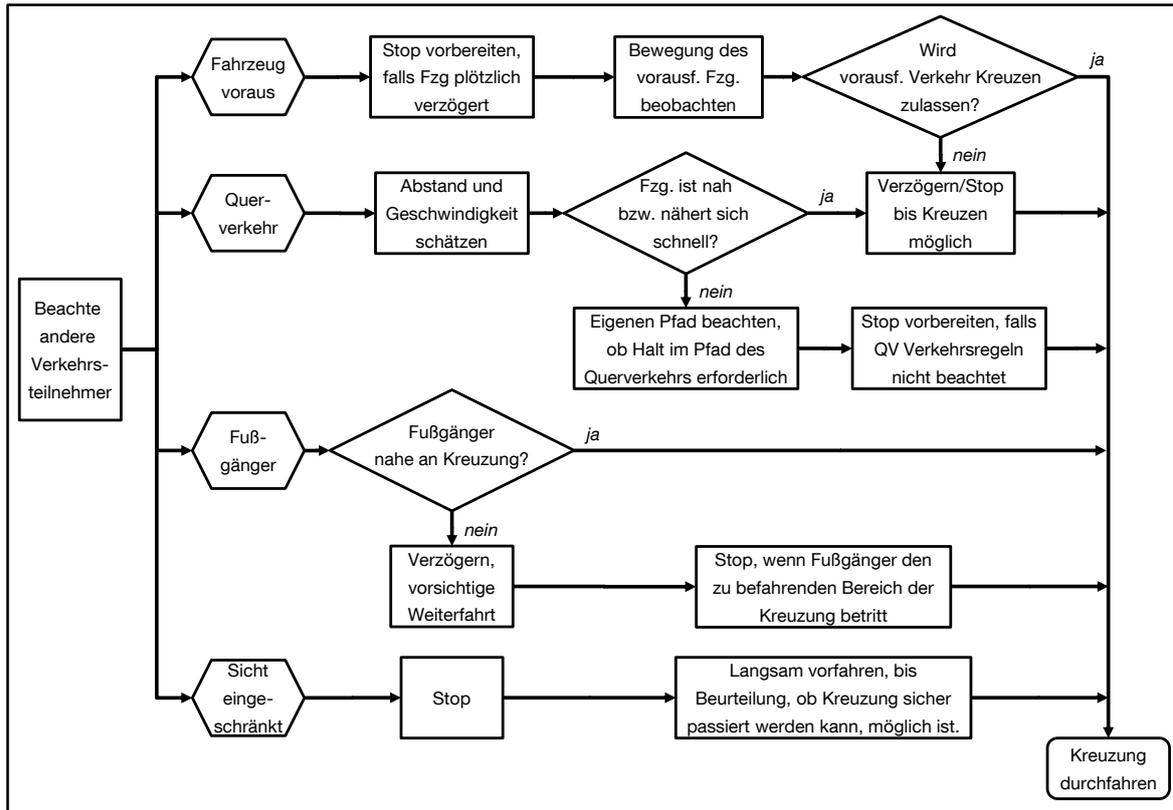


Bild 2.8: Ablauf einer Kreuzungsfahrt nach [MCKNIGHT ET AL. 1970 in MAGES 2008]

Prinzipiell lässt sich in Anlehnung an PLAVSIC [2010] entsprechend der Aufgabenanalyse jede Fahrsituation am Knotenpunkt in einzelne Segmente unterteilen:

- (1) Annäherung
- (2) Verzögerung
- (3) Querung I (Verkehr von rechts)
- (4) Querung II (Abbiegen und Verkehr von links)
- (5) Verlassen

Jedes der Segmente ist dadurch charakterisiert, dass alle Teilaufgaben innerhalb des Segments zu einer bewussten Entscheidung führen. Die verschiedenen Teilaufgaben weisen dabei unterschiedliche Komplexitätsgrade auf, einige bauen sequenziell aufeinander auf, andere können oder müssen sogar parallel ausgeführt werden (siehe Bild 2.9). Die Teilaufgaben der einzelnen Segmente sind zum erfolgreichen Absolvieren der Fahrsituation am Knotenpunkt notwendig, stellen aber zugleich mögliche Fehlerquellen und somit Ausgangspunkte für Unfälle dar. Voraussetzung für die sichere Bewältigung der Fahrsituation am Knotenpunkt ist zunächst, dass der Knotenpunkt als solcher rechtzeitig erkannt wird.

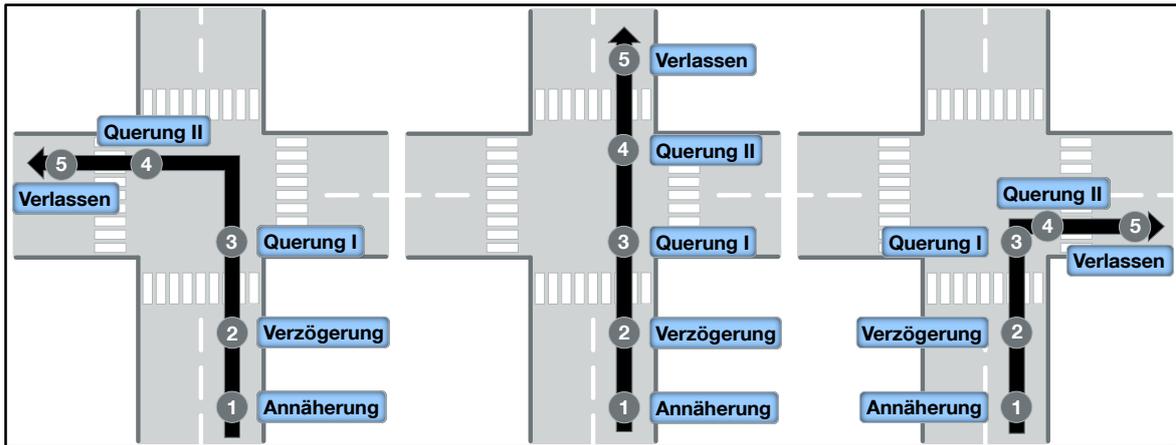


Bild 2.9: Segmente der Fahrsituationen „Linksabbiegen“, „Geradeausfahren“ und „Rechtsabbiegen“ am Knotenpunkt (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])

Das Hauptziel während der *Annäherungsphase* stellt die Identifikation des Knotenpunktes an sich und der vorliegenden Vorfahrtsregelung dar (vgl. Bild 2.10). Fahrer benötigen im Mittel 0,2 - 0,6 s um Verkehrsschilder zu fokussieren und so die relevanten Informationen aufzunehmen [PLAVSIC 2010]. In Fahrversuchen hat sich weiterhin gezeigt, dass zwischen 10 und 43 % der Fahrer relevante Verkehrszeichen am Knotenpunkt nur unbewusst wahrnehmen und diese nicht explizit anschauen [PLAVSIC 2010]. Im Mittel wenden Fahrer in Verkehrssituationen am Knotenpunkt weniger als 0,5 s dafür auf, um nach Gefahren Ausschau zu halten [LANGHAM 2006]. Dies weist darauf hin, dass nicht der komplette Knotenpunkt betrachtet wird, sondern nur die Teile des Knotenpunktes, die für das jeweilige Fahrmanöver als relevant erachtet werden.

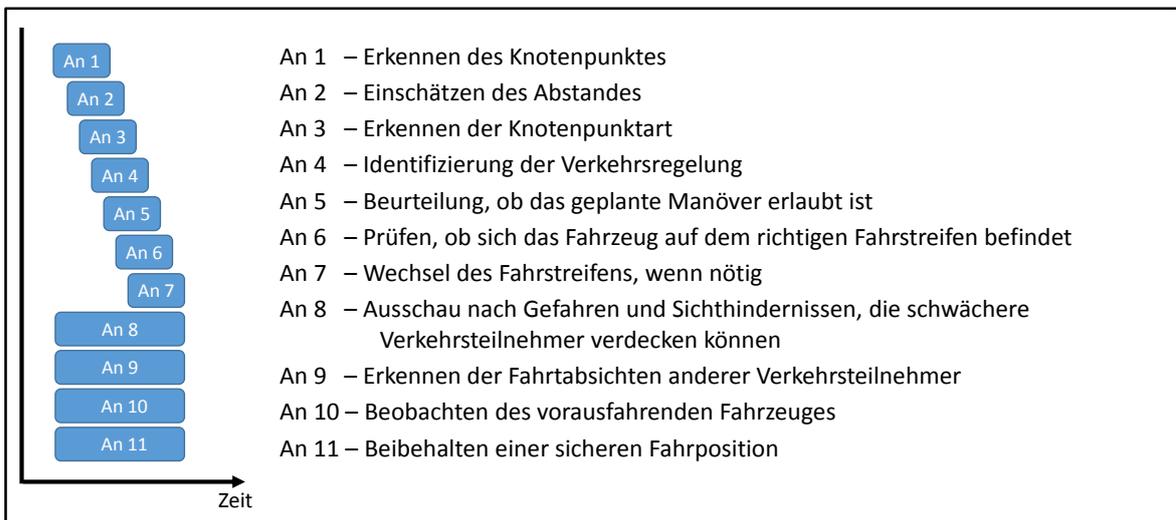


Bild 2.10: Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Annäherungsphase (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])

Daneben gehört die Überprüfung der Zulässigkeit des geplanten Fahrmanövers und des genutzten Fahrstreifens für das Fahrmanöver ebenso zu den Aufgaben der *Annäherungs-*

phase, wie das Erkennen von Gefahren oder Objekten, die Radfahrer bzw. Fußgänger verdecken könnten. Die typischen Geschwindigkeiten in der Annäherungsphase liegen im Bereich von 25 - 40 km/h [PLAVSIC 2010].

In der *Verzögerungsphase* muss der Fahrer zunächst die Entscheidung treffen, ob und wenn ja wie stark er bei der weiteren Annäherung an den Knotenpunkt bremst. Hierbei werden die Art der Vorfahrtsberechtigung und vorhandene kreuzende Fahrzeuge oder Radfahrer und Fußgänger bei der Wahl des Bremsniveaus berücksichtigt (siehe Bild 2.11). PLAVSIC [2010] stellt hierbei für den Verlauf des Bremsvorganges Unterschiede für verschiedene Gestaltungen von Knotenpunkten fest. Als Anhaltspunkt wird dabei der Ort des Bremsbeginns (Distance to Intersection - DTI) genutzt. Probandentests von HARSENHORST ET AL. [1988] haben gezeigt, dass Fahrer bei Annäherung an große Knotenpunkte etwa 7 - 9 s bzw. 75 m vor Erreichen des Knotenpunktes mit dem Bremsen beginnen. Es konnte festgestellt werden, dass der Fahrer hier eine Zielgeschwindigkeit vor Augen hat, mit der er in den Knotenpunkt einfährt. An kleinen vorfahrtsgeregelten Knotenpunkten findet die Bremsung relativ konstant erst ca. 3 s vor dem Überqueren des Knotenpunktes statt. Diese Ergebnisse konnten von VAN DER HORST [1990] bei der Untersuchung des Fahrverhaltens an vorfahrtsgeregelten Knotenpunkten bestätigt werden.

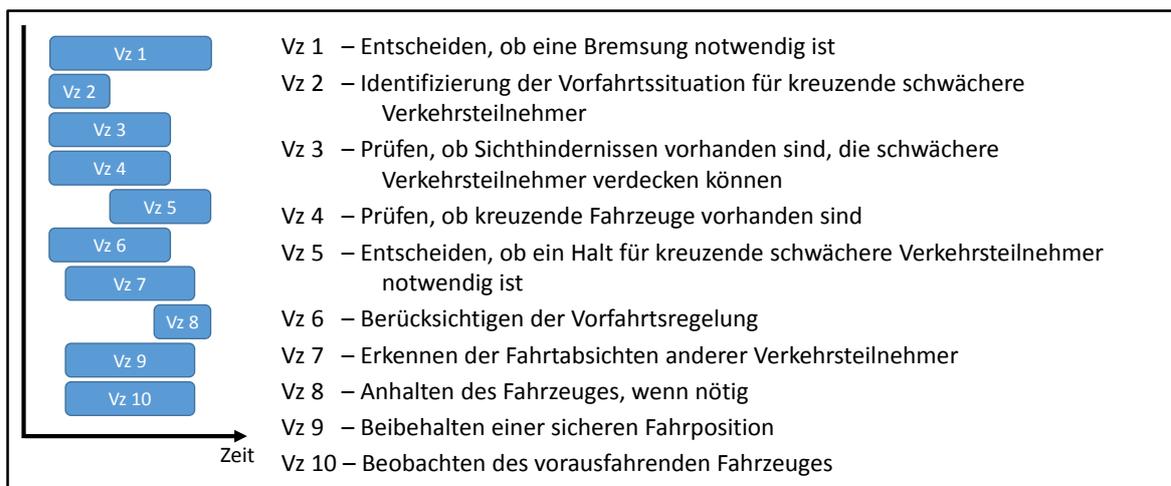


Bild 2.11: Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Verzögerungsphase (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])

Die Blickstrategie betreffend stellt SCHWEIGERT [2003] fest, dass Fahrer an Knotenpunkten, an denen sie vorfahrtsberechtigt sind, nur in 65 % der Fälle kontrollieren, ob sich Fahrzeuge aus der wartepflichtigen Zufahrt nähern und ihrer Wartepflicht nachkommen. Steht ein solches Fahrzeug bereits am Knotenpunkt, so wird dessen Verhalten nahezu immer (in 96 % der Fälle) kontrolliert. Auch das Verhalten von Fußgängern wird demnach stets (ebenfalls zu 96 %) beachtet.

Während der *Querungsphase I* stellt die Beachtung der kreuzenden Fahrzeuge von rechts und links sowie deren Fahrabsichten die Hauptaufgabe des Fahrers dar (siehe Bild 2.12). Ist diese Aufgabe erfolgreich absolviert, muss der Fahrer anschließend eine entsprechende

Zeitlücke im Querverkehr finden, um ein sicheres Überqueren der kreuzenden Fahrbahnen oder ein Einbiegen in den Verkehrsstrom der kreuzenden Fahrbahn zu gewährleisten. Als Grenzzeitlücke wird dabei der minimale zeitliche Abstand zwischen dem Heck eines querenden Fahrzeugs und der Front des Folgefahrzeugs bezeichnet [FGSV 2012A]. In den Regelwerken werden für die Bemessung von Knotenpunkten mit Schilderregelung mittlere Werte für diese Grenzzeitlücken in Abhängigkeit des Fahrmanövers und der Ortslage des Knotenpunktes aufgelistet. Die zu berücksichtigenden Werte liegen hierbei zwischen 5,5 s für das Linksabbiegen von der Vorfahrtsstraße und 7,4 s für das Linkseinbiegen aus der Nebenstraße [FGSV 2009].

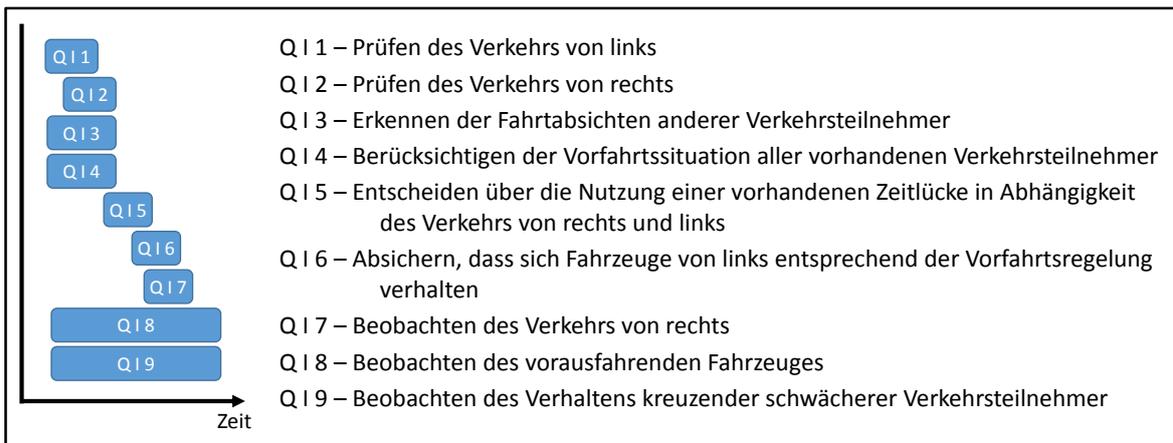


Bild 2.12: Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Querungsphase I (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])

Innerorts werden durch die geringeren Geschwindigkeiten auch kleinere Zeitlücken möglich. SAMMER [2011] nennt darüber hinaus Werte der vom Fahrer akzeptierten Zeitlücken für verschiedene Fahrmanöver an STOP-Schild- bzw. vorfahrtsgeregelten Knotenpunkten. Es zeigt sich, dass diese in Abhängigkeit unterschiedlicher Straßengestaltung und Höchstgeschwindigkeiten der Vorfahrtsstraße innerhalb einer Zeitspanne von 4,5 - 9 s liegen. Für Fahrmanöver an Knotenpunkten mit „Vorfahrt achten“-Schild werden kleinere Zeitlücken akzeptiert als an STOP-Schild-geregelten Knotenpunkten. Dabei werden für das Linksabbiegen von der Vorfahrtsstraße geringere Zeitlücken genutzt als für das Linkseinbiegen aus der Nebenstraße.

In der *Querungsphase II* steht das Erkennen und die entsprechende Interaktion mit kreuzenden Radfahrern und Fußgängern im Mittelpunkt (vgl. Bild 2.13). Dabei muss das Verhalten eventuell vorhandener Radfahrer und Fußgänger beobachtet werden und eine Entscheidung über durchzuführende Verhaltensänderungen (Anpassung der Geschwindigkeit oder ein notwendiger Halt) getroffen werden.

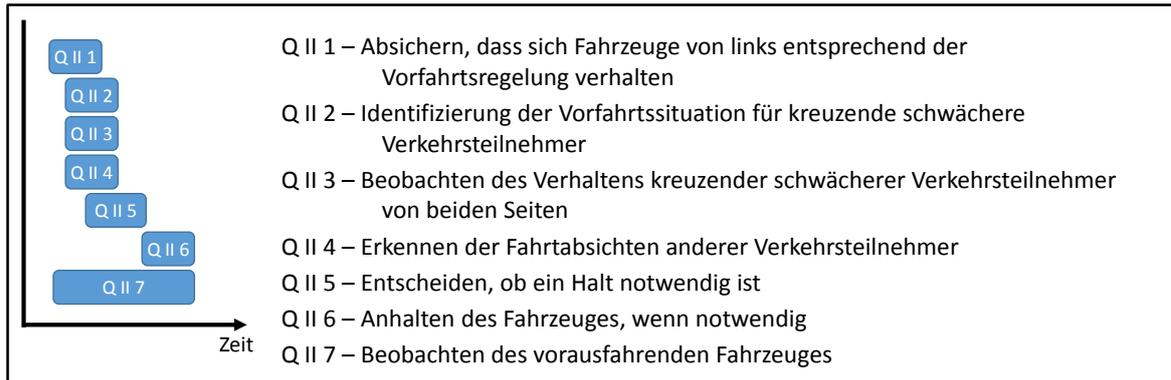


Bild 2.13: Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Querungsphase II (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])

In der *Verlassen-Phase* hat der Fahrer das Ziel nach erfolgreichem Passieren des Knotenpunktes auf seine Wunschgeschwindigkeit zu beschleunigen und die Fahrt fortzusetzen (siehe Bild 2.14). Hierbei muss jedoch neben dem vorausfahrendem Verkehr weiterhin das Verhalten kreuzender Radfahrer und Fußgänger beachtet und davon ausgehende Gefahren berücksichtigt werden.

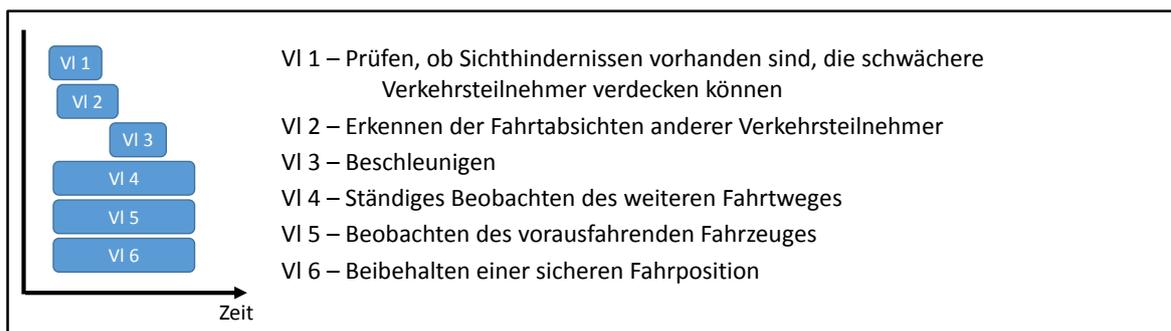


Bild 2.14: Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Verlassen-Phase (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die Unterstützung des Fahrers durch Assistenzsysteme am Knotenpunkt vor allem die Einschätzung des kritischen Verhaltens notwendig ist. Dabei müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Erkennen des (rechtzeitigen) Anhaltewunsches und der Notwendigkeit eines Halts
- Erkennen von Ablenkungen des Fahrers von der eigentlichen Fahraufgabe
- Erkennen der eigenen Reaktion auf andere Verkehrsteilnehmer
- Erkennen der Fahrabsicht anderer Verkehrsteilnehmer und der Interpretation durch den Fahrer
- Erkennen von Sichtbehinderungen bei der Annäherung an den Knotenpunkt

2.3.4 Belastung, Beanspruchung und Fahrerzustand

Nach DIN EN ISO 10075-1 wird unter psychischer *Belastung* die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse verstanden, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken. Der Begriff „psychisch“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf kognitive, informationsverarbeitende und emotionale Vorgänge im Menschen. Belastung wird hierbei als neutral betrachtet und stellt sich in einer gegebenen Situation für jede Person identisch dar. Im Straßenverkehr wird die Belastung durch verschiedene Faktoren hervorgerufen, die sowohl statisch als auch dynamisch auf den Fahrer einwirken. DAMBIER [2010] fasst diese einzelnen Faktoren auf Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche zusammen. Als statisch werden in diesem Zusammenhang Einflüsse bezeichnet, die über einen längeren Zeitraum während der Fahrt im Straßenverkehr unverändert bleiben (im Wesentlichen zählen hierunter die Gestaltungselemente der Infrastruktur). Dynamische Faktoren können sich zu jedem Zeitpunkt der Fahrt ändern und somit maßgebliche Änderungen der Fahrerbelastung hervorrufen (siehe Bild 2.15). Dies betrifft neben der unmittelbaren Fahrzeugumgebung, den äußeren Wetterbedingungen und den damit verbundenen Straßenzuständen auch die Unterscheidung der verschiedenen Fahrmanöver.

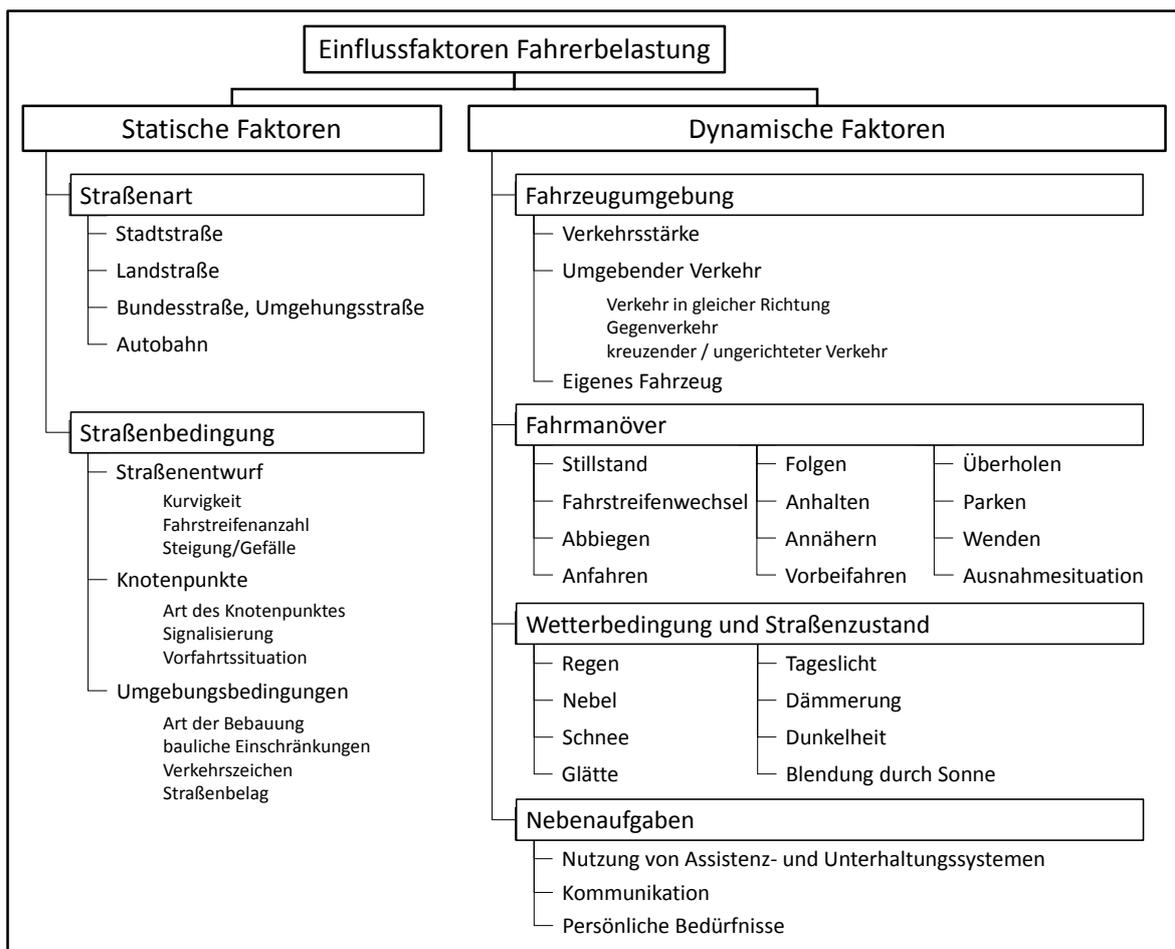


Bild 2.15: Strukturierung der Einflussfaktoren auf die Fahrerbelastung (vgl. DAMBIER [2010])

Die *Beanspruchung* des Fahrers ergibt sich aus den umweltbedingten Einflüssen sowie den Fahrerzustandsfaktoren. Die psychische Beanspruchung wird verstanden als die individuelle und unmittelbare Auswirkung psychischer Belastung auf den Menschen (z. B. auf seine Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, auf Denk- und Gedächtnisleistungen, auf Gefühle und Empfindungen) in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand (vgl. DIN EN ISO 10075-1). Die Beanspruchung kann dabei positiv oder negativ sein. Während Belastungsgrößen im Fahrer-Fahrzeug-System objektiv vorgegeben sind, handelt es sich bei der Beanspruchung um subjektive Empfindungen des Menschen. Fahrer mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten (habituelle Voraussetzungen) bearbeiten die Fahraufgaben mit Hilfe unterschiedlicher Informationsverarbeitungsprozesse (wissens-, regel- oder fertigkeitstbasiert) und sind somit unterschiedlichen Beanspruchungen ausgesetzt.

Als *Fahrerzustand* lassen sich nach KOPF [2005] alle fahrrelevanten Informationen über die vorliegende Situation und die verschiedenen Einflussfaktoren auf den mit der Fahraufgabe beschäftigten Fahrer zusammenfassen. Hierzu zählen zum einen Umgebungsvariablen (wie Temperatur, Beleuchtung oder Lärm) und Einflüsse durch Nebenaufgaben (z. B. Unterhalten mit einem Beifahrer oder Telefonieren), zum anderen aber auch die Verkehrssituation und geplante bzw. aktuell durchgeführte Fahrmanöver sowie die Fahrdauer. Faktoren, die das Befinden des Fahrers beschreiben, können allgemein in drei Gruppen unterschieden werden:

- Langfristige bzw. nicht veränderliche Faktoren (z. B. Fahrerfahrung, Belastbarkeit, Persönlichkeit, sensorische und motorische Fähigkeiten oder Behinderungen).
- Mittelfristige Faktoren (z. B. Ermüdung, individuelle Strategie, gesundheitliche Einschränkungen, Alkohol- bzw. Drogeneinfluss).
- Kurzfristige Faktoren (z. B. Beanspruchung, Aufmerksamkeit, Wachsamkeit, Emotion, Anstrengung, Aktivierung, Situationsbewusstsein).

Um die Fahrt im Straßenverkehr durch Assistenzsysteme in der geeigneter Art und Weise unterstützen und beeinflussen zu können ist demnach die Berücksichtigung der aktuellen Beanspruchung des Fahrers durch die vorhandene Fahrsituation sowie des subjektiven Fahrerzustandes von großer Bedeutung.

2.3.5 Aufmerksamkeit im Straßenverkehr

Das Führen von Fahrzeugen im Straßenverkehr ist eine komplexe Aufgabe und ist durch vielschichtige psychologische Prozesse gekennzeichnet (vgl. *Kapitel 2.3.1*). Die Aufmerksamkeit des Fahrers auf die für die jeweilige Situation notwendigen Informationen ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Absolvierung der Fahraufgabe. Unter *Aufmerksamkeit* wird die Fähigkeit des Menschen verstanden, aus der Vielzahl der Sinneseindrücke und Informationen diejenigen auszuwählen, die sein Interesse finden und für die Planung und Durchführung von Handlungen von Bedeutung sind [NIEMANN ET AL. 2010].

Die, dem Menschen zur Verfügung stehenden, Aufmerksamkeitsressourcen sind dabei begrenzt. Besonders in Situationen, in denen mehrere Aufgaben parallel bearbeitet werden müssen, ist eine entsprechende Fokussierung der Aufmerksamkeit notwendig. Hierzu muss eine Filterung der in der vorhandenen Situation wichtigen Informationen erfolgen. Im Straßenverkehr handelt es sich dabei meist um visuelle Informationen. Die Vielzahl der Details, welche bei der erfolgreichen und sicheren Bewältigung der Fahraufgabe berücksichtigt werden müssen, macht in vielen Fällen eine geteilte Aufmerksamkeit notwendig. Daher ist ein entsprechendes Aufmerksamkeitsmanagement erforderlich.

Für die Beschreibung der visuellen Aufmerksamkeitssteuerung während des Autofahrens kann das SEEV-Modell nach WICKENS ET AL. [2003] herangezogen werden. Die vier Begriffe des Modells (S - *saliency*, E - *effort*, E - *expectancy* und V - *value*) beschreiben dabei die unterschiedlichen charakteristischen Einflüsse, welche maßgebend für die Aufmerksamkeit des Menschen sind. Die einzelnen Einflüsse lassen sich folgendermaßen beschreiben [VÖHRINGER-KUHNT 2010]:

Unter *saliency* wird dabei die Auffälligkeit einer Information verstanden. Je mehr diese durch ihr Erscheinungsbild hervorsticht (z. B. Helligkeit eines Objektes oder deutliche Abhebung eines Objektes von seiner unmittelbaren Umgebung), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch diesem Reiz Aufmerksamkeit schenkt. Entscheidend ist hierbei neben der Charakteristik der Information auch der genaue Ort im Sehfeld des Fahrers, an dem sich die Information befindet. Objekte im peripheren Sehfeld werden bei gleicher Auffälligkeit weniger hervorstechend wahrgenommen als im Zentrum des Sehfeldes (foveales Sehfeld).

Der Begriff *effort* beschreibt den Aufwand, den ein Mensch aufbringen muss, um sich einem neuen Reiz zuzuwenden. Je weiter der neue Reiz vom aktuellen Blickfokus entfernt liegt und je mehr Aufwand betrieben werden muss (z. B. Augen-, Kopf- oder Körperbewegung), um den Reiz wahrzunehmen, desto unwahrscheinlicher ist es, dass diese Information bei der Planung der weiteren Handlungen berücksichtigt werden. Nah beieinanderliegende Informationen werden häufiger wahrgenommen als Informationen, die sich weit voneinander entfernt befinden.

Die Ausrichtung der Aufmerksamkeit ist weiterhin abhängig davon, wo genau der Mensch in der Umgebung Informationen erwartet (*expectancy*). An Stellen, an denen bereits viele Informationen wahrgenommen wurden, werden auch weiterhin viele Informationen erwartet und der Mensch richtet demnach auch seine Aufmerksamkeit auf diese Bereiche. Die Bandbreite (Anzahl der Reize pro Zeiteinheit), mit der wichtige Informationen im Umfeld auftauchen, ist dabei vor allem auch von der jeweiligen Situation abhängig. Eine Abbiegesituation am Knotenpunkt in der Innenstadt weist eine höhere Bandbreite an Informationen auf als eine freie Fahrt auf der Autobahn. An dieser Stelle hat vor allem das Erfahrungswissen des Menschen großen Einfluss. Erfahrene Fahrer bewegen sich im Straßen-

verkehr mit einer anderen Erwartungshaltung als Fahranfänger und können ihre Aufmerksamkeit im Allgemeinen besser auf relevante Informationen (z. B. potentielle Gefahrenquellen) fokussieren.

Als letztes ist die Bedeutung einer Information (*value*) bzw. der Zugewinn an Wissen über die Situation durch diese Information bei der Ausrichtung der Aufmerksamkeit ebenso entscheidend. Das Nicht-Beachten einer Information und deren Auswirkung auf die weitere Entwicklung der Situation sind hierbei maßgebend. Informationen mit höherer Bedeutung werden seltener übersehen.

Die Beeinflussung der Aufmerksamkeit der einzelnen Einflüsse ist durch ein additives Modell beschreibbar, welches die Ausprägung der Einflüsse und deren Gewichtung im Gesamtzusammenhang beinhaltet [HORREY ET AL. 2006]. Die Berücksichtigung der einzelnen Faktoren ermöglicht Erklärungen, weshalb einzelne Bereiche im Blickfeld angeschaut werden und andere nicht wahrgenommen werden. So werden beispielsweise selbst auffällige Objekte nicht wahrgenommen, wenn diese innerhalb des Sichtfeldes in einem Bereich auftauchen, in dem sie nicht erwartet werden.

Im Zusammenhang mit der Aufmerksamkeitssteuerung in komplexen Situationen (wie bspw. dem Befahren eines Knotenpunktes) spielen zwei weitere Effekte eine Rolle, die dazu führen können, dass bestimmte Objekte nicht wahrgenommen werden, obwohl der Mensch in die entsprechende Richtung blickt.

Die *Unaufmerksamkeitsblindheit* (inattentional blindness) beschreibt das Nichtbemerken auffälliger Objekte, die sich im Blickfeld einer Person befinden. Hierbei ist die Aufmerksamkeit der Person auf etwas anderes gerichtet (selektive Aufmerksamkeit) und alles, was für die Erfüllung der aktuellen Aufgabe nicht relevant ist, wird ausgeblendet. So können selbst auffällige, für die Situation bedeutsame Reize übersehen werden [MÜLLER ET AL. 2014].

Als *Veränderungsblindheit* (change blindness) wird das Nichtbemerken von starken Veränderungen einer Situation bezeichnet. Dies geschieht, wenn der Fokus der Aufmerksamkeit zum Zeitpunkt der Veränderung nicht auf den Bereich des Blickfeldes gerichtet ist, in dem die Veränderung stattfindet. Die Wahrscheinlichkeit der Veränderungsblindheit ist vor allem dann hoch, wenn zur Feststellung der Veränderung Blicksprünge notwendig sind oder zum Zeitpunkt der Veränderung ein ablenkender Reiz vorlag [MÜLLER ET AL. 2014].

Im Unfallgeschehen sind diese Effekte vor allem dann erkennbar, wenn in den Befragungen der Unfallbeteiligten deutlich wird, dass bspw. Unfallverursacher angeben in die Richtung des Unfallgegners geblickt zu haben, diesen aber nicht gesehen haben (bekannt als „looked but failed to see“-Phänomen).

2.3.6 Risikowahrnehmung und -verhalten im Straßenverkehr

Unter dem Begriff *Risiko* lassen sich verschiedene Deutungen zusammenfassen. So werden sowohl im sprachlichen, als auch im wissenschaftlichen Gebrauch neben den Bedingungen für ein Verhalten („sich einer Gefahr aussetzen“) und der Bereitschaft ein bestimmtes Verhalten zu zeigen (Risikobereitschaft) auch das Verhalten selbst (riskantes Verhalten) sowie dessen Folgen („einen Schaden erleiden“) als Risiko bezeichnet [KLEBELSBERG 1982A].

In der Verkehrspsychologie existieren verschiedene Theorien und Modelle zur Beschreibung des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern und der Betrachtung des Risiko-Begriffes. Diese Modelle beschäftigen sich, teilweise mit unterschiedlichem Blickwinkel, mit der Beziehung zwischen objektivem und subjektivem Risiko. Der folgende Abschnitt soll einen Überblick über die bestehenden Modelle verschaffen.

Nach dem Modell der Risikohomöostase nach WILDE [1982] bestimmen objektive und subjektive Risikokomponenten die Verhaltensweisen von Verkehrsteilnehmern. Es wird dabei angenommen, dass der Fahrer das Ziel verfolgt ein für ihn akzeptables, individuelles Risikolevel konstant zu halten. Hierzu nimmt der Verkehrsteilnehmer in jedem Augenblick ein bestimmtes subjektives Risiko wahr, schätzt Unfallrisiken ab und vergleicht dieses wahrgenommene Risiko mit seinem eigenen akzeptierten Risikolevel. Werden Abweichungen festgestellt, so werden in Abhängigkeit der eigenen Entscheidungsfähigkeit und Fertigkeiten des Fahrers Korrekturhandlungen vorgenommen, um das Risiko entsprechend anzupassen. Die objektive Risiko-Komponente spielt demnach eine wichtige Rolle, um den Zusammenhang zwischen Fahrverhalten und der Entstehung von Unfällen zu erklären. Das objektive Risiko beeinflusst dabei zeitlich verzögert das subjektiv wahrgenommene Risiko. Eine Erhöhung des wahrgenommenen Risikos führt zu einer geringeren Differenz zwischen subjektiv wahrgenommenen und akzeptierten Risiko. Unter der Annahme, dass diese Differenz ein Maß für die Unfallwahrscheinlichkeit darstellt, lassen sich als Resultat weniger Unfälle erwarten. Diese Senkung der Unfallzahlen hat nach dem Modell von WILDE zur Folge, dass mit gewisser Verzögerung das Risiko in der Wahrnehmung des Menschen abnimmt. Gefahren werden als weniger kritisch angesehen und es besteht eine größere Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Unfällen, so dass die Unfallrate erneut steigen kann.

Das Modell der subjektiven Risikokontrolle von NÄÄTÄNEN / SUMMALA [1976] geht im Gegensatz zu WILDE (wonach jeder über ein ausgeprägtes akzeptiertes Risikolevel verfügt) davon aus, dass Verkehrsteilnehmer im normalen Verkehrsablauf kein Risiko wahrnehmen. Die Wahrnehmung von relevanten Reizen aus der Verkehrsumgebung sowie die Erwartungen an die Situation werden nach diesem Modell durch die Motivation beeinflusst. Das bewusste Wahrnehmen des Risikos erfolgt erst, wenn eine bestimmte individuell variierende Wahrnehmungsschwelle (der „subjektive Risikomonitor“) überschritten wird. Die Motivation beeinflusst die Entscheidung über durchzuführende Handlungen. Dabei wird

davon ausgegangen, dass die Fahraufgabe weitgehend automatisiert ist und der Fahrer diese durch eigene Fähigkeiten kontrollieren kann. Demnach ist ein konfliktfreies Fahrverhalten ohne bewusste Kontrolle möglich, da die verschiedenen Verkehrssituationen als Schemata abgelegt sind. Ein Risiko wird nur dann erlebt, wenn unerwartete Situationen auftreten, für die keine Verhaltenspläne abgespeichert sind. Wird die Risikoschwelle überschritten, werden durch den subjektiven Risikomonitor entsprechende Gegenmaßnahmen initiiert, um das Risiko wieder auf null zu senken. In dem Zusammenhang wird davon ausgegangen, dass für eine unfallfreie Fahrt dieser Risikoausgleich wesentlich wichtiger ist als die jeweiligen Fähigkeiten des Fahrers [SUMMALA 1996].

Nach FULLER [2005] lässt sich der Begriff Risiko und dessen Wahrnehmung in dreierlei Hinsicht interpretieren:

- Objektives (statistisches) Risiko - entspricht der Wahrscheinlichkeit in einen Unfall verwickelt zu sein. In Abhängigkeit eines bestimmten Merkmals kann zur Ermittlung des objektiven Risikos die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses gegen die Wahrscheinlichkeit des Nicht-Eintretens dieses Ereignisses ins Verhältnis gesetzt werden.
- Subjektives Risiko - beschreibt die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Fahrers, in einen Unfall verwickelt zu sein.
- Gefühlttes Risiko - bezeichnet die emotionale Bewertung der Bedrohlichkeit einer Situation durch den Fahrer.

Als maßgebend für die Entscheidungsfindung sieht FULLER die eingeschätzte Schwierigkeit des Fahrmanövers an. Innerhalb des Modells werden Entscheidungen des Fahrers das Ergebnis des Abgleichs zwischen den Zielen der Fahrt und der Vermeidung von Unfällen dargestellt. Es handelt es sich dabei um eine dynamische Interaktion der Fähigkeiten des Fahrers und der Anforderungen der Fahraufgabe, wodurch sich unterschiedliche Aufgabenschwierigkeiten ergeben. Der Fahrer versucht diese Aufgabenschwierigkeit dabei ständig in den von ihm gewählten Grenzen zu halten (vgl. OEHME ET AL. 2014).

Zur Verbesserung der Sicherheit von Verkehrssituationen ergeben sich demnach zwei prinzipielle Vorgehensweisen: einerseits die Anhebung der objektiven Sicherheit, z. B. durch die Verbesserung straßenbaulicher Bedingungen oder Unterstützung des Fahrers bei kritischen Fahrmanövern und andererseits Senkung der subjektiven Sicherheit durch ein bewusst hervorgerufenes Unsicherheitsgefühl.

2.4 Komplexität und Gefährlichkeit

Innerhalb dieses Kapitels werden vorhandene Erkenntnisse zur Einschätzung der Komplexität und Möglichkeiten zur Bewertung der Gefährlichkeit von Situationen als sicherheitsrelevante Eigenschaften im Straßenverkehr beschrieben.

2.4.1 Komplexität von Situationen im Straßenverkehr

Die verschiedenen Gestaltungen von Verkehrssituationen führen dazu, dass diese vom Fahrer in unterschiedlicher Komplexität wahrgenommen werden. Nach ELVIK [2005] wird Komplexität als Menge von neuen Informationen verstanden, die ein Fahrer pro Zeiteinheit verarbeiten muss. Dichter Stadtverkehr weist demnach eine hohe Komplexität auf, da der Fahrer viele Änderungen in kurzen Zeiteinheiten aufnehmen und verarbeiten muss.

Zur modellhaften Berechnung der Komplexität einer Situation im Straßenverkehr bei Dunkelheit müssen nach REINISCH [2010] neben der Anzahl der Objekte im Umfeld, deren Relevanz für die jeweilige Fahrsituation auch die physikalischen Objekteigenschaften berücksichtigt werden. Die Objekteigenschaften werden neben der Größe der betrachteten Objekte und deren Lage in Bezug auf die Fahrzeugposition (Abstand in Längs- und Querrichtung) vor allem durch die lichttechnische Auffälligkeit bestimmt (vgl. Bild 2.16). Zwar ist dieses Berechnungsmodell zur Ermittlung der Komplexität von Fahrscenen bei Dunkelheit entwickelt worden, der aufgezeigte prinzipielle Zusammenhang lässt sich jedoch auch allgemein auf andere Verkehrssituationen übertragen. Das heißt, je mehr relevante Objekte sich in unmittelbarer Fahrumgebung befinden, desto komplexer stellt sich die Situation dar.

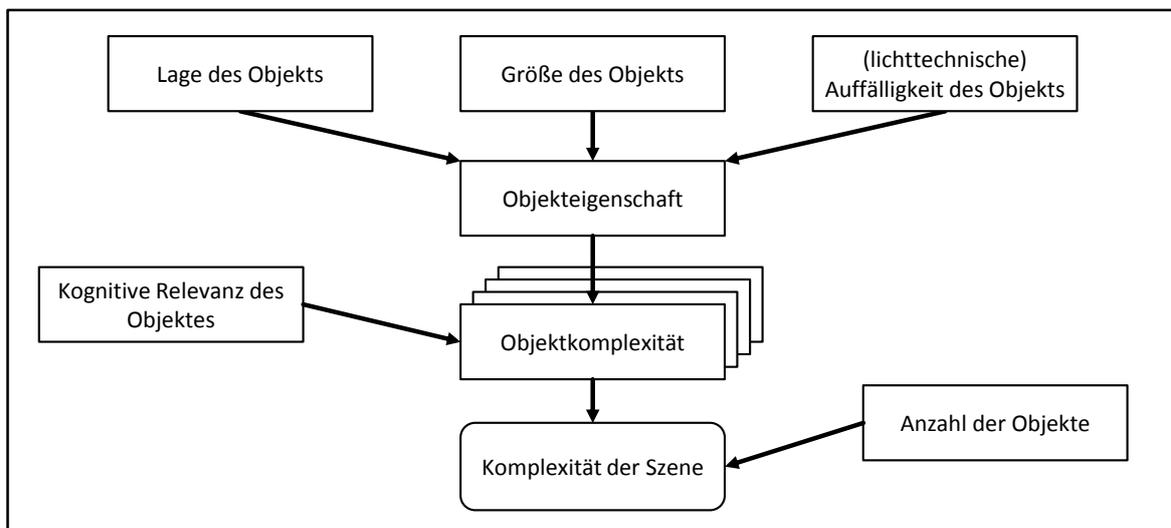


Bild 2.16: Prinzipieller Ablauf zur Berechnung der Komplexität einer Verkehrsszene [REINISCH 2010]

FASTENMEIER definiert die Komplexität einer Verkehrssituation als Zusammensetzung aus den Anforderungen an die Informationsverarbeitung des Fahrers und den Anforderungen aus der Fahrzeugbedienung. Beide Anforderungen können demnach entweder hoch oder niedrig ausgeprägt sein, so dass insgesamt vier Komplexitätsgrade unterschieden werden. Beispielsweise weisen beschilderte Knotenpunkte, an denen der Fahrer Vorfahrt hat, einen mittleren Komplexitätsgrad auf. Dabei ist diese Situation gekennzeichnet durch hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitung und geringe Anforderungen aufgrund der Fahrzeugbedienung [FASTENMEIER 1995].

Abbiegemanöver werden demnach sowohl bezüglich der Anforderungen an Informationsverarbeitung als auch der Fahrzeugbedienung wesentlich anspruchsvoller eingeschätzt als das Queren eines Knotenpunktes. Lediglich bei kleineren und engen Straßen spielt die Art des Fahrmanövers für die Einschätzung der Komplexität der Fahrsituation keine besondere Rolle. Als Grund hierfür lässt sich die „rechts vor links“-Regelung vermuten, welche sich im oberen Teil der Skala wiederfindet (siehe Tab. 2.6).

Komplexitätsgrad	Situationsmerkmale	Relevante Anforderungsdimensionen
Informationsverarbeitung <i>niedrig</i> Fahrzeugbedienung <i>niedrig</i>	Autobahnen, Landstraßen, Stadt-situationen (mit wenig Gegenverkehr), gerade Strecke	Visuelle Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit; Vigilanzleistungen; Erkennen optischer Farb- und Helligkeitsunterschiede, Schätzen von Distanzen
Informationsverarbeitung <i>hoch</i> Fahrzeugbedienung <i>niedrig</i>	Straßensituationen mit beschilderter Kreuzung, Fahrer hat Vorfahrt; Autobahnen bei Auffahrten, Fahrer auf Autobahn	Schätzen von Distanzen; Wiedererkennen, Gefahrensymbole richtig verstehen; Analyse von Informationen
Informationsverarbeitung <i>niedrig</i> Fahrzeugbedienung <i>hoch</i>	Ältere Landstraßen, kurviger unübersichtlicher Verlauf, Stadtsituationen mit LSA; Stadtsituation mit beschilderter Kreuzung, Fahrer hat Vorfahrt	Vigilanzleistungen, Optische Anzeigen beachten, Erkennen optischer Farb- und Helligkeitsunterschiede
Informationsverarbeitung <i>hoch</i> Fahrzeugbedienung <i>hoch</i>	Stadtsituation mit beschilderter Kreuzung, Fahrer wartepflichtig	Besonders schnelles Erkennen von optischen Unterschieden; Schätzen von Geschwindigkeiten, Distanzen, Größe, Zeitdauer; Kombinieren von Informationen; Entscheidung unter Unsicherheit

Tab. 2.6: Komplexitätsgrad in Abhängigkeit von Merkmalen der Verkehrssituation [FASTENMEIER 1995]

Die Komplexität einer Situation wirkt sich auf die Geschwindigkeitswahl der Fahrer aus. Je komplexer sich eine Verkehrssituation darstellt, desto geringer fällt die gewählte Geschwindigkeit aus [RÖSLER 2010]. Es stehen weniger Ressourcen zur Überwachung der eigenen Geschwindigkeit zur Verfügung, weshalb der Fahrer sein Verhalten auf seine bevorzugte, i. d. R. geringere, Geschwindigkeit anpasst [FASTENMEIER 1995]. Der Einfluss des umgebenden Verkehrs auf die Komplexität einer Verkehrssituation konnte dabei nicht signifikant nachgewiesen werden [RÖSLER 2010]. In komplexen Situationen sind die Blicke der Fahrer weiter verstreut und weniger fokussiert. Die Untersuchung des Einflusses der Komplexität einer Situation auf die Querdynamik des Fahrzeuges (Spurhaltung und Lenkverhalten) liefert zum Teil widersprüchliche Ergebnisse mit kleinen negativen, aber meist nicht

signifikanten Veränderungen. Das heißt, es ist eine tendenzielle Verschlechterung der Spurhaltung in komplexeren Situationen zu verzeichnen [RÖSLER 2010].

2.4.2 Bewertung der Gefährlichkeit von Verkehrssituationen

Zur Bewertung von Verkehrssituationen ist zunächst eine eindeutige Definition des Begriffes Sicherheit in der jeweiligen Situation notwendig. Einen möglichen Ansatz liefert FRICKE AT AL. [2006], wobei das Maß an Sicherheit beschrieben wird 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. Die Gefährlichkeit einer Situation wird dabei von vielerlei Faktoren beeinflusst. Darüber hinaus spielen Aspekte wie Risikowahrnehmung, Risikoakzeptanz sowie die objektive Beschreibung und die subjektive Einschätzung des Risikos eine Rolle (siehe *Kapitel 2.3.6*). Zur Erhöhung der Sicherheit bzw. zur Minimierung des Risikos müssen demnach neben den Eigenschaften der Umgebung und des untersuchten Systems selbst auch die zu absolvierende Aufgabe und die Einflüsse des Menschen berücksichtigt werden. KLEBELSBERG [1982A] stellt hierfür das Modell der objektiven und subjektiven Sicherheit vor. Dabei werden zwei Annahmen getroffen:

- Die Sicherheit einer Verkehrssituation hängt weder allein von der objektiven Sicherheit (den physikalischen Grenzwerten), noch allein von der subjektiven Sicherheit (den wahrgenommenen bzw. antizipierten Grenzwerten) ab, sondern wird durch die Wechselwirkung zwischen beiden Komponenten bestimmt.
- Das Verhalten des Fahrers ist genau dann der Situation angepasst, wenn der Wert für die objektive Sicherheit mindestens gleich groß oder größer als der der subjektiven Sicherheit ist.

Als Konsequenz dieses Modells muss für die Gestaltung von Sicherheitsmaßnahmen im Einzelfall betrachtet werden, ob eine Erhöhung der objektiven Sicherheit oder eine Senkung der subjektiven Sicherheit als Ziel verfolgt werden soll.

Konfliktbehaftete Verkehrssituationen können nach KLEBELSBERG [1982B] entsprechend der Häufigkeit des Auftretens unterschieden werden in:

- *Fahrfehler*,
- *Verkehrsverstoß*,
- *Verkehrskonflikt*,
- *Beinaheunfall* und
- *Unfall*.

Dabei treten *Fahrfehler* und *Verkehrsverstöße* relativ häufig im Straßenverkehr auf, bleiben aber meist folgenlos. Als *Verkehrskonflikt*, und in einem erhöhten Schweregrad auch der *Beinaheunfall*, wird eine Gefahrensituation bezeichnet, in der sich Verkehrsteilnehmer

räumlich und zeitlich so annähern, dass eine erhöhte Kollisionsgefahr besteht [ERKE / ZIMOLONG 1978]. Der *Unfall* beschreibt das Ergebnis eines Verhaltensfehlers, der zu einer Kollision mit einem Hindernis oder anderen Verkehrsteilnehmern führt.

Neben der Beschreibung der Sicherheit ist die Entscheidung, wann es sich um eine kritische Situation handelt, ebenso von der subjektiven Einschätzung der einzelnen Person abhängig. Identische Situationen können von verschiedenen Personen durchaus unterschiedlich interpretiert werden.

MOCK-HECKER [1994] beschreibt eine kritische Verkehrssituation als eine Verkehrssituation, bei der ein Eingreifen notwendig wird, um die Gefahr eines Verkehrsunfalls auszuschließen oder zumindest zu vermindern.

Einen weiteren, pragmatischen, Ansatz zur Definition einer kritischen Verkehrssituation liefert SCHMIDT [2010]. Demnach ist eine Verkehrssituation immer dann kritisch, wenn:

- es zu einer Kollision zwischen Fahrzeug und Hindernis kommt oder
- ein definierter Mindestabstand zwischen Fahrzeug und Hindernis unterschritten wird, ohne dass es zur Kollision kommt.

Abgeleitet davon verwendet SCHMIDT den Begriff *Kritikalität* als ein Maß für die Gefährlichkeit einer Verkehrssituation, in der ein Eingriff eines Fahrerassistenzsystems erforderlich ist. Die *Kritikalität* bezieht sich in den Betrachtungen von SCHMIDT immer auf eine bereits bewältigte Situation, d. h. der Eingriff des Assistenzsystems ist zum Zeitpunkt der Beurteilung bereits abgeschlossen. Dadurch ist lediglich eine retrospektive Betrachtung der Situation möglich. Generell basieren die Methoden zur Bestimmung der Kritikalität darauf, den Zeitpunkt zu ermitteln, zu dem eine Kollision nicht mehr zu vermeiden ist und dadurch ein Eingriff durch automatisierte Systeme (z. B. eine autonome Notbremsung) möglich wird, welcher die Kollisionsgeschwindigkeit minimiert und damit die Unfallschwere mindern kann. Vor allem für die Entwicklung von informierenden, warnenden und unfallvermeidenden Systemen ist die Kenntnis der verbleibenden Zeit bis zu einer möglichen Kollision wichtiger als die Information über einen unvermeidbaren Zusammenstoß. Daher stellen zu meist zeitliche Größen die Grundlage für die Beurteilung der Kritikalität dar. Hierunter zählen unter anderem:

- *TTC* (Time-to-Collision) - entspricht der Zeit, die rechnerisch bleibt, bis zwei Fahrzeuge miteinander kollidieren, wenn sie ihre momentane Geschwindigkeit beibehalten. [GETTMAN ET AL. 2003]
- *THW* (Time Headway) - beschreibt die Zeit, die ein Fahrzeug zum Erreichen derselben Position des vorausfahrenden Fahrzeugs benötigt. [HCM 2010]
- *PET* (Post Encroachment Time) - bezeichnet die Zeit, die beim Passieren eines Konfliktbereiches zweier Fahrzeuge zwischen dem Verlassen des ersten und dem Eintritt des zweiten Fahrzeugs auftritt. [GETTMAN ET AL. 2003]

2.5 Verkehrsgeschehen am Knotenpunkt

Die Bewältigung von Fahrsituationen am Knotenpunkt stellt im Gegensatz zum Fahren auf freier Strecke höhere Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Fahrers. Vor allem die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern, die zum Teil recht kurzfristig in der Fahrerumgebung auftauchen (bedingt durch Sichtverdeckungen im Knotenpunktbereich oder fehlende Blickzuwendungen), ruft hierbei eine höhere Komplexität der Verkehrssituation und damit verbunden eine höhere Beanspruchung des Fahrers hervor.

Zur Analyse der Verteilung der verschiedenen Verkehrssituationen untersuchte FASTENMEIER [1995] Fahrten in der Stadt (siehe Bild 2.17). Insgesamt knapp 40 % der innerstädtischen Fahrsituationen sind geprägt durch eine gerade, freie Strecke ohne Engstellen, Kurven oder Fahrtrichtungswechsel. In 13 % der Fälle handelt es sich um Kurvenfahrten und 9 % stellen kurvige Abschnitte in Verbindung mit Fahrbahnsteigungen dar. Ein geringer Anteil von jeweils 2 % entfällt auf Situationen mit Engstellen und geraden Steigungsstrecken.

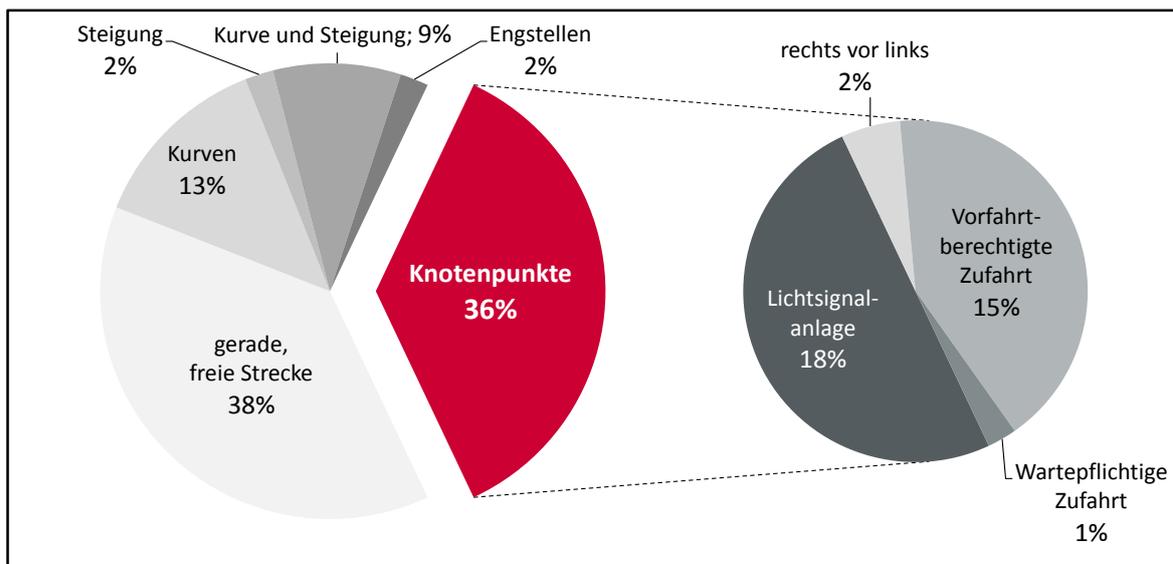


Bild 2.17: Häufigkeit verschiedener Verkehrssituationen im innerstädtischen Straßenverkehr [FASTENMEIER 1995]

Der Fahrer sieht sich häufig mit Fahrsituationen an Knotenpunkten konfrontiert. Insgesamt 36 % der innerstädtischen Verkehrssituationen stellen Fahrmanöver an Knotenpunkten dar. In der Hälfte der Fälle handelt es sich dabei um LSA-geregelte Knotenpunkte. Schildergeregelte Knotenpunkte werden im überwiegenden Fall aus der vorfahrtberechtigten Zufahrt befahren (15 %) und nur zu einem geringen Anteil sieht sich der Fahrer der Wartepflicht (1 %) oder „rechts vor links“-geregelten Knotenpunkten (2 %) gegenübergestellt (vgl. Bild 2.17). In den meisten Knotenpunktsituationen fahren die Verkehrsteilnehmer geradeaus, nur an jedem fünften Knotenpunkt (19 %) biegen die Fahrer ab. Hierbei treten Rechts- und Linksabbiegemanöver in ähnlicher Häufigkeit auf, wobei geringfügig häufiger rechts als links abgelenkt wird [FASTENMEIER 1995].

2.5.1 Konfliktpunkte am Knotenpunkt

Beim Befahren von Knotenpunkten muss der Fahrer in Abhängigkeit des geplanten Fahrmanövers (geradeausfahren, rechts oder links abbiegen) eine unterschiedliche Anzahl an Verkehrsteilnehmern sowie deren Bewegungen und Fahrabsichten berücksichtigen. Dadurch ergeben sich verschiedene mögliche Konfliktpunkte. Unabhängig vom Fahrmanöver muss an jeweils zwei Positionen im Fahrablauf (vor und hinter dem Knotenpunkt) besonders auf kreuzende Radfahrer und Fußgänger aus beiden Richtungen geachtet werden. Insgesamt weist das Linksabbiegen die meisten Konfliktpunkte mit anderen Verkehrsteilnehmern auf (sieben potentielle Konfliktpunkte mit anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern). Das Geradeausfahren stellt sich mit sechs potentiellen Konfliktpunkten mit anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern als theoretisch weniger gefährlich dar. Bei Rechtsabbiegemanövern rufen lediglich die von links kommenden sowie die entgegenkommenden linksabbiegenden Verkehrsteilnehmer Konflikte hervor (siehe Bild 2.18).

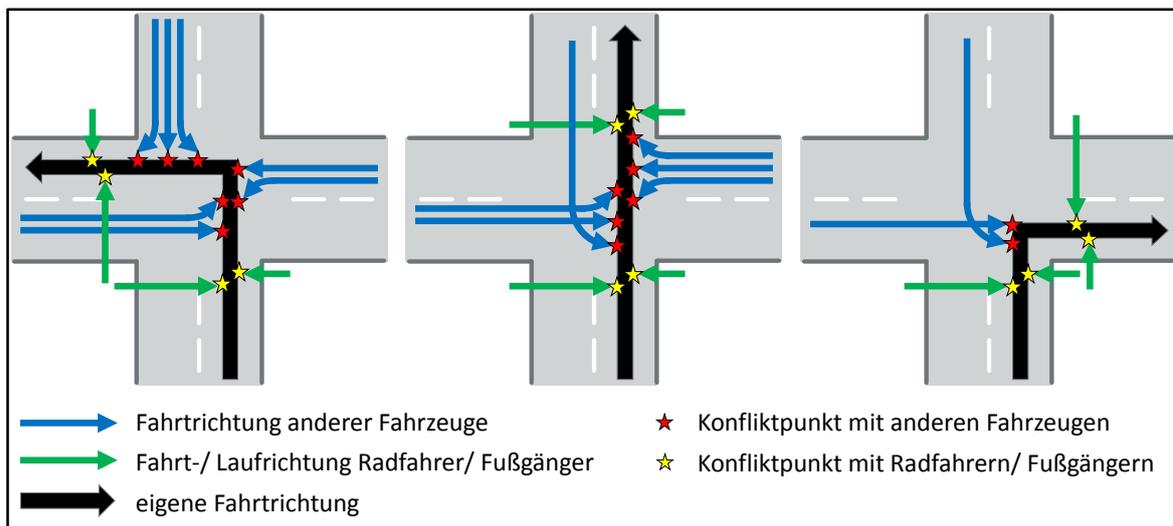


Bild 2.18: Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Geradeausfahren und Rechtsabbiegen

Abhängig davon, ob der jeweilige Konfliktpartner bevorrechtigt oder wartepflichtig ist, ändert sich dessen Relevanz für den Fahrer bei der Planung und Durchführung seines Fahrmanövers am Knotenpunkt. So spielen beim Linksabbiegen von der Vorfahrts- in die Nebenstraße querende Fahrzeuge von rechts und links aus den Nebenstraßen eine untergeordnete Rolle. Wohingegen beim Linkseinbiegen aus der Nebenstraße die kreuzenden vorfahrtberechtigten Fahrzeuge eine wesentlich höhere Relevanz haben.

Allein das Vorhandensein von potentiellen Konfliktobjekten, wie andere Fahrzeuge, Radfahrer oder Fußgänger, stellt noch keine Unfallgefahr an sich dar. Ausschlaggebend für die Unfallentstehung ist darüber hinaus, dass bei mindestens einem Konfliktpartner ein fehlerhaftes Verhalten vorliegt und unfallvermeidende Maßnahmen ausbleiben bzw. diese nicht erfolgreich absolviert werden (vgl. REICHART [2001] und Bild 2.19).

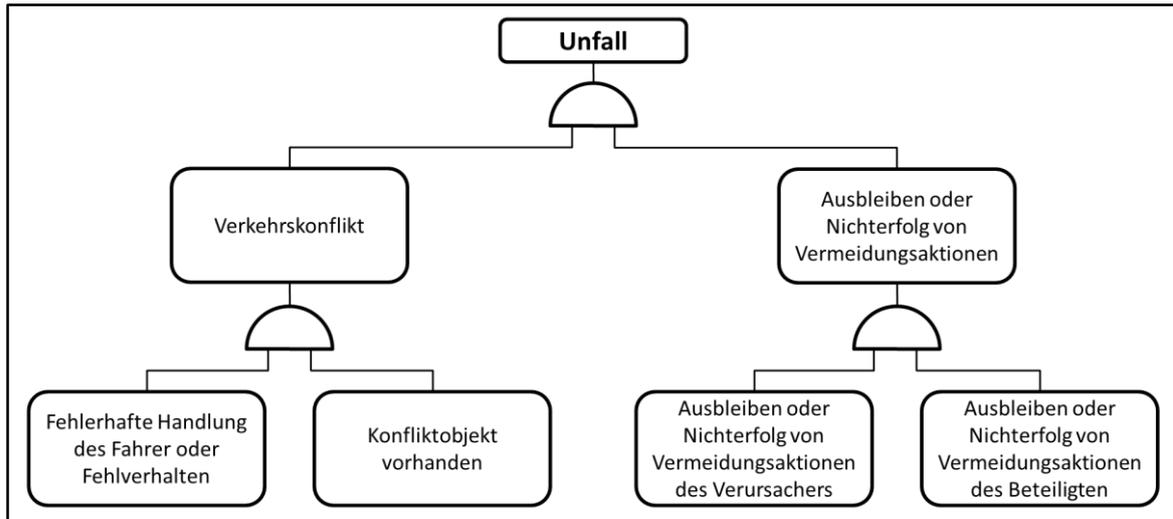


Bild 2.19: Generisches Unfallentstehungsmodell [REICART 2001]

Zur Verbesserung der Sicherheit muss somit zum einen das fehlerhafte Verhalten von Verkehrsteilnehmern verhindert werden und zum anderen die richtige Reaktion des Fahrers entsprechend initiiert oder unterstützt werden. Diese beiden Aspekte stellen somit auch Ansatzpunkte für die Entwicklung von wirksamen Assistenzsystemen zur Unfallvermeidung dar.

2.5.2 Fehlhandlungen am Knotenpunkt

VOLLRATH ET AL. [2006] untersuchte in einer in-depth-Analyse anhand von Unfallprotokollen aus dem Jahr 2002 in Braunschweig die dem Unfall vorausgehenden Fehlhandlungen mit dem Ziel der Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme. In Tab. 2.7 sind die Häufigkeiten der einzelnen Ursachen von Fehlhandlungen für Abbiegeunfälle (Unfalltyp 2 nach der amtlichen Unfalltypenklassifizierung gemäß GDV [1998]) dargestellt.

Als Unfälle dieses Unfalltyps sind in den Untersuchungen von VOLLRATH ET AL. [2006] neben den Konflikten mit entgegenkommenden Verkehrsteilnehmern oder parallel fahrenden Radfahren beim Abbiegen auch Unfallkonstellationen (Handlungsfehler) enthalten, welche im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt werden. So werden in die Betrachtungen dieser Arbeit z. B. Unfälle mit dem nachfolgenden Verkehr beim Abbiegen oder Kollisionen zwischen zwei nebeneinander abbiegenden Verkehrsteilnehmern nicht einbezogen. Daher beziehen sich nur die grau hinterlegten Felder in Tab. 2.7 auf relevante Unfallhergänge, welche im Rahmen der vorliegenden Arbeit betrachtet werden. Die fett dargestellten Zahlenwerte in Tab. 2.7 weisen auf die häufigsten Ursachen von Fehlhandlungen der einzelnen Handlungsfehler hin. Dabei ist bei Abbiegeunfällen mit entgegenkommenden Verkehrsteilnehmern und bei seitlichen Kollisionen mit Fahrradfahrern beim Rechtsabbiegen als häufigste Fehlhandlung die Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer vor allem aufgrund von Unaufmerksamkeit zu verzeichnen (17,8 % aller Abbiegeunfälle sowie 30 % aller Abbiegeunfälle mit Personenschaden). Fehlanpassungen

von Abstands- und Geschwindigkeitswahl an die vorliegende Situation bzw. die bewusst riskante Planung eines Fahrmanövers spielen als Ursache von Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen mit entgegenkommenden Verkehrsteilnehmern eine weniger wichtige Rolle.

Unfalltyp	Handlungsfehler	Ursache der Fehlhandlung	Anzahl Unfälle		% Unfälle des UTYP	
			Gesamt	mit Personenschaden	Gesamt	mit Personenschaden
UTYP 2 Abbiegeunfälle	Auffahren auf Abbiegenden	Vernachlässigung der Abstandshaltung; aufgrund Unaufmerksamkeit	162	24	31,1	17,4
		Vernachlässigung der Abstandshaltung; aufgrund falscher Aufmerksamkeitsausrichtung	8	1	1,6	1,0
		Fehleinschätzung des Verhaltens anderer	7	1	1,4	1,0
		Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit an den Straßenzustand	6	2	1,2	1,5
		Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit an die Fahrerfähigkeit	4	0	0,8	0,0
		Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit an den Fahrerzustand	2	1	0,3	0,5
	Kollision mit Entgegenkommenden	Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Unaufmerksamkeit	92	41	17,8	30,0
		Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; ohne bes. Grund	13	4	2,4	2,6
		Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Fehleinschätzung der Situation	7	1	1,4	1,0
		Fehlanpassung des korrekten Anhaltens an Besonderheiten der Situation	8	0	1,5	0,0
		bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	2	1	0,5	1,1
		Fehlanpassung Abstand und Geschwindigkeit an den Fahrerzustand	2	1	0,5	1,0
	seitliche Kollision beim Abbiegen	Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Unaufmerksamkeit	10	3	1,9	2,2
		Fehlinterpretation von Rahmenbedingungen	3	0	0,6	0,0
	seitliche Kollision beim Überholen	Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Unaufmerksamkeit	10	1	1,9	0,5
		bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	5	1	1,0	1,0
		Fehleinschätzung des Verhaltens anderer	2	1	0,5	1,0
	seitliche Kollision gemeinsam Abbiegender	Vernachlässigung der Querführung ohne bes. Grund; aufgrund Unaufmerksamkeit	22	1	4,2	0,5
		Vernachlässigung der Informationsaufnahme; ohne bes. Grund	10	0	1,9	0,0
	seitliche Kollision mit Fahrradfahrer rechts	Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Unaufmerksamkeit	19	13	3,6	9,3

Tab. 2.7: Häufigkeit der Ursachen von Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen und Aufteilung auf die einzelnen Handlungsfehler [VOLLRATH ET AL. 2006]

Für Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (Unfalltyp 3 nach GDV [1998]) zeigt sich ebenfalls die Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund von Unaufmerksamkeit als wesentliche Ursache von vorliegenden Handlungsfehlern. In 55,2 % aller Einbiegen/Kreuzen-Unfälle sowie 45,2 % aller Einbiegen/Kreuzen-Unfälle mit Personenschaden wird diese Fehlhandlung als Ursache des Unfalls zugewiesen (siehe Tab. 2.8). Die falsche Aufmerksamkeitsausrichtung sowie die Fehleinschätzung der Situation als Ursache für die Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer spielen mit 17,7 % bzw. 11,9 % aller Einbiegen/Kreuzen-Unfälle mit Personenschaden eine wichtigere Rolle als bei der Betrachtung aller Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (10,8 % bzw. 7,0 %). Andere Fehlhandlungen treten insgesamt wesentlich seltener auf.

Unfalltyp	Handlungsfehler	Ursache der Fehlhandlung	Anzahl Unfälle		% Unfälle des UTYP	
			Gesamt	mit Personenschaden	Gesamt	mit Personenschaden
UTYP 3 Einbiegen /Kreuzen- Unfälle	Kollision mit einem bevorrechtigten Fahrzeug, das von links, rechts oder entgegenkommt	Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Unaufmerksamkeit	455	113	55,2	45,2
		Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund falscher Aufmerksamkeitsausrichtung	89	44	10,8	17,7
		Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Fehleinschätzung der Situation	58	30	7,0	11,9
		Fehlanpassung der Querführung an den Straßenverlauf und andere	36	5	4,3	1,9
		Fehlanpassung des An-/Weiterfahrens; aufgrund Sichtbehinderung	33	8	4,0	3,1
		Fehleinschätzung des Verhaltens anderer	24	4	2,9	1,7
		bewusst riskante Planung des Fahrmanövers	16	7	2,0	2,9
		Ausführungsfehler	10	3	1,2	1,0
		Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer; aufgrund Fahrerzustand	9	5	1,1	1,9
Fehlanpassung Geschwindigkeit an den Straßenzustand	8	2	1,0	0,8		

Tab. 2.8: Häufigkeit der Ursachen von Fehlhandlungen bei Einbiegen/Kreuzen Unfällen [VOLL-RATH ET AL. 2006]

In LANGE [2007] werden für Unfälle an Knotenpunkten hauptsächlich folgende Fehlerquellen genannt:

- die Fehleinschätzung der Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer,
- das Überschätzen des eigenen Beschleunigungspotentials,
- die Sichtbehinderungen in andere Straßen,
- die Unaufmerksamkeit bzw. das Übersehen anderer Verkehrsteilnehmer („looked but failed to see“-Phänomen),
- die Fehleinschätzung der Vorfahrtssituation,
- das unzureichende Blickverhalten (zu wenig sichern),

- die Spurningenauigkeit beim Abbiegen nach links an Kreuzungen mit Lichtsignalsteuerung,
- das Übersehen der Verkehrszeichen bzw. Vorfahrtszeichen

Mit besonderem Fokus auf das Fehlverhalten älterer Kraftfahrer zeigt FASTENMEIER [2005] ähnliche Erkenntnisse auf. Demnach werden vor allem beim Rechtsabbiegen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten häufig zu hohe relative Geschwindigkeiten in der Anfahrt und zu wenig sichernde Blicke in Richtung von Fußgängern und Radüberwegen festgestellt. Zusätzlich sind Spurningenauigkeiten beim Linksabbiegen an Knotenpunkten mit LSA-Regelung (Fahren in den Gegenfahrstreifen bzw. in den gegenüberliegenden Aufstellbereich) vermehrt zu verzeichnen. In komplexen Situationen, in denen viele andere Verkehrsteilnehmer beachtet werden müssen, verhalten sich ältere Fahrer oft zu zögernd und sind verunsichert.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „*Intersection Safety*“ (INTERSAFE) wurden Untersuchungen zum Knotenpunktunfallgeschehen durchgeführt. Für die Konflikt-Konstellation Linksabbieger-Gegenverkehr wurde dabei mit knapp 40 % die „Fehlinterpretation des Verhaltens des entgegenkommenden Fahrzeugs“ als die häufigste Fehlerart festgestellt. „Sichtbehinderungen“ spielen demnach bei dieser Unfallkonstellation mit 16 % eine eher geringere Rolle. Für Unfälle mit kreuzenden Fahrzeugen werden „Unaufmerksamkeit“ (36 %) und „Fehlinterpretation des Verhaltens des späteren Unfallgegners“ (33 %) als Hauptursachen aufgeführt. Jedoch auch „Sichtverdeckungen“ (23 %) stellen einen großen Einflussfaktor für die Entstehung von Unfällen mit kreuzenden Fahrzeugen dar. In den betrachteten Unfallkonstellationen konnte nur etwa in der Hälfte der Fälle eine Reaktion des Fahrers (in Form von Brems- oder Ausweichmanövern) festgestellt werden [FÜRSTENBERG ET AL. 2007].

PFLEGER ET AL. [1994] beschreiben, dass Fehleinschätzungen der Geschwindigkeit bei der Interaktion mit querenden Fahrzeugen von links häufiger vorkommen als in Situationen mit Querverkehr von rechts. Zusätzlich werden hohe Annäherungsgeschwindigkeiten zumeist unterschätzt und Distanzen überschätzt. Weitere Untersuchungen von UCHIDA ET AL. [1999] haben gezeigt, dass sich Unfälle mit kreuzenden Fahrzeugen an Knotenpunkten vermehrt dann ereignen, wenn sich das kreuzende Fahrzeug im visuellen Feld relativ zum eigenen Fahrzeug nicht bewegt. Derartige Situationen können entstehen, wenn sich beide Fahrzeuge einem rechtwinkligen Knotenpunkt mit gleicher Geschwindigkeit annähern.

WILTSCHKO [2003A] untersuchte das Unfallgeschehen im Stadtgebiet Stuttgart-Ost und nutze dabei für die Fehlerklassifizierung im Unfallgeschehen einen an die amtliche Unfallursachencodierung angelehnten Fehlverhaltenskatalog. Dabei werden die amtlichen Angaben zur Unfallursache gruppiert und in acht Arten des Fehlverhaltens unterschieden. In Tab. 2.9 ist die Verteilung des klassifizierten Fehlverhaltens bei Unfällen in Abhängigkeit der Charakteristik der Unfallstelle dargestellt.

Fehlverhalten		Unfallgeschehen Stadtgebiet Stuttgart-Ost					
		gesamt		Unfallort			
				freie Strecke	lichtsignal- geregelter Knotenpunkt	schilder- geregelter Knotenpunkt	"rechts vor links"- geregelter Knotenpunkt
Anzahl	Anteil						
FV 1	Abkommen von der Fahrbahn	116	16,8%	31%	15%	6%	7%
FV 2	Fehler in der Abstandsregelung	154	22,3%	16%	25%	5%	2%
FV 3	Fehler beim Fahrstreifenwechsel	50	7,2%	13%	5%	-	-
FV 4	Missachtung der Lichtsignalanlage	46	6,7%	-	45%	-	-
FV 5	Missachtung der Vorfahrt	175	25,4%	1%	5%	84%	77%
FV 6	Fehler beim Wenden	45	6,5%	10%	5%	2%	5%
FV 7	Fehler beim Ein- und Ausparken	82	11,9%	26%	-	1%	7%
FV 8	Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern und Radfahrern	22	3,2%	3%	-	2%	2%

Tab. 2.9: Fehlverhalten in Unfällen an verschiedenen Unfallorten im Untersuchungsgebiet Stuttgart-Ost [WILTSCHKO 2003A]

Die detaillierte Betrachtung des Fehlverhaltens bei Knotenpunktunfällen zeigt, dass an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten erwartungsgemäß die Missachtung der Lichtsignalanlage mit 45 % einen wesentlichen Schwerpunkt darstellt. Darüber hinaus stellen Fehler bei der Abstandsregelung (25 %) und der Querführung (15 %) weitere Ursachen von Problemen dar. An schildergeregelten Knotenpunkten dominiert die Missachtung der Vorfahrt als häufigstes Fehlverhalten. Fehler im Umgang mit Fußgängern und Radfahrern kommen in den Analysen von WILTSCHKO [2003A] als Ursache von Unfällen insgesamt nur sehr selten vor.

STAUBACH [2010] untersuchte Verkehrsunfälle hinsichtlich menschlicher Fehlhandlungsursachen. Zur Unterscheidung der auftretenden Fehlhandlungen wurde die verhütungsbezogene Klassifikation von Fehlhandlungen nach HACKER [1998] angewendet. Diese Klassifizierung ermöglicht bessere Erkenntnisse über die psychologischen Fehlhandlungsursachen als die definierten Fehlerursachen der amtlichen Unfallstatistik. Besonders die verschiedenen Aspekte der Informationsaufnahme sind innerhalb der Klassifikation genauer dargestellt. Der Ablauf von Handlungen wird unterteilt in eine Orientierungs-, Entwurfs- und Ausführungsphase. Fehlerursachen werden nach HACKER [1998] entweder auf das objektive Fehlen von nutzbaren Informationen, der fehlenden oder falschen Nutzung und Verarbeitung vorhandener Informationen beim Orientieren, Entwerfen und Kontrollieren der Handlungsausführung zurückgeführt. Nach diesem Ansatz

- muss die Informationen objektiv wahrnehmbar sein,
- müssen die persönlichen Ressourcen (wie z. B. Aufmerksamkeit) auf die Wahrnehmung von Informationen ausgerichtet sein,
- muss die kognitive Verarbeitung der Informationen gelingen.

Ursachen bei fehlender Nutzung von Informationen werden von STAUBACH [2010] weiter untergliedert in: das Übersehen durch mangelnde Aufmerksamkeit, das Vergessen / Versäumen, das Übergehen, die Informationsreduktion und die Verarbeitungsdefizite. Für Ursachen bei falscher Nutzung von Informationen werden Orientierungs- bzw. Erwartungsfehler, Fehltritte und die falsche Zielsetzung bei der Wahl der auszuführenden Handlung unterschieden (siehe Tab. 2.10).

Fehlhandlungskategorie	Konkreter Einfluss	Beispiele für Bedingungen
objektives Fehlen von Informationen	Sichtverdeckung	Bebauung, Bepflanzung, andere Fahrzeuge
	Reizmaskierung	Dunkelheit, Blendung, Regen, Schnee, Nebel
fehlende Nutzung von Informationen	Übersehen durch mangelnde Aufmerksamkeit	Ablenkung durch Objekte im / außerhalb des Fahrzeugs, verminderte Aktivierung infolge Müdigkeit / Medikamente, falscher Aufmerksamkeitsfokus
	Vergessen / Versäumen	Einlegen des richtigen Gangs, Schulterblick
	Übergehen	absichtliche Verstöße gegen die Geschwindigkeit oder Missachtung der Vorfahrt
	Informationsreduktion	Erwartungs- und Stereotypisierungsfehler, z.B. Annahme, dass eine breite Straße eine Vorfahrtsstraße ist
	Verarbeitungsdefizite	Beschleunigungswahrnehmung
falsche Nutzung von Informationen	Orientierungs- bzw. Erwartungsfehler	Erwartungsfehler infolge von Gewöhnung, z.B. das Nichteinsehen niedrig frequentierter Straßen auf Fahrzeuge von rechts
	Fehltritt	Einschätzung von Geschwindigkeit und Entfernung
	Falsche Zielsetzung, fehlerhafte Programme	Ausweichen statt Bremsen, Verwechseln von Gas und Bremse

Tab. 2.10: Fehlhandlungsklassifikation nach HACKER [STAUBACH 2010]

In der Definition nach STAUBACH [2010] werden alle Unfälle mit Unfalltyp 2 und 3 als Knotenpunktunfälle zusammengefasst. Die Untersuchung (siehe Bild 2.20) zeigt, dass Knotenpunktunfälle oft durch Sichtverdeckungen (40 %; hauptsächlich durch andere Fahrzeuge im fließenden Verkehr) beeinflusst werden. Ablenkungen (32 %; vor allem durch Stress und/oder Zeitdruck) und Fokusfehler (30 %; zumeist durch nicht auf den Unfallgegner sondern auf andere verkehrsrelevante Objekte gelenkte Aufmerksamkeit) wurden ebenfalls häufig als Einflussfaktoren festgestellt. Bewusste Verstöße (11 %), Fehler der Informationsreduktion (10 %), sowie Orientierungs- und Urteilsfehler (jeweils 8 %) oder Auslässer / Verpasser (2%) treten demnach bei Knotenpunktunfällen seltener auf.

Auffällig bei dieser Auswertung ist der hohe Anteil der Ablenkung durch die emotionale Stimmung des Fahrers sowie die verminderte Aktivierung aufgrund von Medikamenteneinnahme. Hierbei handelte es sich um Medikamente im Zusammenhang mit Bluthochdruck und Herzrhythmusstörungen sowie Diabeteserkrankungen [STAUBACH 2010].

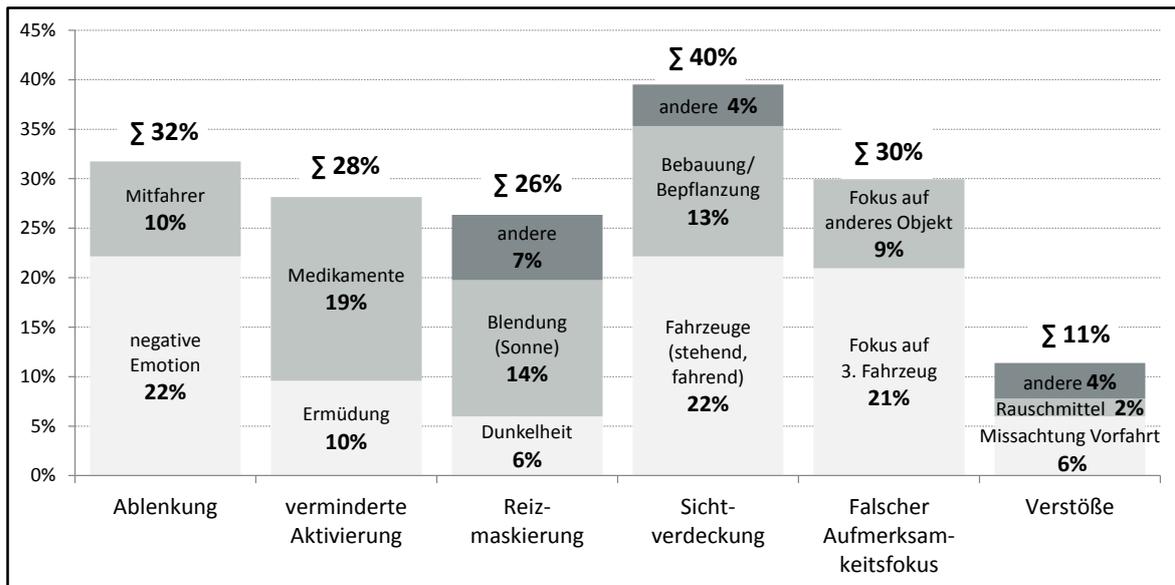


Bild 2.20: Häufigkeit der Einflusskategorien bei der Verursachung von Unfällen an Knotenpunkten [STAUBACH 2010]

2.6 Verkehrssicherheit in Deutschland

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die Entwicklung des Unfallgeschehens in Deutschland und stellt die Verteilung der Unfallursachen auf Grundlage vorhandener Klassifizierungsschemata vor.

2.6.1 Unfallgeschehen

Die amtliche Unfallstatistik zeigt in den letzten Jahren eine überwiegend positive Entwicklung der Unfallzahlen. Trotz steigendem Verkehrsaufkommen und zunehmender Fahrleistung ist die Anzahl der im Straßenverkehr verletzten und getöteten Personen, mit Ausnahme des Jahres 2011, stetig gesunken. Die Zunahme der Verunglücktenzahl im Jahr 2011 ist u.a. auf den milden Winter und die damit einhergehenden besseren Fahrbahnverhältnisse zurückzuführen. Schlechte Fahrbahnbedingungen führen zu einer geringeren Unfallschwere, gute Fahrbahnbedingungen ziehen tendenziell eine steigende Unfallschwere nach sich [VORNDRAN 2012]. Im Gegensatz zu den sinkenden Zahlen der verletzten und getöteten Personen im Straßenverkehr ist die Zahl der Unfälle insgesamt steigend. In der Konsequenz heißt dies, das gestiegene Verkehrsaufkommen ruft zwar mehr Konflikte und Unfälle hervor, die durchschnittliche Unfallschwere dieser Unfälle nimmt aber im Gegenzug ab. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Auf die Entwicklung der Unfallzahlen haben sich positiv ausgewirkt:

- die Einführung von verkehrsrechtlichen Regelungen und deren Kontrolle (z. B. Einführung der Gurtpflicht, vorgeschriebene Richtgeschwindigkeiten auf Autobahnen oder die Festlegung einer Promillegrenze),

- die Verbesserung im Bereich der Fahrzeugkonstruktion (die Steigerung der Karosseriesteifigkeiten und die Berücksichtigung von Crashtest-Ergebnissen bei der Auslegung der Fahrzeuge) und
- die Neu- bzw. Weiterentwicklung von Sicherheitssystemen im Fahrzeug (passive Systeme wie Airbags oder ABS - Anti-Blockier-System, vor allem aber aktive Systeme wie ESP - Elektronisches Stabilitäts-Programm und ACC - Adaptive Cruise Control).

Im Jahr 2012 ereigneten sich insgesamt 2,4 Mio. Straßenverkehrsunfälle, von denen bei 299.637 Unfällen (13 %) mindestens eine verletzte Person zu beklagen war. 3.375 tödliche Verkehrsunfälle forderten insgesamt 3.600 Menschenleben. Damit ist die Zahl der Verkehrstoten im Vergleich zum Vorjahr erneut gesunken, so dass im Jahr 2012 so wenig Menschen bei Verkehrsunfällen ums Leben gekommen sind, wie noch nie seit dem Beginn der statistischen Aufzeichnungen im Jahre 1950 (siehe Bild 2.21).

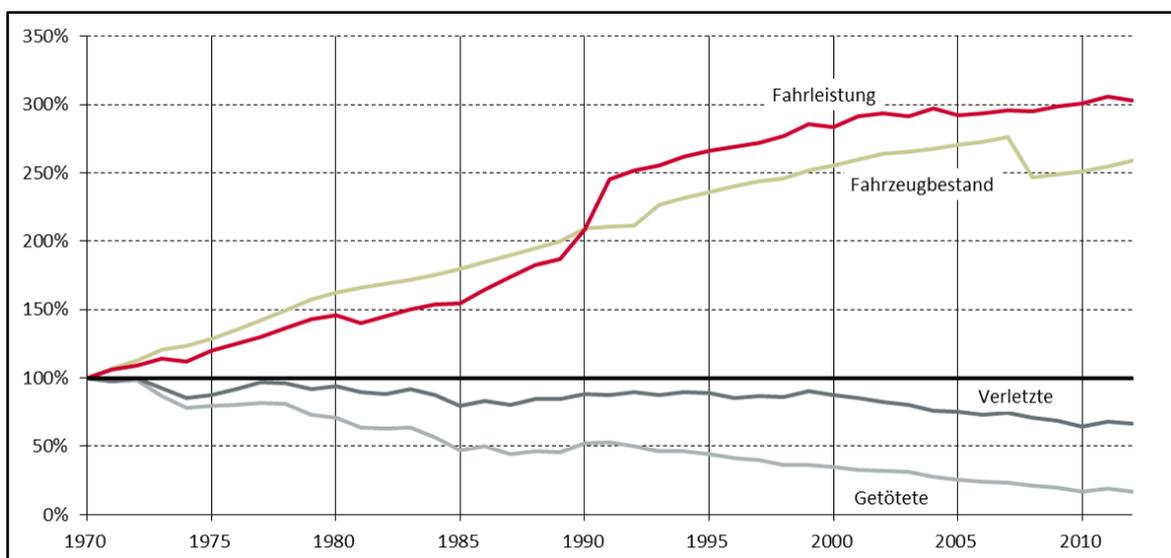


Bild 2.21: Unfallentwicklung, Fahrzeugbestand und Fahrleistungen in Deutschland im Zeitraum 1970 - 2012 [DESTATIS 2013B]

Die Verteilung der Verkehrsunfälle in Deutschland im Jahr 2012 zeigt, dass Unfälle mit Personenschaden hauptsächlich innerhalb von Ortschaften (69 %) geschehen. Die meisten Unfälle ereignen sich bei Tageslicht (75 %) und auf trockener Fahrbahn (72 %). Der Großteil der Verkehrstoten (71 %) ist jedoch bei Unfällen außerhalb von Ortschaften (ohne Autobahnen) zu verzeichnen. Im Hinblick auf die Konfliktsituation, die dem jeweiligen Unfall zugrunde liegt (*Unfalltyp*) ist festzustellen, dass mehr als ein Drittel aller Personenschadensunfälle (36 %) durch Konflikte beim Abbiegen oder Einbiegen bzw. beim Kreuzen von vorfahrtsberechtigten Straßen, also durch knotenpunktelevante Fahrmanöver, hervorgerufen worden sind. Der Zahl der bei diesen Abbiege- und Kreuzen-Unfällen Verletzten beläuft sich auf 141.344 Personen (36 % aller Leicht- und Schwerverletzten). Weitere 663 Personen (18 % aller Verkehrstoten) sind bei diesen Unfällen 2012 ums Leben gekommen. Der Anteil der Unfälle beim Abbiegen oder Einbiegen und Kreuzen fällt im innerörtlichen

Unfallgeschehen etwa doppelt so hoch aus (innerorts 43 %) als im Unfallgeschehen außerhalb geschlossener Ortschaften (außerorts 22 %).

Ähnliche Erkenntnisse ergeben sich bei der Betrachtung der *Unfallart* (Bewegungsrichtung der Unfallbeteiligten vor der Kollision). Bei 28 % der Unfälle kam es zum Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt. Diese Unfallart stellt somit den größten Anteil der zehn unterschiedenen Unfallarten dar. Insgesamt starben 562 Personen (16 %) bei einem Unfall dieser Art und 28 % aller Verletzten wurden durch Unfälle mit einbiegenden oder kreuzenden Unfallgegner verursacht. Der „Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ war mit 33 % die häufigste Unfallart innerhalb von Ortschaften, dagegen lag das "Abkommen von der Fahrbahn nach rechts oder links" außerhalb von Ortschaften mit 34 % an erster Stelle [DESTATIS 2013A].

Aus den amtlichen Unfallberichten geht hervor, dass sich 41 % aller Personenschadensunfälle an Einmündungen oder Kreuzungen ereignen. Innerorts liegt deren Anteil sogar bei nahezu 50 %, außerhalb geschlossener Ortschaften immerhin noch bei 27 %. Nahezu jeder vierte Unfall mit Getöteten geschieht an Kreuzungen oder Einmündungen.

Zwar hat Deutschland für den Zeitraum 2001 bis 2010 im Rahmen des Weißbuches der Europäischen Gemeinschaft [EU 2001] das gesteckte Ziel der Halbierung der Anzahl der Verkehrstoten verfehlt (Die Anzahl der Verkehrstoten in Deutschland konnte von 6.977 im Jahr 2001 auf 3.648 im Jahr 2010 lediglich um 48 % gesenkt werden), dennoch ist die positive Entwicklung des Verkehrssicherheitsniveaus beachtlich. Europaweit konnte die Zahl der im Straßenverkehr getöteten Personen von 54.949 im Jahr 2001 um 43 % auf 31.508 im Jahr 2010 gesenkt werden [EU 2014]. Als Ziel des aktuellen Verkehrssicherheitsprogramms der Bundesregierung ist die Senkung der Zahl der Todesopfer bis zum Jahr 2020 um 40 % in Bezug auf das Basisjahr 2010 ausgegeben [BMVBS 2011B].

2.6.2 Unfallursachen

In den Verkehrsunfallberichten der Polizei werden unter anderem auch die Ursachen der Unfälle festgehalten. Grundlage der Klassifizierung von Unfallursachen ist ein vordefinierter Ursachenkatalog. Hintergrund der Auflistung ist die Zuweisung von Verstößen, die hauptsächlich der Feststellung der juristischen Unfallschuld dienen. Zur Analyse der eigentlichen Ursachen, welche den Fehlhandlungen zugrunde liegen, lassen sich anhand dieses Kataloges nur schwer Aussagen treffen. Hierfür stellt die Betrachtung der Abläufe menschlichen Handelns einen zielführenden Ansatz dar. An dieser Stelle soll ein Einblick in die Klassifizierung von Unfallursachen gegeben werden und die Erkenntnisse der einzelnen Ansätze vorgestellt werden.

Personenschadensunfälle in Deutschland werden hauptsächlich durch menschliches Fehlverhalten (zu 90 %) hervorgerufen. Etwa 6 % der genannten Unfallursachen beziehen sich

auf Umgebungseinflüsse (Wettereinflüsse, wie Regen, Schnee oder Nebel, sowie Straßenverhältnisse). Technische Mängel als Grund für Verkehrsunfälle werden nur in den seltensten Fällen (1 %) festgestellt (vgl. Bild 2.22 links). Besonders oft treten bei den unfallbeteiligten Fahrzeugführern Fehler bei der Vorfahrts- bzw. Vorrangmissachtung (16 %) auf. Weitere häufige Unfallursachen stellen nicht angepasste Geschwindigkeiten (14 %) und unzureichende Sicherheitsabstände (12 %) dar. Insgesamt lässt sich eine Altersabhängigkeit der Unfallursachen feststellen. Mit zunehmendem Alter der Unfallverursacher nimmt der Anteil der Normenverstöße (wie unangepasste Geschwindigkeit, ungenügender Abstand oder Fahren unter Alkoholeinwirkung) ab. Fahrfehler, wie Vorfahrtsfehler und Fehler beim Abbiegen, Wenden sowie Rückwärtsfahren und Ein- und Ausfahren treten hingegen wesentlich häufiger auf (siehe Bild 2.22 rechts).

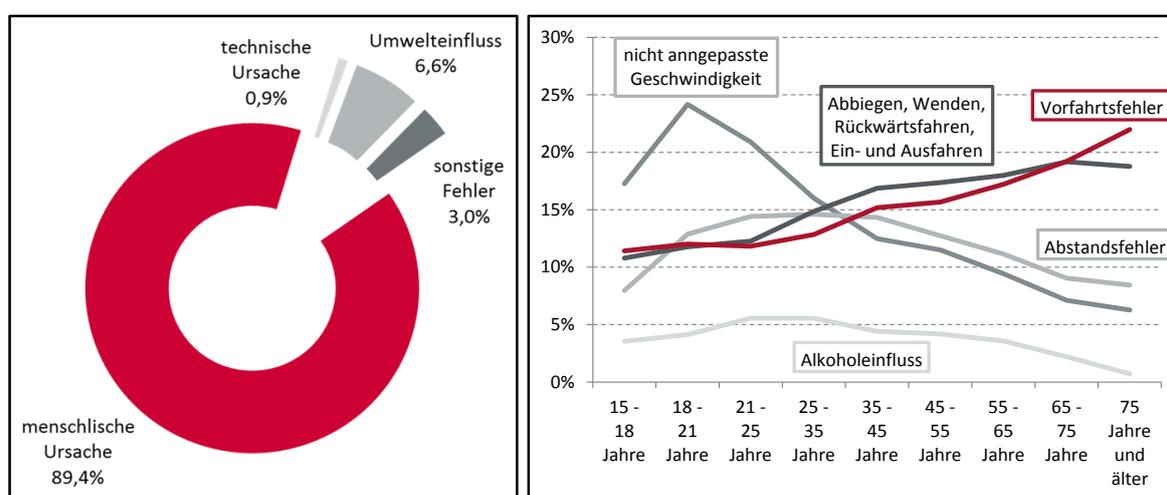


Bild 2.22: Unfallursachen von Personenschadensunfällen in Deutschland 2012: Anteil der verschiedenen Unfallursachenkategorien (Bild links); altersabhängige Verteilung der Unfallursachen (Bild rechts) [DESTATIS 2013B]

Nach ELVIK [2005] lassen sich im Allgemeinen in den Altersklassen zwischen 25 bis 65 Jahren annähernd konstante Unfallraten feststellen. Mit steigendem Alter (über 65 Jahre) nimmt die Leistungsfähigkeit ab und dies führt zu einer verhältnismäßig höheren Unfallbeteiligung. Als Grund hierfür wird der Lernprozess des Menschen aufgeführt, der demnach im Alter von etwa 25 Jahren abgeschlossen ist. Weiterhin weisen Untersuchungen darauf hin, dass es älteren Verkehrsteilnehmern schlechter gelingt sich den jeweils neuen Anforderungen in dynamisch verändernden Verkehrssituationen zuzuwenden und wichtige von unwichtigen Reizen zu unterscheiden. Hinzukommt eine verstärkte Ablenkbarkeit von älteren Menschen (vgl. SCHLAG 1996, SCHLAG 2008).

Für dokumentierte Unfälle der AARU (Audi Accident Research Unit) stehen über die amtlichen Unfallursachen hinaus Informationen zu Unfalleinflussfaktoren nach der „5-Step-Methode“ (siehe Kapitel 2.3.2) zur Verfügung. Bild 2.23 zeigt dabei die Verteilung der einzelnen Unfalleinflussfaktoren (vgl. WEBER ET AL. 2010). Grundlage der Auswertung stellt die Stichprobe aus der Unfalldatenbank der AARU Verkehrsunfallforschung dar, welcher mit der Unfallstruktur des Bundeslandes Bayern vergleichbar ist. Die meisten Unfälle entstehen

durch Fehler bei der Informationsaufnahme. Demnach sind die für die jeweilige Verkehrssituation relevanten Informationen aus der Umgebung für den Fahrer zwar durchaus zugänglich, werden jedoch aus unterschiedlichen Gründen nicht wahrgenommen. Eine der Aufgaben für assistierende Systeme im Straßenverkehr sollte daher sein, dafür zu sorgen, dass diese nicht beachteten Informationen bereitgestellt und vom Fahrer wahrgenommen werden. Darüber hinaus haben Fehler im Informationszugang in mehr als einem Viertel aller Unfälle einen erheblichen Einfluss auf die Unfallentstehung. Somit kann das Bereitstellen entsprechender Hinweise auf relevante Einflüsse aus der Umgebung als weitere Aufgabe von Assistenzsystemen angesehen werden. Eine weniger entscheidende Rolle als Unfall Einflussfaktor spielen Fehler bei der Informationsverarbeitung sowie Probleme bei der richtigen Zielsetzung. Demnach kann festgestellt werden: sobald die für die Unfallsituation relevanten Informationen für die Unfallbeteiligten zugänglich waren und entsprechend aufgenommen wurden, ist die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einem Unfall kommt wesentlich geringer.

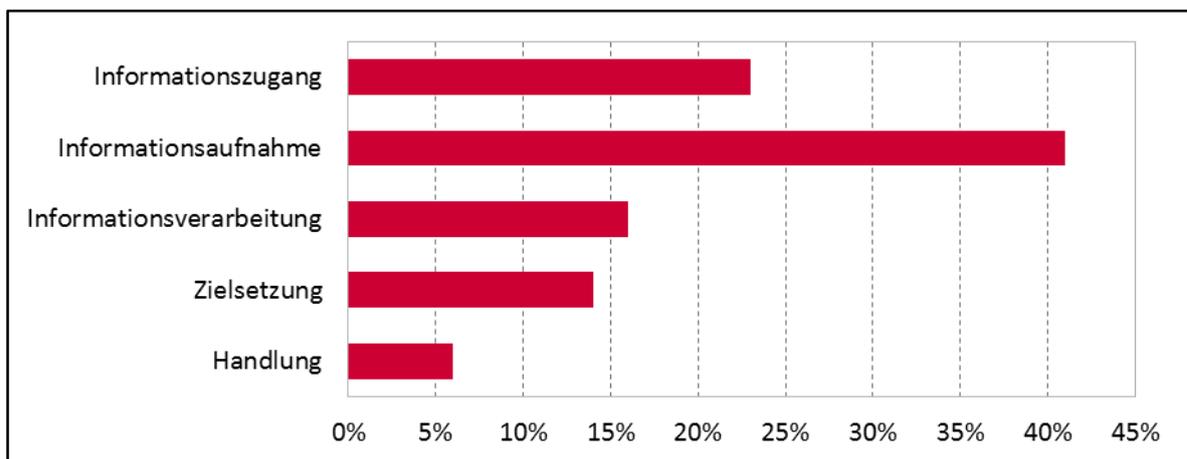


Bild 2.23: Verteilung menschlicher Unfallursachen nach der „5-Step-Methode“ im Unfallgeschehen [WEBER ET AL. 2010]

Fehlerhafte Handlungen werden verhältnismäßig selten als Unfalleinflussfaktor festgestellt. Insgesamt kann von folgendem Zusammenhang ausgegangen werden: ist eine korrekte Handlungsentscheidung zur Problemlösung getroffen worden, so kommt es nur sehr selten dazu, dass diese fehlerhaft ausgeführt wird. Eine unterstützende Assistenz bei der Durchführung von Fahrmanövern stellt daher ein entsprechend kleines Wirkungsfeld dar. Einen detaillierteren Überblick über die Unfalleinflussfaktoren zeigt die Aufschlüsselung in Bild 2.24. So werden 12 % der untersuchten Unfälle durch Sichtverdeckungen relevanter Informationen durch fahrzeugexterne Objekte (wie Gebäude, Bewuchs oder parkende Fahrzeuge) und 10 % der Unfälle durch die Ablenkung des Fahrers durch andere Insassen bzw. die Nutzung von Geräten im Fahrzeug (Radio, Telefon, ...) beeinflusst. Erheblichen Einfluss haben darüber hinaus ein falscher Aufmerksamkeitsfokus auf andere Verkehrsteilnehmer (9 %) sowie die falsche bzw. fehlende Wahrnehmung der verfügbaren Informationen aufgrund von Unübersichtlichkeit und Komplexität der Situation (7 %). In 8 % der Unfälle waren relevante Informationen zur Einschätzung der vorliegenden Verkehrssituation

aufgrund von verschiedenen ungünstigen Lichteinflüssen (geringe Erkennbarkeit durch Dunkelheit oder durch Blendung) nicht entsprechend erkennbar. In jedem zehnten Unfall wurden bewusste Regelverstöße, wie die Missachtung der Vorfahrt oder des Überholverbotes festgestellt. Eine Fehleinschätzung des eigenen Fahrzeuges in der vorhandenen Verkehrssituation (z. B. falscher Geschwindigkeitseindruck) lag in 7 % der Unfälle vor.

Unfallursachen - Einflussfaktoren	Anteil	Beispiele für Indikatoren
Störung nicht näher definierbar	9%	
Störungen bzgl. Informationszugang		
Information verdeckt durch fahrzeugexterne Objekte	12%	Gebäude, parkende Fahrzeuge
Informationsmaskierung durch mangelnde Kontraste	8%	Dunkelheit, Überblendung
Information verdeckt durch fahrzeuginterne Objekte	1%	Ladung, beschlagene Scheiben
Störungen bzgl. Informationsaufnahme		
Ablenkung im Fahrzeug	10%	Geräte, Mitfahrer
Falscher Aufmerksamkeitsfokus	9%	Fokus auf andere Verkehrsteilnehmer, fehlende Reorientierung
Aktivierung zu niedrig	7%	Alkohol, Blackout
Falsch-Identifizierung durch Überforderung	7%	Unübersichtlichkeit, komplexe Information
Ablenkung im Verkehrsraum	2%	Plakate, passive Personen
Gedankliche / emotionale Ablenkung	2%	Zeitdruck, Ärger
Störungen bzgl. Informationsverarbeitung		
Fehleinschätzung bzgl. eigenen Fahrzeugs	7%	Geschwindigkeit, Fahrzeugverhalten
Falsche Erwartung bzgl. Unfallort / Verhalten Anderer	4%	Fehlende Ortskenntnis, falsches Vertrauen
Fehleinschätzung Distanz	3%	Distanz, Geschwindigkeit
Störungen bzgl. Zielsetzung		
Bewusste Regelverstöße	10%	Vorfahrt, Überholen
Entscheidungsfehler	4%	Falsches Manöver geplant, Situationsverlauf
Störungen bzgl. Handlung		
Reaktionsfehler	4%	Überreaktion Lenken, keine Reaktion
Bedienfehler	1%	Pedalerie, Schaltung

Bild 2.24: Unfallursachenanalyse nach der „5-Step-Methode“– Einflussfaktoren und Beispiele für Indikatoren im Unfallgeschehen [WEBER ET AL. 2010]

2.7 Unterstützungsmöglichkeiten am Knotenpunkt

Die Problematik von Konflikten und Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen stellt in den letzten Jahren vermehrt den Gegenstand der Verkehrssicherheitsforschung und von Entwicklungen im Bereich von Fahrerassistenzsystemen dar. Zur Unterstützung des Fahrers bei der Bewältigung der Fahraufgabe werden hierbei verschiedene Ansätze verfolgt. Neben allgemeinen Aussagen zur möglichen Unterstützung des Fahrers am Knotenpunkt werden in den folgenden Abschnitten Grundzüge bisheriger Systementwicklungen im Überblick dargestellt. Die Unterscheidung der Systeme erfolgt nach dem genutzten Kommunikationsweg für die Bereitstellung der für die Assistenz notwendigen Informationen. Ausgehend von Einflussmöglichkeiten in der Infrastruktur durch verkehrstechnische und verkehrsplanerische Maßnahmen werden neben autonom agierenden Systemen, welche nur Informationen aus eigenen (fahrzeug- oder infrastrukturbasierten) Sensoren einbeziehen, Systemansätze unter Nutzung von Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (Vehicle-to-Infrastructure, V2I) bzw. Kommunikation zwischen Fahrzeugen (Vehicle-to-Vehicle, V2V) vorgestellt.

2.7.1 Verkehrstechnische und -planerische Maßnahmen

Die Grundlage für einen problemlosen und konfliktfreien Verkehrsablauf am Knotenpunkt stellt ein an die Umgebungsanforderungen angepasster Entwurf des Knotenpunktes dar. In den Richtlinien für Planung, Entwurf und Bau von Straßenanlagen sind zur Gewährleistung eines entsprechenden Sicherheitsniveaus Sicherheitsaudits vorgesehen. Im Rahmen dieser Audits soll sichergestellt werden, dass die Verkehrsanlage so sicher wie möglich gestaltet wird und Unfallgefahren vermieden werden. Anhand von Checklisten werden sicherheitsrelevante Belange aller Verkehrsteilnehmer (Kraftfahrer, Radfahrer und Fußgänger) beurteilt und im Anschluss bei der Abwägung mit anderen Belangen des Straßenverkehrs (Verkehrsfluss, Wirtschaftlichkeit, ...) berücksichtigt [FGSV 2002]. Für die verschiedenen Straßen werden entsprechend ihrer Lage, Umgebung und Funktion im Straßennetz (Autobahn, Landstraße, Hauptverkehrs- und Erschließungsstraße) zu berücksichtigende Aspekte in den einzelnen Phasen des Planungsablaufes (Vorplanung, Vorentwurf, Ausführungsentwurf und Verkehrsfreigabe) mit Hilfe von Checklisten abgefragt.

Im innerörtlichen Bereich wird der Gestaltung von Knotenpunkten sowie der Berücksichtigung der schwächeren Verkehrsteilnehmer (Radfahrer und Fußgänger) eine große sicherheitsrelevante Bedeutung zugesprochen. Dabei wird auf folgende Sicherheitsdefizite an Knotenpunkten besonderes Augenmerk gelegt:

- unsichere Führung von Fußgängern und Radfahrern,
- konfliktrträgliche Lichtsignalsteuerung (fehlender Linksabbiegerschutz, zu lange Wartezeiten für Fußgänger und Radfahrer und fehlende Abstimmung mit der baulichen Gestaltung),
- fehlender Sichtkontakt zwischen Kraftfahrern und Fußgängern,
- schlechte Erkennbarkeit von Knotenpunkten und deren Vorfahrtsregelung.

Die Checklisten sollen dabei helfen, den Ermessensspielraum der Regelwerke zur Optimierung der Verkehrssicherheit auszuschöpfen, sowie häufig auftretende Entwurfsfehler zu vermeiden und die Erkenntnisse neuer Forschungsarbeiten zu berücksichtigen. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Berücksichtigung der Erkennbarkeit des Knotenpunktes selbst sowie der Verkehrsteilnehmer aus anderen Zufahrten. Die Stimmigkeit von Radfahrer- und Fußgängerführung (die Lage der Übergänge, vorhandene Querungshilfen und die Dimensionierung der Aufstellflächen) wird ebenso hinterfragt, wie die Eindeutigkeit und Notwendigkeit von Markierungen und Beschilderungen.

Verbesserungen der Verkehrssicherheit lassen z. B. Straßenmarkierungen erwarten, welche dem Fahrer bei der Annäherung an einen lichtsignalgeregelten Knotenpunkt eine Entscheidungshilfe bieten, ob beim Umschalten der Lichtsignalanlage von Rot auf Gelb, eine sichere Querung des Knotenpunktes (bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit) noch möglich ist oder ob eine Bremsung erforderlich wird. Ähnliche Fahrbahnmarkierungen zur Verdeutlichung des notwendigen Bremsweges sind derzeit an Fußgängerüberwegen in Hannover als Pilotprojekt umgesetzt [DVR 2010].

Maßnahmen zur Verbesserung der Sichtbedingungen in benachbarte Knotenpunktzufahrten kann nach der Recherche von ELVIK ET AL. [2009] dabei nur ein geringes Reduktionspotential der Personenschadensunfälle (maximal -3 %) zugeschrieben werden. Für Sachschadensunfälle wird ein stärkerer Einfluss nachgewiesen (-16 %). Grundlage dieser Aussagen stellten Studien aus Norwegen, Finnland und den USA dar.

Die räumliche Trennung der verschiedenen Verkehrsströme am Knotenpunkt stellt eine weitere Möglichkeit zur Vermeidung von Konflikten dar. Diese Trennung der Verkehrsströme kann baulich (durch Dreiecksinseln oder Fahrbahnteiler) oder durch Fahrbahnmarkierungen erfolgen. Generell können als Trennungsmöglichkeiten Rechts- bzw. Linksabbiegefahrstreifen sowie die Aufweitungen von Fahrstreifen im Knotenpunktbereich (als Alternative zum Linksabbiegefahrstreifen) genutzt werden. Verschiedene Studien zur Untersuchung des Einflusses von Maßnahmen zur Trennung von Verkehrsströmen auf die Verkehrssicherheit (vgl. ELVIK ET AL. 2009) haben gezeigt, dass:

- durch Linksabbiegefahrstreifen die Anzahl der Personenschadensunfälle gesenkt wird, wobei sich bauliche Maßnahmen stärker auswirken als Markierungen und die Wirkung an Einmündungen (-19 %) größer ist als an Kreuzungen (-4 %),
- durch Rechtsabbiegefahrstreifen die Personenschadensunfälle an Kreuzungen minimiert werden können (-19 %), jedoch nicht an Einmündungen (+12 %),
- durch Aufweitung der Fahrbahn die Anzahl der Personenschadensunfälle an Kreuzungen gesenkt werden kann (-11 %), wobei die gleiche Maßnahme an Einmündungen eine Erhöhung der Unfälle mit Personenschaden (+26 %) hervorruft.

Neben der baulichen Gestaltung von Knotenpunkten lässt sich auch durch verkehrstechnische Anpassungen, wie z. B. der Änderung der Vorfahrtsregelung Einfluss auf die Verkehrssicherheit nehmen. So wird nachgewiesen, dass durch die Ausstattung von „rechts vor links“-geregelter Knotenpunkten mit Vorfahrtsschildern sowohl die Anzahl der Personenschadens- als auch Sachschadensunfälle um 3 % gesenkt werden kann. Als Grund hierfür wird aufgeführt, dass die Befolgungsrate der Vorfahrtsregelung mittels Verkehrsschilder höher ist als das Befolgen der „rechts vor links“-Regelung [ELVIK ET AL. 2009]. Die Einrichtung einer Stop-Schild-Regelung an vormals „rechts vor links“-geregelter Knotenpunkten ruft mehreren Studien zufolge noch größere Effekte im Unfallgeschehen hervor (19 % weniger Personenschadensunfälle an Einmündungen und 35 % weniger Unfälle mit Verletzten an Kreuzungen). Im Gegenzug nimmt die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden bei der Ersetzung eines Stop-Schildes durch ein Vorfahrtsschild um 40 % zu. Die Installation einer Lichtsignalanlage führt im Mittel zu einer Reduktion der Unfälle um 15 % an Einmündungen und um 30 % an Kreuzungen, dabei werden sowohl Personen- als auch Sachschadensunfälle im gleichen Maße positiv beeinflusst. Für die Änderung einer bestehenden LSA-Regelung am Knotenpunkt (z. B. Anpassung von Phasenlage und -dauer) lassen sich je nach Studie und Untersuchungsknotenpunkten unterschiedliche Einflüsse auf das Unfallgeschehen festhalten. Nach ELVIK ET AL. [2009] führen folgende Anpassungen der LSA-Regelung:

- Einführung einer Signalphase für Fußgänger gemeinsam mit dem motorisierten Verkehr,
- Einführung einer „grün-blinkend“-Phase zur Warnung vor einem bevorstehenden Phasenwechsel,
- Einführung einer „gelb-blinkend“-Schaltung in Zeiten schwachen Verkehrsaufkommens,
- Freigabe des Rechtsabbiegens bei Lichtzeichen Rot.

zu keiner Verbesserung des Unfallgeschehens.

2.7.2 Generelle Assistenzmöglichkeiten

Eine allgemeine Analyse von Unfalltypen durch VOLLRATH ET AL. [2006] hat gezeigt, dass unabhängig vom durchgeführten Fahrmanöver grundsätzlich sechs Arten von Fehlhandlungen und Ursachen existieren:

- Vernachlässigung oder Nicht-Ausführung bestimmter Fahraufgaben,
- Fehlanpassung der Manöver an die Fahrsituation,
- Fehlinterpretation der Fahrsituation,
- Fehleinschätzung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer,
- Bewusstes Eingehen von Risiken und Verstöße,
- Fehlerhafte Ausführung von Handlungen.

Für auftretende Fehlhandlungen bei der Durchführung verschiedener Fahraufgaben sowie in bestimmten Verkehrssituationen ergeben sich entsprechende Unterstützungsmöglichkeiten. In Tab. 2.11 ist eine Übersicht vorhandener Fehlhandlungen und entsprechender Fahraufgaben und Fahrsituationen dargestellt. Die grau hinterlegten Felder weisen auf Fehlhandlungen hin, welche besonders für die Betrachtung von Fahrten am Knotenpunkt relevant sind.

Vor allem auf die Vernachlässigung der Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer und die korrekte Anpassung des eigenen Verhaltens an die vorliegende Verkehrssituation (Entscheidung über ein Anhalten oder Losfahren, Interpretation der Vorfahrtsregelung und der Beurteilung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer) stellen wichtige Ansatzpunkte für eine Unterstützung des Fahrers durch Assistenzsysteme dar.

<i>Fehlhandlung</i>	<i>Aufgabe beim Fahren</i>	<i>Fahrsituation</i>	<i>Fehlerart</i>	<i>Assistenzstrategie</i>
(1) Vernachlässigung	Spurhaltung Abstandhaltung Informationen über andere Verkehrsteilnehmer Berücksichtigung bevorrechtigter Verkehrsteilnehmer		fehlende Wahrnehmung	Information vermitteln z.T. warnen
(2) Fehlanpassung an die Situation	Abstandhaltung Geschwindigkeit Position auf dem Fahrstreifen Anhalten / Losfahren	Straßenzustand Straßenverlauf andere Verkehrsteilnehmer Fahrerzustand Fahrerfähigkeiten schlechte Sichtverhältnisse	Fehlinterpretation bzw. Fehlentscheidung	Warnung / z.T. aktive Unterstützung aktive Unterstützung / z.T. Eingriff
(3) Fehlinterpretation		Vorfahrt Abbiegen Überholen	Fehlinterpretation	Warnung / z.T. aktive Unterstützung
(4) Fehleinschätzung	Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer beurteilen und einschätzen	Kreuzung Überholen Vorausfahrende	Fehlinterpretation	Warnung / z.T. aktive Unterstützung
(5) Risiken eingehen		mögliche Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmern	Fehlentscheidung	aktive Unterstützung / z.T. Eingriff
(6) Ausführungsfehler	Beschleunigen / Bremsen Lenken		Ausführung	Eingriff

Tab. 2.11: Fehlhandlungen bei verschiedenen Fahraufgaben oder in verschiedenen Fahrsituationen und zugehörige Fehlerart (in Anlehnung an VOLLRATH ET AL. 2006)

Zur Erläuterung der sinnvollen Assistenzstrategien müssen nach VOLLRATH ET AL. [2006] folgende zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden:

- Bei Informationsmangel und fehlender Wahrnehmung vorhandener Informationen ist es theoretisch ausreichend die entsprechende Information durch ein Assistenzsystem zur Verfügung zu stellen. Zumeist ist die Ursache der fehlenden Wahrnehmung jedoch Ablenkung oder Überforderung des Fahrers, sodass in diesen Fällen eine gezielte Warnung notwendig wird, um die Aufmerksamkeit des Fahrers auf die relevanten Informationen zu lenken.
- Werden Informationen fehlinterpretiert, so ist prinzipiell eine Warnung ausreichend, um dem Fahrer zur Korrektur seiner Handlungsplanung zu bewegen. In vielen Fahrsituationen, in denen es zur Fehlinterpretation kommt ist jedoch nicht ausreichend Zeit zur Korrektur der Handlungsplanung, sodass in diesen Fällen nur eine aktive Unterstützung des Fahrers zur Vermeidung des Fehlers beitragen kann.
- Liegen Fehlentscheidungen des Fahrers vor, so ist eine aktive Unterstützung in den meisten Fällen ausreichend, um die Fehlhandlung zu vermeiden. Analysen zeigen jedoch, dass in einer Vielzahl von Unfällen mehr oder weniger bewusst Risiken einge-

gangen werden. In derartigen Fällen ist die Wirkung einer aktiven Unterstützung zweifelhaft, weshalb ein übersteuerbarer Eingriff eines Assistenzsystems zur Vermeidung der Fehlhandlung notwendig wird.

2.7.3 Assistenz durch infrastrukturell-autonome Systeme

Eine wirkungsvolle und effektive Methode die Verkehrssicherheit am Knotenpunkt für alle Verkehrsteilnehmer im gleichen Maße zu steigern, stellen Systemen dar, die direkt am Knotenpunkt installiert sind. Diese Maßnahmen können verschiedene Komplexitätsstufen umfassen. Angefangen von einfachen, rein statischen Systemen bis hin zu aktiven, sensorgestützten Systemen, die das Verhalten von Verkehrsteilnehmern bei der Annäherung an den Knotenpunkt verfolgen und im Falle eines erkannten Fehlverhaltens gezielte Warnungen ausgeben.

In den USA sind bereits verschiedene Systeme im Einsatz, die an Stop-Schild-geregelten Knotenpunkten mittels mehrerer Detektoren in der Fahrbahn der untergeordneten Zufahrt das Verhalten der wartepflichtigen Fahrzeuge überwachen. Wird festgestellt, dass das Fahrzeug aus der untergeordneten Zufahrt seiner Wartepflicht nicht nachkommt, so werden entweder die Fahrzeuge auf der Vorfahrtstraße durch gelbe Blinkleuchten vor dem querenden Verkehr gewarnt oder das wartepflichtige Fahrzeug durch rote Blickleuchten auf die Wartepflicht aufmerksam gemacht. Derartige Warnsysteme werden zumeist an Knotenpunkten außerorts verwendet [BRYER 2011].

2.7.4 Assistenz durch fahrzeug-autonome Systeme

Im Rahmen von des Forschungsprojektes „*Intersection Safety*“ (INTERSAFE) wurden in einem Demonstratorfahrzeug unter Verwendung aktueller Sensortechniken im Fahrzeug (Laserscanner und Videokamera) ein Assistenzsystem für Knotenpunkte entwickelt, welches beim Einbiegen und Kreuzen unterstützt. Zur Umsetzung der Funktionalitäten müssen zusätzliche Umgebungsinformationen (Fahrbahnmarkierungen und natürliche Landmarken) einer detaillierten Navigationskarte integriert werden. Andere Fahrzeuge im Querverkehr (Pkw, Lkw, Motorräder) müssen detektiert und identifiziert sowie deren Trajektorien prognostiziert werden. Diese Informationen werden im nächsten Schritt in der dynamischen Risikobeurteilung genutzt. Erkennt das System bei der Annäherung an die Kreuzung eine potentiell kritische Situation mit dem Querverkehr, so wird der entsprechende Risiko-grad im Display dargestellt, um dem Fahrer die direkte visuelle Rückkopplung zum vorliegenden Kollisionsrisiko zu ermöglichen [FÜRSTENBERG ET AL. 2007].

In MEITINGER [2008] wurden Assistenzfunktionalitäten für den Knotenpunkt entwickelt, die allein auf der Nutzung von Sensoren im Fahrzeug basieren. Zum einen wurde ein Stop-Schild-Assistent entwickelt, der Situationen adressiert, bei denen der Fahrer ungebremst

aus der wartepflichtigen Zufahrt in den Knotenpunkt einfährt ohne die Wartepflicht zu erkennen. Dabei werden aus dem Annäherungsverhalten des Fahrers Rückschlüsse auf die ausbleibende Halteabsicht gezogen und der Fahrer zu einem Zeitpunkt gewarnt, an dem der Halt vor der Stop-Linie noch ermöglicht wird. Die Analyse des Fahrverhaltens erfolgt auf Basis von Fahr- und Bremspedalstellung sowie unter Verwendung neuronaler Netze. Die Funktionsfähigkeit des Assistenten konnte durch Fahr- und Simulatorversuche nachgewiesen werden. Für die entsprechende Funktionssicherheit sind jedoch erweiterte Navigationskarten sowie eine hochgenaue GPS-Positionsbestimmung notwendig. Weiterhin stellt MEITINGER einen Linksabbiege-Assistenten vor, der den Zusammenstoß mit entgegenkommenden Fahrzeugen verhindern soll. Hierbei wird nach Erkennen der Abbiegeabsicht und Feststellung einer großen Kollisionswahrscheinlichkeit das Abbiegen durch eine autonome Bremsung verhindert. Die Kollisionswahrscheinlichkeit wird hierbei durch die Prädiktion der zukünftigen Aufenthaltsorte von eigenem und gegnerischem Fahrzeug im dreidimensionalen Raum (in Abhängigkeit der Fahrzeugabmessungen) ermittelt. Fahrversuche haben gezeigt, dass eine Warnung für das Linksabbiegen, aufgrund der geringen Wege nach Erkennen der Abbiegeabsicht, die Kollision zumeist nicht verhindert werden kann. Die hohen Anforderungen an die Umgebungserfassung können in der geforderten Genauigkeit und Reichweite jedoch nur mit Hilfe von V2V-Kommunikation erreicht werden [MEITINGER 2008].

Für die Vermeidung von Kollisionen mit dem Querverkehr an vorfahrtsgeregelten Knotenpunkten werden von MAGES [2008] durch Untersuchungen des Fahrverhaltens mittels Probandenversuchen und Verkehrsbeobachtungen geeignete Warn- und Eingriffsstrategien abgeleitet. Demnach kann ein relevanter Anteil der Unfälle beim Einbiegen und Kreuzen nicht durch eine reine Warnung des Fahrers verhindert werden. Zur Sicherstellung der entsprechenden Wirkung im Unfallgeschehen ist eine Erweiterung der Warnstrategie durch (teil)autonome Bremseingriffe notwendig. Die Nutzerakzeptanz der so entwickelten Strategien wurde im Rahmen von Probandenversuchen im Fahrsimulator untersucht. Die für diese Funktionalitäten erforderliche Informationsgenauigkeit ist MAGES [2008] zufolge durch aktuell verfügbare Sensorausrüstung theoretisch machbar, eine serienreife Einführung in der Fahrzeugflotte wird aufgrund fehlender technischer Ausstattung sowie entsprechender Kosten als fraglich angesehen.

2.7.5 Assistenz durch kommunikative Systeme

Unter anderem im EU-Forschungsprojekt SAFESPOT wurde das Ziel verfolgt, durch intelligente Systeme auf Grundlage der V2V und V2I-Kommunikation die Sicherheit im Straßenverkehr zu verbessern. Die durch die Anwendung von Kommunikation ermöglichte räumliche und zeitliche Erweiterung des Wahrnehmungshorizonts erlaubt es, potentielle Gefahrensituationen im Voraus zu erkennen und mögliche Verkehrsunfälle zu vermeiden. Die in diesem Zusammenhang entstandene Anwendung IRIS (*Intelligent Cooperative Intersection Safety System*) adressiert dabei Konflikte an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten. Hierzu

werden fahrzeugseitige Informationen (genaue Position, Annäherungsrichtung und -geschwindigkeit) von kooperativen Fahrzeugen bei Annäherung an die Kreuzung mit den Daten der infrastrukturebundenen Sensoren in einer dynamischen lokalen Karte (*Local Dynamic Map*, LDM) zusammengeführt. Neben der Vermeidung von Rotlichtverstößen (zum einen durch die Warnung des Fahrzeugs, welches Gefahr läuft den Rotlichtverstoß zu begehen und zum anderen durch die Warnung anderer vorfahrtsberechtigter Fahrzeuge vor dem Fahrzeug, welches den Rotlichtverstoß begeht) wurden in Realtests Warnfunktionen für den Konflikt zwischen einem Rechtsabbieger und parallel querenden Fußgängern sowie Konflikte zwischen linksabbiegenden und entgegenkommenden Fahrzeugen erfolgreich durchgeführt. Es zeigte sich, dass in 92 % der untersuchten Situationen die relevanten Informationen durch das System zur Verfügung gestellt werden können [FAKLER ET AL. 2010].

In Japan wurde in den letzten Jahren im Rahmen des „*Advanced Safety Vehicle*“-Projektes (ASV) hauptsächlich durch Honda ein Kreuzungsassistenzsystem auf Grundlage von fahrzeugeigener und kooperativer Sensorik entwickelt. Die ASV-Fahrzeuge (Pkw und Motorrad) sind dabei mit Kameras und Radarsensoren ausgestattet. Zusätzlich verfügen die Fahrzeuge über Kommunikationseinheiten zum bidirektionalen Datenaustausch mit anderen Fahrzeugen. Darauf aufbauend wurde ein „*Intersection Stop & Go Assistance System*“ entwickelt, welches die Fahrer an Knotenpunkten mit Stop-Schild-Regelung unterstützt. Mit Hilfe der fahrzeugeigenen Sensorik werden Stoppschilder und zugehörige Haltelinien erkannt. Wird durch die Sensoren festgestellt, dass der Fahrer bei der Annäherung an den Knotenpunkt keine Bremsreaktion zeigt, erfolgt eine Warnung und eine Teilbremsung wird initiiert. Erst wenn ein wartepflichtiges Fahrzeug an der Haltelinie steht, wird die Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation aktiviert und übermittelt die Positionen aller sich annähernden Fahrzeuge, um den Fahrer beim Einbiegen bzw. Kreuzen des Knotenpunktes zu unterstützen [HONDA 2005].

Weiterhin wurde unter Verwendung der gleichen Sensorik ein „*Cross-Traffic-Turning and Oncoming Vehicle Collision Avoidance System*“ umgesetzt, das Unfälle zwischen abbiegenden Fahrzeugen und dem Gegenverkehr adressiert. Dabei wird die Annäherung der Fahrzeuge an den Knotenpunkt durch die ortsfesten Infrastruktur-Sensoren detektiert und die Information mittels V2I-Kommunikation an die Fahrzeuge versendet [HONDA 2009].

Das Forschungsprojekt „*Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr*“ (Aktiv) beschäftigte sich im Teilprojekt „*Aktive Sicherheit*“ unter anderem mit der Kreuzungsassistenz. Hierbei wurden die Schwerpunkte auf die Entwicklung von Assistenten zur Unterstützung des Fahrers bei der Überquerung einer Kreuzung, dem Ein- und Abbiegen, sowie dem Einhalten des richtigen Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug gesetzt. Im Rahmen des Projektes wurden Demonstratoren entwickelt, die die Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der Assistentenfunktionen verdeutlichen. Die Datenerfassung erfolgt dabei nur über Sensoren an Bord des Fahrzeuges (Radarsensoren und Kamera oder Li-

darsensoren). Die Positionen und Bewegungsverläufe der anderen Fahrzeuge werden aufgezeichnet. Aus diesen Daten werden die entsprechenden Kritikalitätsmaße, wie die Zeit bis zur Kollision (*Time to Collision*, TTC), der spätestmögliche Bremszeitpunkt (*Time to Brake*, TTB) sowie der spätmöglichste Reaktionszeitpunkt (*Time to React*, TTR), ermittelt. In Abhängigkeit davon werden, wenn möglich, Warnungen generiert oder Bremseingriffe initiiert. So wurde für das Linksabbiegen ein Versuchsträger aufgebaut, der eine Fahrerwarnung auf Basis von vorliegenden Karteninformationen und der Prädiktion der Fahrzeugtrajektorien generiert. Ein anderer verfolgter Ansatz nutzt zur Berücksichtigung von verdeckten Objekten neben der fahrzeuginternen Radarsensorik die Sensordatenfusion mit anderen über V2X-Kommunikation zur Verfügung gestellten Datenquellen, um den Fahrer, angefangen von Warnungen bis hin zur automatischen Notbremsung, vor Unfällen beim Linksabbiegen zu schützen. [AKTIV 2010].

Im Rahmen des Forschungsprojektes „*Sichere Intelligente Mobilität - Testfeld Deutschland*“ (sim^{TD}) wurde die Wirkung verschiedener Systeme zur Beeinflussung des Verkehrs unter Nutzung der V2X-Technologie anhand von Fahr- und Verkehrssimulationen und auch durch einen großen Feldversuch im realen Verkehr überprüft. Neben anderen Funktionen wurde hierbei auch ein Kreuzungs-/ Querverkehrsassistent untersucht. Dieser informiert bzw. warnt den Fahrer im Falle einer möglichen Kollision mit dem Abbiege- oder Querverkehr (Pkw, Lkw, Motorräder) an Kreuzungen und Einmündungen. Hierbei wurden alle Knotenpunkte (unabhängig von der Art der Verkehrsregelung) betrachtet. Die Ausgabe von Hinweisen und Warnungen erfolgt jedoch in Abhängigkeit des aktuellen Zustands des Knotenpunktes. So wurden z. B. bei eingeschalteter Lichtsignalanlage keine Warnungen vor dem querenden Verkehr ausgegeben und Warnungen vor Rotlichtfahrten sind nicht enthalten. Die ausgestatteten Fahrzeuge empfangen in der Anfahrt und während des Befahrens eines Knotenpunktes Positions- und Bewegungsdaten (Geschwindigkeit, Fahrtrichtung) anderer Fahrzeuge im Knotenpunktbereich. Auf Grundlage dieser Daten wird das Kollisionsrisiko mit den anderen Fahrzeugen geschätzt und in Bezug zur geschätzten Fahrerabsicht bewertet. Im Bedarfsfall werden Informationen über andere Verkehrsteilnehmer und / oder eine Warnung vor möglichen Kollisionen mit anderen Fahrzeugen an den Fahrer weitergegeben [SIM^{TD} D11.3 2009]. Die beschriebene Funktion wurde auf einem Testgelände mit insgesamt 229 Probanden untersucht. Aufgrund einer geringen auswertbaren Stichprobe von Fahrten konnte im Rahmen des Projektes keine signifikanten Einflüsse auf die Verkehrssicherheit nachgewiesen werden [SIM^{TD} W43.2 2013A]. Es zeigte sich jedoch, dass durch das betrachtete System Informationen und Warnungen rechtzeitig im Fahrzeug angezeigt werden und es damit zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen kann [SIM^{TD} W43.2 2013B].

Die Forschungsinitiative „*kooperative Fahrerassistenzsysteme*“ (Ko-FAS) hat in drei verschiedenen Projektsäulen (Ko-TAG - kooperative Sensorik, Ko-PER - Kooperative Perzeption und Ko-KOMP - kooperative Komponenten) die Möglichkeiten kooperativer Systeme zur Verbesserung der Verkehrssicherheit untersucht. Fahrzeuglokale Sensorinformationen

wurden durch Fusion mit drahtlos übermittelten Erfassungsergebnissen anderer Verkehrsteilnehmer und der Infrastruktur ergänzt. Weiterhin wurden Knotenpunkte mit kooperativen Erfassungstechnologien ausgestattet mit denen es möglich ist, einen vollständigen Überblick der vorhandenen Verkehrssituation mit allen relevanten Verkehrsteilnehmern wie Fahrzeugen, Fußgängern und Zweiradfahrern zu erstellen. An einer lichtsignalgeregelten Testkreuzung kamen dabei Sensoren zum Einsatz, welche sich durch ihre unterschiedlichen Messprinzipien ergänzen und die Position von Verkehrsteilnehmern am Knotenpunkt erfassen und klassifizieren. Neben einem Netzwerk von Laserscannern in der Infrastruktur wurden darüber hinaus Kameras genutzt, um den kompletten Knotenpunktbereich zu überblicken und besonders wichtige Bereiche des Knotenpunktes zu erfassen (z. B. hochauflösende Kameras als Basis für ein Fußgängerintensionserkennungssystem). Zur Unterstützung der Sensorinformationen wurden Zusatzinformationen über die Gestaltung (Geometrie und Struktur) und den aktuellen Zustand des Knotenpunktes (Schaltzustände der Lichtsignalanlagen und Vorfahrtsregelung) genutzt [KO-FAS 2013].

2.8 Zwischenfazit - Bezug zu den durchgeführten Untersuchungen

In den vorangegangenen Abschnitten sind verschiedene interdisziplinäre Grundlagen dargestellt worden, welche im Zusammenhang mit der Beeinflussung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten eine Rolle spielen.

Die im *Kapitel 2.1* beschriebenen Aspekte der vorhandenen Regelwerke und Richtlinien zur baulichen Gestaltung von Knotenpunkten werden genutzt, um einen Ausschnitt des deutschen Straßennetzes hinsichtlich der Verteilung der Knotenpunktausprägungen zu untersuchen. Neben den in den Entwurfs- und Planungsregelwerken aufgeführten Gestaltungselementen werden für die Analyse des realen Straßennetzes zusätzliche Kriterien berücksichtigt, für welche ein Einfluss auf die Verkehrssicherheit an Knotenpunkten vermutet wird (siehe *Kapitel 3*).

Die Ausführungen zum menschlichen Verhalten im Straßenverkehr sowie den zugrundeliegenden Mechanismen von Fehlern im Fahrverhalten (*Kapitel 2.3*) bilden zum einen die Grundlage für die Bewertung des Unfallgeschehens an Knotenpunkten (siehe *Kapitel 4*) und werden zum anderen genutzt, um in der Erstellung der Probandenbefragung (siehe *Kapitel 5*) die Einschätzungen der Verkehrsteilnehmer zu Schwierigkeiten bei der Befahrung von Knotenpunkten zielgerichtet zu erfassen. Hierbei werden auf Grundlage der dargestellten verhaltenspsychologischen Modelle Einflüsse deutlich, die bei der Vermeidung von Unfällen an Knotenpunkten berücksichtigt werden müssen. Diese psychologischen Aspekte dienen ebenfalls als Ausgangspunkt für die später dargestellten Ansätze zur Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten (siehe *Kapitel 6*).

Die Erkenntnisse zur Komplexität und Gefährlichkeit von Verkehrssituationen (*Kapitel 2.4*) dienen der Verdeutlichung der Vielschichtigkeit der Einflüsse auf das Fahrerverhalten und

die Bewältigung von Verkehrssituationen. Es ist erkennbar, welche unterschiedlichen Aspekte bei den Überlegungen zur Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr Berücksichtigung finden müssen (siehe *Kapitel 6*).

Der in *Kapitel 2.5* erstellte Überblick über die prinzipiellen Konfliktsituationen am Knotenpunkt sowie die Erkenntnisse anderer Untersuchungen zur Verteilung von Fehlhandlungen als Ursachen von Unfällen dienen ebenso als Grundlage für die Analyse des Knotenpunktunfallgeschehens im Untersuchungsgebiet (siehe *Kapitel 4*). Weiterhin lassen sich aus den Ergebnissen der vorhandenen Studien Aspekte ableiten, welche Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein sollten (z. B. im Rahmen der Probandenbefragung in *Kapitel 5*). Es lassen sich an dieser Stelle bereits Ansatzpunkte für die Verbesserungsmöglichkeiten im Verkehrsablauf am Knotenpunkt erkennen (siehe *Kapitel 6*).

Die Darstellung des aktuellen Standes des Unfallgeschehens und der Verkehrssicherheit in Deutschland im *Kapitel 2.6* stellt die Grundlage und Vergleichsbasis der detaillierten Untersuchung des Knotenpunktunfallgeschehens im Untersuchungsgebiet (siehe *Kapitel 4*) dar.

Im letzten Abschnitt des Grundlagen-Kapitels (*Kapitel 2.7*) werden Ergebnisse aus vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit dem Ziel der Unterstützung des Fahrers bei der Bewältigung von Fahrsituationen am Knotenpunkt dargelegt. Dabei werden neben den Möglichkeiten auch die Grenzen der Neu- bzw. Weiterentwicklungen dargestellt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Betrachtungen der Unterstützungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt (siehe *Kapitel 6*) am Ende dieser Arbeit ein.

3 Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz

Zur Entwicklung von Assistenzsystemen am Knotenpunkt ist es unter anderem hilfreich das Umfeld, in dem die Systeme wirken sollen, genauer zu untersuchen. Aus diesem Grund erfolgt eine Analyse des realen Straßennetzes hinsichtlich der Gestaltung von Knotenpunkten. Ziel ist es hierbei eine Übersicht zu erstellen, welche Knotenpunkte vermehrt im Straßennetz vorkommen. Für die Analysen innerhalb dieser Untersuchung werden lediglich Kreuzungen, Einmündungen und Kreisverkehre als relevante Knotenpunkte im Straßennetz angesehen. Grundstücksein- und -ausfahrten, sowie Knotenpunkte mit Feld-, Wald- und Privatwegen werden nicht betrachtet.

In diesem Kapitel wird zunächst auf die Verfügbarkeit von Informationen zu Gestaltungsmerkmalen von Knotenpunkten (*Kapitel 3.1*) eingegangen. Weiterhin werden im *Kapitel 3.2* die relevanten Kriterien zur Beschreibung von Knotenpunktgestaltungen dargelegt. Die Analyse der Verteilung von Knotenpunkten im deutschen Straßennetz erfolgt in *Kapitel 3.3*. Dabei wird zunächst das Vorgehen zur Ermittlung der notwendigen Informationen (*Kapitel 3.3.1*) und der Umfang des Untersuchungsgebietes (*Kapitel 3.3.2*) beschrieben. In den *Kapiteln 3.3.3 bis 3.3.5* werden die Ergebnisse der Knotenpunktanalyse vorgestellt.

3.1 Datenlage

Zur Verwaltung und zur Bestandsübersicht des deutschen Straßennetzes ist durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die Struktur, notwendige Inhalte und die zu verwendenden Datenformate einer Straßeninformationsdatenbank festgeschrieben worden [BMVBS 2011A]. Die Umsetzung, Befüllung und Pflege dieser Straßeninformationsbank obliegt nach Beschluss des BMVBS den jeweiligen Behörden der Bundesländer. Die Verwaltung einzelner Teile des Straßennetzes und damit auch die Dokumentation des Bestandes richten sich in Deutschland nach der Klassifizierung und dem Baulastträger des betrachteten Straßennetzes. Entsprechend werden auf Länderebene nur Landesstraßen (auf Weisung durch das BMVBS auch Bundesstraßen und Autobahnen) erfasst und dokumentiert. Landkreise obliegt die Verantwortung für Kreisstraßen und Gemeindestraßen sind generell von den entsprechenden kommunalen Behörden zu dokumentieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Integrierte kommunale Verkehrsnetzdokumentation“ [KIRSCHFINK ET AL. 2007] sind Spezifikationen für Inhalte und Datenstrukturen einer Fachdatenbank für das kommunale Straßennetz analysiert worden. Aus der Befragung von Kommunen sind Anforderungen an ein solches Ordnungssystem abgeleitet und Konzepte für die technische und betriebswirtschaftliche Umsetzung entwickelt worden. Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist eine solche flächendeckende Dokumentation des Straßennetzes jedoch noch nicht vorhanden.

Für die Analyse der Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz ist es daher notwendig, die Daten der verschiedenen Behörden (Landesverkehrsämter, Kreisbauämter und kommunale Straßenbau- und Verkehrsbehörden) zu sammeln und entsprechend abzustimmen. Jedoch gerade für Straßen des nachgeordneten Netzes (besonders für Kreis- und Gemeindestraßen) befinden sich diese Datenbanken in vielen Kommunen und Ämtern aufgrund fehlender Mittel und Kapazität erst im Aufbau und es existieren kaum vollständige Datensätze. Zur Analyse des Straßennetzes müssen somit auch andere Informationsquellen genutzt werden. Das genaue Vorgehen zur Ermittlung der Gestaltung von Knotenpunkten ist in *Kapitel 3.3.1* beschrieben.

3.2 Klassifikation von Verkehrssituationen am Knotenpunkt

Mit der Untersuchung von Verkehrssituationen, deren Klassifizierung und Gefährlichkeit haben sich in der Vergangenheit bereits verschiedene Projekte beschäftigt. Eine umfassende Klassifikationssystematik für eine Vielzahl von Straßenverkehrssituationen wurde erstmals in v. BENDA ET AL. [1983] entwickelt. Aus Befragungen von erfahrenen Fahrern wurde eine Liste von Klassifikationskriterien erstellt, welche zur exakten Beschreibung einer Verkehrssituation (siehe *Kapitel 2.2*) notwendig sind. Diese Klassifikation umfasst einen umfangreichen Kriterienkatalog (siehe Tab. 3.1).

Straßenart	allgemeine Sichtverhältnisse
Ausbauzustand, Straßenbreite	besondere Sichtbehinderungen
Wegverlauf in horizontaler (Kurvigkeit) und vertikaler Ebene (Steigung/Gefälle)	Reibbeiwert, Straßenzustand und -belag
Knotenpunktbereiche und Vorfahrtsregelung	Wetterbedingungen
Vorfahrtsregelung und Verkehrsschilder	Engstellen, Hindernisse
Verkehrsdichte	besondere Gefahren

Tab. 3.1: Klassifikationskriterien für Verkehrssituationen [v. BENDA ET AL. 1983]

Aufbauend auf den Erkenntnissen von v. BENDA wurde das Klassifikationsschema von FASTENMEIER [1995] modifiziert und die Häufigkeit verschiedener Verkehrssituationen im alltäglichen Straßenverkehr untersucht (siehe Tab. 3.2).

Bezogen auf die Gestaltung von Knotenpunkten enthält das von FASTENMEIER verwendete Klassifikationsmuster grundsätzliche Angaben zur Art der kreuzenden Straßen und der Vorfahrtsregelung, sowie zur Straßenführung (vertikal und horizontal). In der Kategorisierung von FASTENMEIER fehlen jedoch Angaben zur Umgebungsgestaltung, den Sichtverhältnissen und zu Einrichtungen zur Führung des nicht motorisierten Verkehrs. WILTSCHKO [2003B] verwendet zur Charakterisierung des Unfallgeschehens an Knotenpunkten im Rahmen der Untersuchungen die Elemente Straßentyp, Knotentyp und Fahrtrichtung der FASTENMEIER-Klassifikation.

Kategorie		Ausprägung		Kategorie	Ausprägung		
Straßentyp, Straßenausbau	Landstraße	L1	Landstraße, erbaut nach modernen Längs- und Querschnittsrichtlinien, mindestens 2 Fahrspuren, Fahrbahnmarkierungen (befestigte Bankette), weitkurviger Verlauf	Trasse	Horizontalverlauf	H0	ohne Kurve, Gerade
						H1	Kurve
	L2	Landstraße, nach älteren Richtlinien erbaut oder Landstraße zweiter Ordnung, Nebenstrecken: schmale, runde Fahrbahn, Fahrbahnmarkierung teilweise oder ganz fehlend, engkurviger Verlauf	Vertikalverlauf		V0	ebener Verlauf	
					V1	Steigung, Gefälle	
	City, innerorts	C1	alle Straßen mit 2 (oder mehr) Fahrbahnen, Fahrbahnen durch Grünstreifen o.ä. getrennt (außer BAB): innerstädtischer Ring u.ä. Straßen	Knotenpunkte	K0	ohne Kreuzung	
						K1	ampelgeregelte Kreuzung
		K2	Kreuzung, Regelung rechts-vor-links				
		C2	eine Fahrbahn, breit, mindestens in 4 Fahrspuren befahrbar		K3	Kreuzung, Regelung durch Beschilderung, Fahrer vorfahrtsberechtigt (auch Ein- und Ausfahrten auf BAB aus Sicht des Fahrers, der sich auf der BAB befindet)	
						K4	wie K3, aus der Sicht des Wartepflichtigen
		C3	wie C2, mit eingelassenen Schienen		Engstellen	E0	ohne Engstellen und Hindernis
		C4	eine Fahrbahn, 2-3-spurig befahrbar			E1	Engstellen, Hindernisse, Fahrbahnverengung, schmale Brücke, etc.
	C5	wie C4, mit eingelassenen Schienen	Fahrtrichtung	F0		ohne Fahrtrichtungsänderung	
	C6	schmale oder durch Beparken verengte Fahrbahn, enge Ortsdurchfahrten		F1	Rechtsabbiegen		
	C7	alle Einbahnstraßen		F2	Linksabbiegen		

Tab. 3.2: Klassifikationsmuster für Verkehrssituationen ohne Autobahnfahrten [FASTENMEIER 1995]

Als Grundlage für die eigene Untersuchung des bestehenden Straßennetzes wurde der Kriterienkatalog nach FASTENMEIER an den Untersuchungsgegenstand Knotenpunkt angepasst und erweitert. Für die Knotenpunkte und deren Zufahrten wurden folgende Merkmale erfasst:

- *Knotenform* (allgemeine Form und Grundform nach Richtlinie)
- *Vorfahrtsregelung* (Art der Verkehrsregelung am Knoten und Angabe der Vorfahrtsberechtigung der Zufahrten)
- *Umgebung* (Charakterisierung des Knotenpunkt-Umfeldes)
- *Sichtbarkeit* (Sichtbedingungen in benachbarte Zufahrten bei der Annäherung an den Knotenpunkt)
- *Winkellage* (Winkel zu den benachbarten Zufahrten sowie Winkelkonstellation des gesamten Knotenpunkts)
- *Geschwindigkeit* (zulässige Höchstgeschwindigkeit in der Zufahrt und Geschwindigkeits-Kombination für den Knotenpunkt)
- *Ausbaustatus* (Straßentyp, bauliche Gestaltung der Fahrbahn und Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen)
- *Fahrtrichtung* (zulässige Fahrbeziehungen und vorhandene Abbiegeverbote, vorhandene Einbahnstraßen)
- *Entwurfselemente für Abbieger* (Anzahl und Art der fahrtrichtungsgebundenen Fahrstreifen sowie Art der Führung von Rechts- und Linksabbiegern)

- *Führung von Fußgängern und Radfahrern* (Gestaltungselemente von Rad- und Fußwegen sowie den Überwegen)
- *Verkehrsbelastung* (durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge – nur für das Teilgebiet Hannover verfügbar)

Eine genaue Erläuterung der Ausprägungen der Kriterien sowie ein beispielhaft beschriebener Knotenpunkt sind im *Anhang 1* aufgeführt.

3.3 Knotenpunktgestaltung im Untersuchungsgebiet

In den folgenden Kapiteln werden die Erkenntnisse zur Gestaltung von Knotenpunkten im deutschen Straßennetz vorgestellt. Ausgangspunkt stellt die Erläuterung des Vorgehens zur Ermittlung der notwendigen Daten und die Beschreibung des Untersuchungsgebietes dar. Anschließend wird auf die wichtigsten Ergebnisse aus den Analysen zur Gestaltung von Knotenpunkten eingegangen.

3.3.1 Vorgehen zur Ermittlung der Knotenpunktgestaltung

Für die Ermittlung der Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz musste auf verschiedene Datenquellen zurückgegriffen werden, da in den vorhandenen Materialien die für die Analyse notwendigen Informationen zu den Kriterien nach *Kapitel 3.2* nicht bzw. nicht vollständig enthalten waren. In dieser Arbeit wurden hierfür Informationen des Navigationsdatenlieferanten NAVTEQ sowie Luftbilddaufnahmen der jeweiligen Knotenpunkte von GoogleMaps® und aus dem Geodatenportal Niedersachsen des Landesamtes für Geoinformation und Landesentwicklung (LGLN) verwendet.

Die Informationen aus der Navigationsdatenbank standen in Rohformaten zur Verfügung und es war notwendig die Koordinaten der Knotenpunkte im Straßennetz sowie vorhandene Detailinformationen der einzelnen Knotenpunktzufahrten entsprechend der Datenbankstruktur [NAVTEQ 2010] zu extrahieren (Bild 3.1 Arbeitsschritte 1 und 5). Auf diese Weise wurden für das Untersuchungsgebiet insgesamt ca. 5.000 Knotenpunkte aus der Datenbank gefiltert. Diese Vorauswahl wurde anschließend plausibilisiert, es wurden Duplikate entfernt, sowie Knotenpunkte mit Grundstückszufahrten, Privat-, Wald- und Feldwegen aussortiert (Bild 3.1 Arbeitsschritt 2). Für die enthaltenen Bundesautobahnen wurden nur die Anschlussknotenpunkte im nachgeordneten Straßennetz berücksichtigt. Duplikate in den analysierten Daten resultieren durch die zum Teil fahrstreifenfeine Beschreibung verschiedener Straßen in den NAVTEQ-Navigationsdaten. Diese notwendige Plausibilisierung erfolgte durch Einzelfallprüfung anhand der verfügbaren Luftbilder (Bild 3.1 Arbeitsschritte 3 und 4). Somit konnten für die weiteren Analysen insgesamt 4.406 Knotenpunkte innerhalb des Untersuchungsgebietes identifiziert werden.

Es zeigte sich, dass in den Detailinformationen der Navigationsdatenbank flächendeckend nur die Angaben zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit sowie zur Ortslage des Knotenpunktes enthalten waren. Die Winkellage der einzelnen Knotenpunktzufahrten konnte über geometrische Beziehungen zwischen den vorhandenen Wegpunkt-Koordinaten der Straßen im Zulauf zum Knotenpunkt ermittelt werden (Bild 3.1 Arbeitsschritt 5). Darüber hinausgehende Informationen wie die Art der Vorfahrtsregelung, vorhandene Überwege für Radfahrer und Fußgänger und die Gestaltung der Umgebung des Knotenpunktes und damit verbundene Sichtbedingungen mussten aus anderen Quellen beschafft werden. Hierzu wurde zusätzlich auf Luftbilder des betrachteten Straßennetzes. Die verwendeten Luftbildaufnahmen stammen dabei aus den Jahren 2009 - 2011. Anhand dieser wurden manuell Informationen zur Gestaltung der Knotenpunkte sowie der Knotenpunktumgebung erhoben (Bild 3.1 Arbeitsschritt 6).

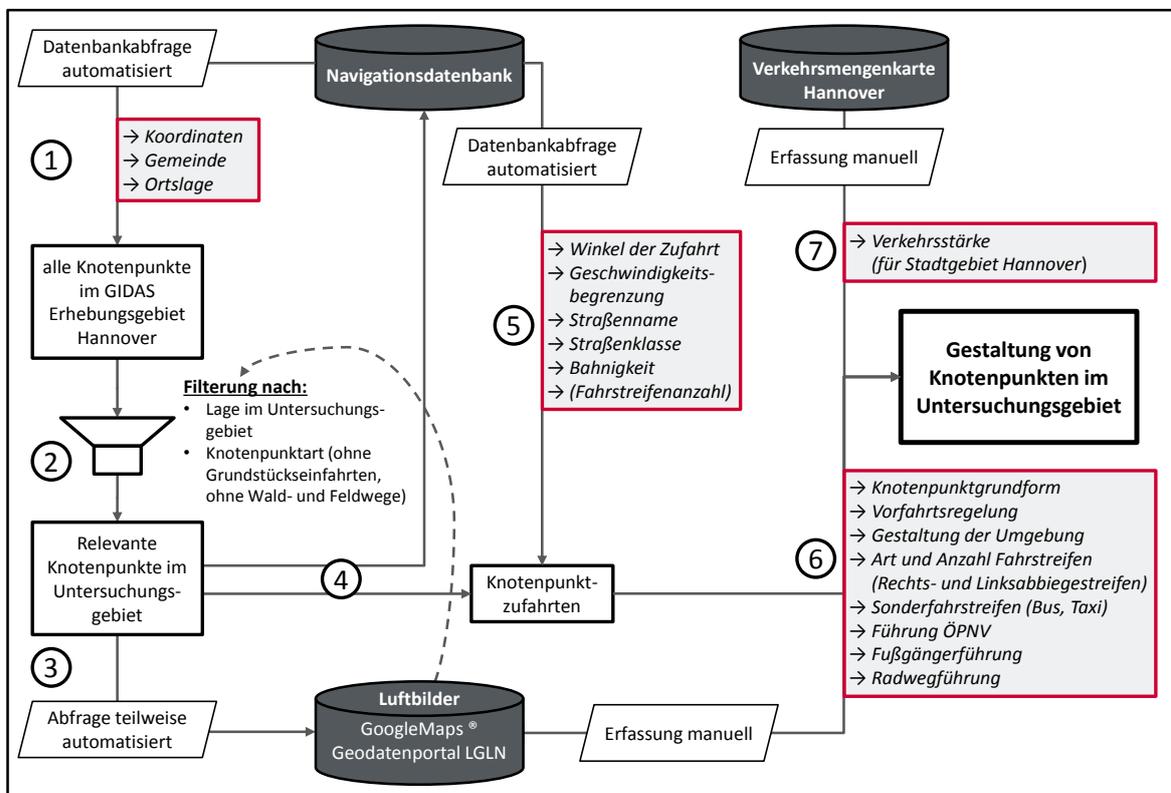


Bild 3.1: Schematisches Vorgehen zur Ermittlung der charakteristischen Eigenschaften der Knotenpunktgestaltung (rot umrandet) im Untersuchungsgebiet unter Verwendung vorhandener Datenquellen (dunkelgrau)

Bedingt durch die Verwendung von Luftbildern lassen sich Aussagen über das Straßennetz lediglich als Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Erstellung der Luftbilder treffen. Besonders die Beschaffenheit der Umgebung kann in Abhängigkeit der Jahreszeit variieren und dadurch erhebliche Änderungen bei der Beurteilung der Sichtbedingungen am Knotenpunkt bewirken. So können Bäume und Sträucher im Umfeld des Knotenpunktes je nach Umfang des Bewuchses unterschiedliche Einflüsse auf die Sichtmöglichkeiten haben. Ebenso kann die Sicht in benachbarte Knotenpunktzufahrten zu verschiedenen Tageszei-

ten unterschiedlich stark beeinträchtigt sein (z. B. durch parkende Fahrzeuge). Die so erhobenen Daten dienen daher der allgemeinen Einschätzung der Übersichtlichkeit von Knotenpunkten und sollen einen Eindruck über die generelle Verteilung der Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz geben. Zusätzlich wurde den einzelnen Knotenpunktzufahrten anhand der Verkehrsmengenkarte der Stadt Hannover [LANDESHAUPTSTADT HANNOVER 2009] das durchschnittliche Verkehrsaufkommen (DTV) manuell zugewiesen (Bild 3.1 Arbeitsschritt 7).

3.3.2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Im Rahmen dieser Arbeit wurden für einen Ausschnitt des deutschen Straßennetzes Informationen über die Gestaltung aller Knotenpunkte erhoben. Bei der Auswahl des Untersuchungsgebiets wurde darauf geachtet, dass Knotenpunkte mit unterschiedlichem Straßenumfeld enthalten sind (siehe Bild 3.2).



Bild 3.2: Lage des Untersuchungsgebietes (rot umrandet) in der Region Hannover

So sind im Untersuchungsgebiet sowohl Knotenpunkte im Innenstadtbereich mit dichter Bebauung (Stadtgebiet Hannover), als auch aus Bereichen mit mittlerer Siedlungsdichte (Städte Isernhagen, Langenhagen und Garbsen) sowie aus Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte (Landkreis Wedemark) enthalten. Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes erfolgte systematisch einerseits durch:

- die Gemarkungsgrenze der Gemeinde Garbsen (im Westen),
- die Gemarkungsgrenze der Gemeinde Wedemark (im Westen und Norden)

und zum anderen wurden wichtige Straßen als Grenzen genutzt:

- die Bundesautobahn A 7 zwischen Autobahnkreuz Hannover/Kirchhorst und Anschlussstelle Berkhof bzw. Gemarkungsgrenze Wedemark / Lindwedel,
- die Bundesautobahn A 37 zwischen Autobahnkreuz Hannover/Kirchhorst und Anschlussstelle Hannover-Misburg,
- die Bundesstraßen B 3 und B 6 sowie die Landesstraße L 190 im Bereich der Landeshauptstadt Hannover.

3.3.3 Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz

Die Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet gestalten sich überwiegend (94 %) als Einmündungen bzw. Kreuzungen von zwei einbahnigen Straßen ohne bauliche Trennung der Richtungsfahrbahnen (Grundform I nach FGSV 1988). Nur knapp 5 % stellen Knotenpunkte der Grundform II dar, deren Hauptfahrbahn mit baulich getrennten Richtungsfahrbahnen ausgestattet ist und eine einbahnige Fahrbahn der Nebenrichtung bzw. der einmündenden Straße aufweist. Lediglich 1 % der Knotenpunkte sind nach Grundform III ausgeführt, wobei in diesen Fällen alle Zufahrten zum Knotenpunkt zweibahnig gestaltet sind (siehe Bild 3.3).

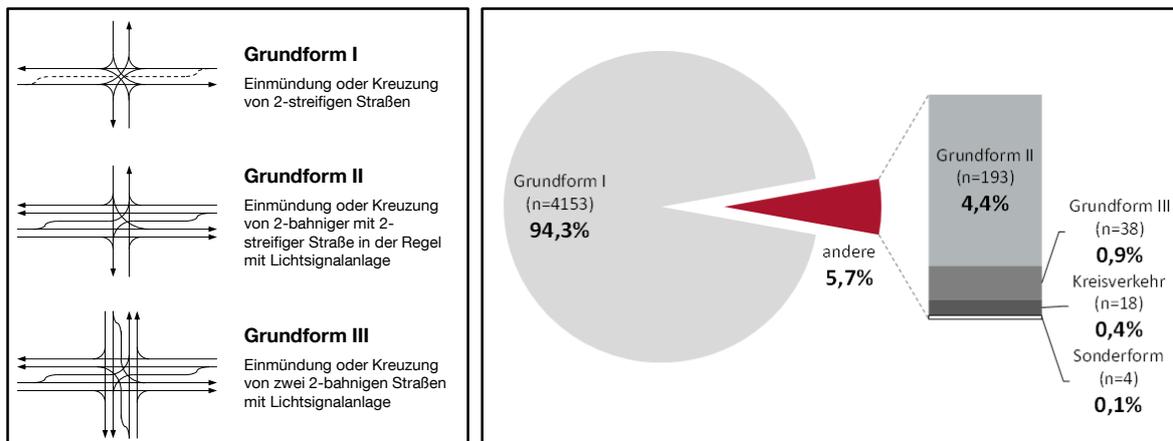


Bild 3.3: Knotenpunkt-Grundformen im Untersuchungsgebiet

An dieser Stelle ist erkennbar, dass Knotenpunkte von zweibahnigen Straßen (i. d. R. mit höherer Verkehrsbelastung) nur selten plangleich ausgeführt werden. Lediglich 5 % aller

Knotenpunkte sind dadurch geprägt, dass beim Befahren zusätzlich zum straßengebundenen Verkehr auch der Straßenbahnverkehr beachtet werden muss. Dabei treten Straßenbahnen an Kreuzungen häufiger (8 % aller Kreuzungen) als an Einmündungen (4 %) auf. Die Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet befinden sich überwiegend innerhalb von geschlossenen Ortschaften, lediglich 4,8 % sind außerorts gelegen. Den überwiegenden Anteil der Knotenpunkte (82,6 %) stellen Einmündungen dar. Kreuzungen treten wesentlich seltener (16,9 %) im Straßennetz auf. Kreisverkehre und komplexe Kreuzungen sind mit einem Anteil von nur 0,4 % bzw. 0,1 % im Untersuchungsgebiet kaum vertreten (siehe Tab. 3.3).

Ortslage Vorfahrtsregelung	Knotenart					Anteil Gesamtstraßennetz				
	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte
innerorts	3.482	694	13	4	4.193	79,0%	15,8%	0,3%	0,1%	95,2%
Lichtsignalanlage	93	149	2	2	246	2,1%	3,4%	0,0%		5,6%
Schilderregelung	1.209	222	11	2	1.444	27,4%	5,0%	0,2%		32,8%
davon:										
STOP-Schild	31	23			54	0,7%	0,5%			1,2%
Vorfahrt achten	1.151	193	11	2	1.357	26,1%	4,4%	0,2%		30,8%
abknickende Vorfahrt	27	6			33	0,6%	0,1%			0,7%
rechts vor links	2.180	323			2.503	49,5%	7,3%			56,8%
außerorts	156	52	5		213	3,5%	1,2%	0,1%		4,8%
Lichtsignalanlage	12	19			31	0,3%	0,4%			0,7%
Schilderregelung	106	24	5		135	2,4%	0,5%			3,1%
davon:										
STOP-Schild	4	3			7	0,1%	0,1%			0,2%
Vorfahrt achten	98	20	5		123	2,2%	0,5%	0,1%		2,8%
abknickende Vorfahrt	4	1			5	0,1%	0,0%			0,1%
rechts vor links	38	9			47	0,9%	0,2%			1,1%
innerorts und außerorts	3.638	746	18	4	4.406	82,6%	16,9%	0,4%	0,1%	
Lichtsignalanlage	105	168	2	2	277	2,4%	3,8%	0,0%		6,3%
Schilderregelung	1.315	246	16	2	1.579	29,8%	5,6%	0,4%		35,8%
davon:										
STOP-Schild	35	26			61	0,8%	0,6%			1,4%
Vorfahrt achten	1.249	213	16	2	1.480	28,3%	4,8%	0,4%		33,6%
abknickende Vorfahrt	31	7			38	0,7%	0,2%			0,9%
rechts vor links	2.218	332			2.550	50,3%	7,5%			57,9%

Tab. 3.3: Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet [n=4.406] nach Knotenart, Ortslage und Vorfahrtsregelung

Mehr als die Hälfte aller Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet (58 %) sind durch „rechts vor links“ geregelt. 36 % der Knotenpunkte sind schildergeregelt, wobei hier die Regelung durch „Vorfahrt achten“-Beschilderung mit einem Anteil von 33,4 % gegenüber der STOP-Schild-Regelung (1,4 %) dominiert. Die Sonderform der abknickenden Vorfahrt tritt mit einem Anteil von 0,9 % im Straßennetz insgesamt nur sehr selten auf.

Kreuzungen sind wesentlich häufiger durch Lichtsignalanlagen geregelt als Einmündungen. Ebenfalls fällt der Anteil der STOP-Schild-Regelung bei Kreuzungen (3,5 % aller Kreuzungen) höher aus, als dies bei Einmündungen (1,0 % aller Einmündungen) der Fall ist. Die Hälfte aller Knotenpunkte (49,5 %) im Untersuchungsgebiet stellen Einmündungen innerhalb von Ortschaften mit „rechts vor links“-Regelung dar. Insgesamt lassen sich drei wesentliche Gruppen von häufig vorkommenden Knotenpunkten identifizieren: „rechts vor links“-geregelter Einmündungen (50,3 %), schildergeregelte Einmündungen (29,8 %) und „rechts vor links“-geregelter Kreuzungen (7,5 %). Allgemein werden Knotenpunkte außerorts überwiegend durch Schilder geregelt, wohingegen innerorts die „rechts vor links“-Regelung dominiert.

Für das Teilgebiet innerhalb des Stadtgebietes von Hannover (40,8 % der Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet) liegen Informationen zum durchschnittlichen werktäglichen Verkehr (DTV_w) auf Grundlage einer Verkehrsmengenkarte (LANDESHAUPTSTADT HANNOVER 2009) vor. Mehr als die Hälfte (62 %) dieser Knotenpunkte befindet sich im gering belasteten Straßennetz, d. h. alle Knotenpunktzufahrten weisen Belastungen von unter 5.000 Fahrzeugen/Tag auf. Bei lediglich 10 % der Knotenpunkte mit bekannter Verkehrsmenge liegt diese in mindestens einer der Knotenpunktzufahrten bei mehr als 20.000 Fahrzeugen/Tag. Es ist weiterhin erkennbar, dass Knotenpunkte mit Lichtsignalregelung einen verhältnismäßig größeren Anteil mit höherer Verkehrsbelastung aufweisen, als dies bei Knotenpunkten mit Schilderregelung der Fall ist (siehe Bild 3.4). Diese Verteilung zeigt auch, dass eine ausreichende Qualität des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten nur bis zu gewissen Grenzwerten der erwarteten Verkehrsnachfrage durch die Schilderregelung gewährleistet werden kann. Entsprechende Bemessungsgrundlagen sind in FGSV [2009] dargestellt.

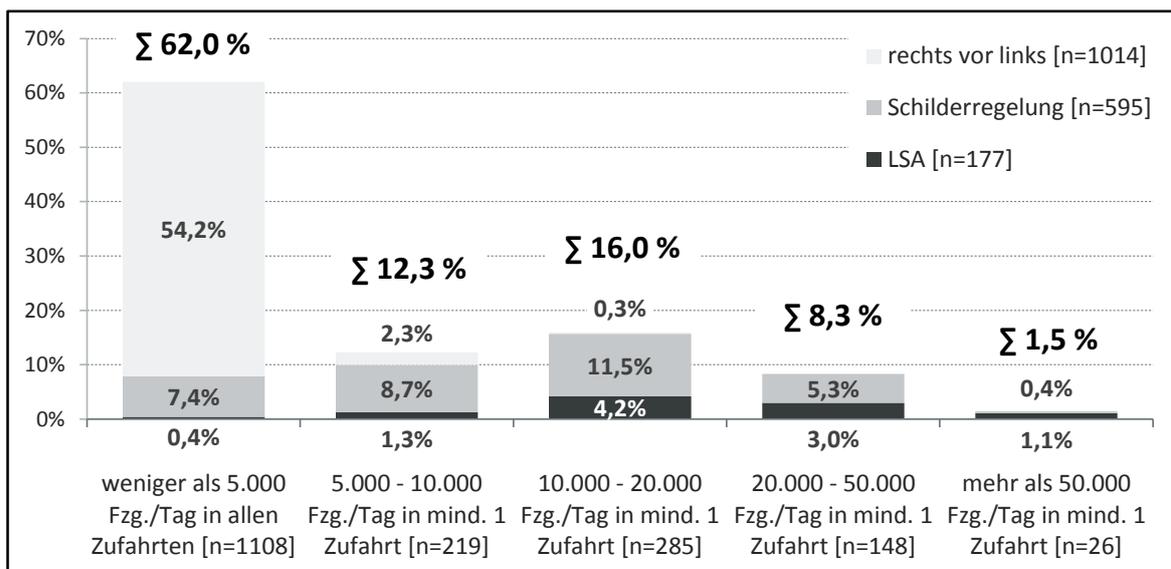


Bild 3.4: Durchschnittliche Verkehrsmengen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet der Stadt Hannover [n=1.786] in Abhängigkeit der Vorfahrtsregelung

Im Folgenden soll die Beschaffenheit von Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet näher betrachtet werden. Aufgrund ihres geringen Anteils im Straßennetz (vgl. Tab. 3.3) wird auf Kreisverkehre und komplexe Kreuzungen in den weiteren Darstellungen nicht detailliert eingegangen.

3.3.4 Gestaltung von Kreuzungen im Straßennetz

Im Straßennetz des Untersuchungsgebietes befinden sich insgesamt 746 Kreuzungen. Mit 93 % liegt der Hauptanteil der Kreuzungen innerhalb geschlossener Ortschaften. Die meisten Kreuzungen sind durch „rechts vor links“ geregelt (45 %), weitere 33 % weisen eine Schilder-Regelung auf und an den verbleibenden 23 % der Kreuzungen wird der Verkehr durch Lichtsignalanlagen geregelt.

Der hohe Innerorts-Anteil spiegelt sich ebenfalls in den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten beim Befahren der Kreuzungen wider (siehe Bild 3.5 rechts). So befindet sich knapp die Hälfte der Kreuzungen in „Tempo 30“-Zonen bzw. die Geschwindigkeit der einzelnen Zufahrten ist auf 30 km/h beschränkt. In etwa einem Drittel der Kreuzungen kreuzen sich Straßen mit Geschwindigkeitsbegrenzungen von 30 km/h und 50 km/h. Bei lediglich 5 % der Kreuzungen liegt die zulässige Höchstgeschwindigkeit in mindestens einer der Kreuzungszufahrten über 50 km/h. 28 % der Zufahrten zu den Kreuzungen sind durch Bewuchs in unmittelbarer Umgebung geprägt. Nur für weniger als ein Fünftel der Kreuzungszufahrten sind die benachbarten Kreuzungszufahrten frei einsehbar (Zufahrt von rechts 15 %, Zufahrt von links 19 %). Insgesamt weisen nur 9 % der Zufahrten in der Anfahrt zur Kreuzung freie Sicht in die beiden kreuzenden Straßen auf. Hauptsächlich liegen an Kreuzungen Sichtbeeinträchtigungen durch Bebauung oder Bewuchs vor (Bild 3.5 links).

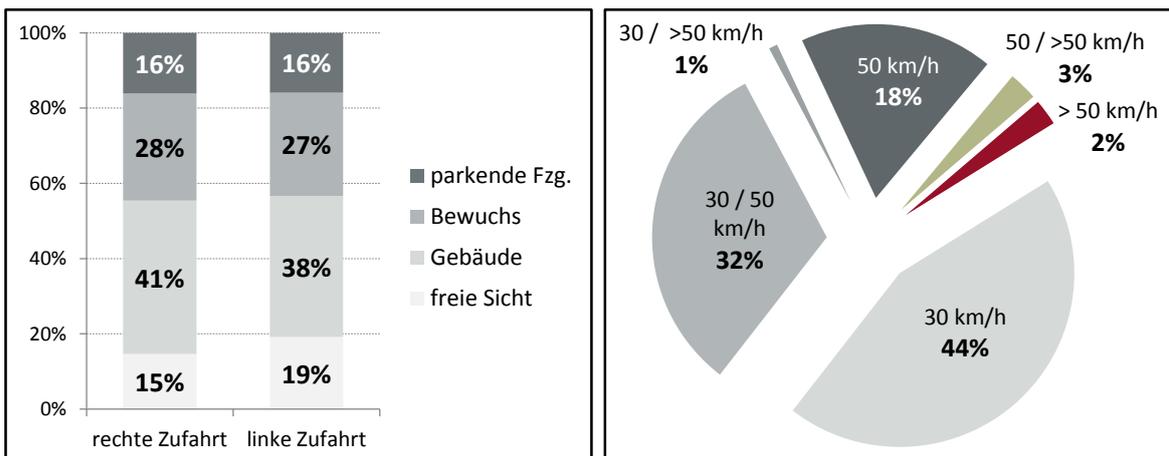


Bild 3.5: Sichtmöglichkeiten (links) und zulässige Geschwindigkeiten (rechts) an Kreuzungen innerhalb des Untersuchungsgebietes [n=746]

Bei der Annäherung an eine Kreuzung kann neben der Umgebungsgestaltung vor allem auch der Winkel zu den benachbarten Zufahrten Einfluss auf die Übersichtlichkeit haben. Als Ausgangspunkt zur Analyse der Winkellage von Kreuzungen wird die Klassifizierung

der Hauptfahrbahn verwendet. Die Hauptfahrbahn ist dabei in Abhängigkeit der Vorfahrtsregelung unterschiedlich definiert:

- an lichtsignalgeregelten Kreuzungen wird die höherrangige Straße als Hauptfahrbahn bezeichnet, haben beide Straßen die gleiche Straßenklasse, so wird die Straße in Nord-Süd-Richtung als Hauptfahrbahn verwendet,
- bei Kreuzungen mit Schilderregelung stellt die vorfahrtsberechtigige Straße die Hauptfahrbahn dar,
- für „rechts vor links“-geregelten Kreuzungen wird die Straße in Nord-Süd-Richtung als Hauptfahrbahn verwendet.

Die Lage der kreuzenden Fahrbahnen zueinander kann auf Grundlage der erhobenen Zusatzinformationen in der Größenordnung von 5° unterschieden werden. Für die Hauptfahrbahn wird lediglich ausgewertet, ob diese annähernd gerade verläuft (Winkel der gegenüberliegenden Zufahrt im Bereich von 180° ± 20°) oder einen abknickenden Verlauf (nach rechts oder links) aufweist. Darüber hinaus wird der Winkel der benachbarten rechten bzw. linken Zufahrt betrachtet. Hier werden die Ausprägungen „rechtwinklig“ (90° ± 20°), „spitzwinklig“ (≤ 70°) und „stumpfwinklig“ (≥ 110°) als Gruppierung angewendet (siehe Bild 3.6).

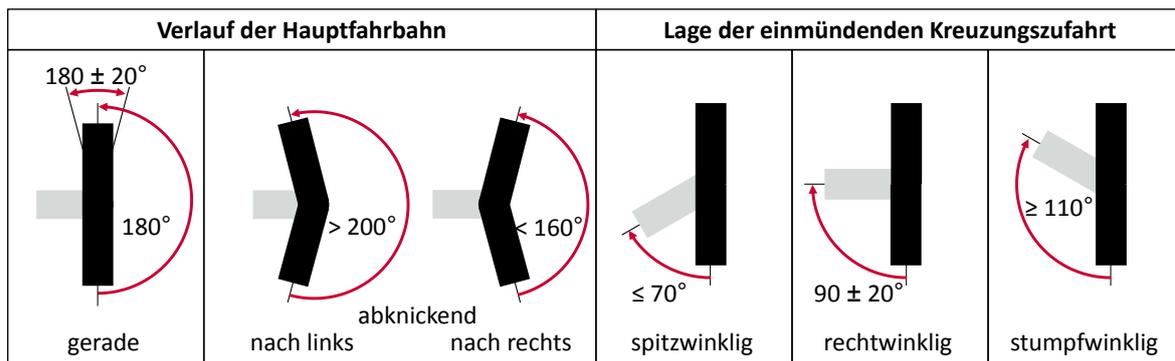


Bild 3.6: Klassifizierung der Winkellage der Hauptfahrbahn und den benachbarten Zufahrten von Kreuzungen

benachbarte Zufahrt \ Hauptfahrbahn	Linke Zufahrt			Rechte Zufahrt			gesamt
	spitzwinklig ≤ 70°	rechtwinklig 90 ± 20°	stumpfwinklig ≥ 110°	spitzwinklig ≤ 70°	rechtwinklig 90 ± 20°	stumpfwinklig ≥ 110°	
rechts abknickend	0,7%	0,8%	1,2%	1,1%	1,3%	0,3%	2,7%
gerade	23,2%	58,3%	12,6%	11,3%	61,3%	21,6%	94,1%
links abknickend	1,9%	1,2%	0,1%	0,0%	0,9%	2,3%	3,2%
gesamt	25,7%	60,3%	13,9%	12,3%	63,5%	24,1%	

Tab. 3.4: Winkellage von Kreuzungen im Untersuchungsgebiet [n=746]

Es zeigt sich, dass bei nur 6 % der Kreuzungen im Untersuchungsgebiet der Straßenverlauf der Hauptfahrbahn nach rechts oder links abknickt (siehe Tab. 3.4). Darüber hinaus entsprechen etwa 60 % aller Kreuzungen einem annähernd rechtwinkligen Layout. Der Anteil spitzwinkliger Zufahrten von links (↘) ist mit 26 % deutlich höher als der spitzwinkliger Zufahrten von rechts (↙; 12 %).

Eine Untersuchung von MANGEL [2012] in der die Winkellage von Kreuzungen im Stadtgebiet von München analysiert wurde weist sogar für insgesamt 77 % der Kreuzungen ein rechtwinkliges Layout aus (als rechtwinklig wurde in dieser Untersuchung ein Winkel zwischen jeweils benachbarten Zufahrten im Bereich von $90^\circ \pm 20^\circ$ berücksichtigt). Der höhere Anteil an rechtwinkligen Kreuzungen ist auch darauf zurückzuführen, dass MANGEL einen Teil der Knotenpunkte aufgrund widersprüchlicher Informationen aus der Überlagerung verschiedener Datenquellen im Vorfeld aussortiert.

Besonders im innerstädtischen Umfeld spielt neben dem umgebenden Fahrzeugverkehr auch der Radfahrer- und Fußgängerverkehr eine wichtige Rolle. Die Analyse der Gestaltung von Fußgänger- und Radverkehrsanlagen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet zeigt, dass 16 % der Kreuzungen in allen vier Zufahrten mit markierten Überwege ausgestattet sind, 56 % der Zufahrten weisen Fußwege auf, es sind jedoch keine markierten Überwege erkennbar. Nur in einem geringen Teil (2 %) der Kreuzungen sind keine Fußgängerwege vorhanden. An 128 der Kreuzungen im Untersuchungsgebiet (17 %) sind separate Radwege vorhanden, die in mind. einer Zufahrt die Fahrbahn kreuzen. Nur an 18 Kreuzungen (3 %) werden Radfahrer direkt auf der Fahrbahn durch markierte Radfahrstreifen oder Schutzstreifen geführt. An allen anderen Kreuzungen (600 Kreuzungen; 80 %) sind keine besonderen Elemente zur Führung der Radfahrer vorhanden und der Radverkehr muss sich in den motorisierten Verkehr integrieren.

3.3.5 Gestaltung von Einmündungen im Straßennetz

Das Untersuchungsgebiet beinhaltet insgesamt 3.638 Einmündungen. Der überwiegende Anteil (61 %) der Einmündungen wird durch „rechts vor links“ geregelt. An lediglich 3 % der Einmündungen ist eine Lichtsignalanlage vorhanden. Die Gestaltung der Umgebung und der Sichtbedingungen an Einmündungen unterscheidet von der Verteilung bei Kreuzungen. Der Anteil der Sichtbeeinträchtigungen durch Gebäude fällt an Einmündungen höher (ca. 50 %) aus als an Kreuzungen (ca. 40 %). Insgesamt sind an Einmündungen benachbarte Zufahrten seltener (9 % an Einmündungen im Vergleich zu 15 % bzw. 19 % an Kreuzungen) frei einsehbar (siehe Bild 3.7 links). Der Anteil von Einmündungen in „Tempo 30“-Zonen liegt bei 56 %. Nur ein geringer Anteil von 3 % der Einmündungen befindet sich an Straßen mit einer zulässigen Geschwindigkeit von mehr als 50 km/h (vgl. Bild 3.7 rechts).

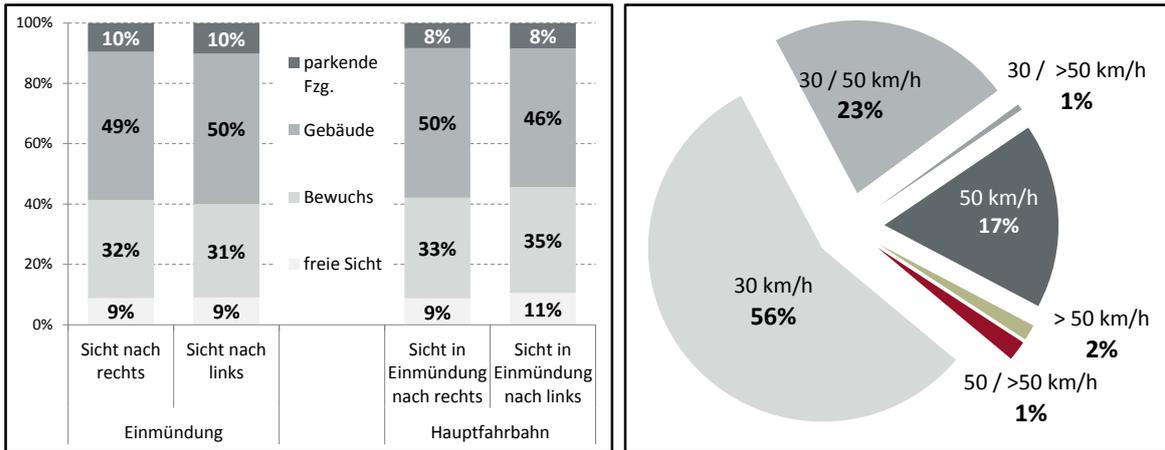


Bild 3.7: Sichtmöglichkeiten (links) und zulässige Geschwindigkeiten (rechts) an Einmündungen im Untersuchungsgebiet [n=3.638]

Auch bei der Gestaltung von Einmündungen wurde die Winkellage der einzelnen Zufahrten analysiert. Hierbei wird die Art des Verlaufes der durchgehenden Fahrbahn (Hauptfahrbahn) unterschieden. Zur Einmündung hin gekrümmte Fahrbahnen werden als „konvex“ bezeichnet. Hauptfahrbahnen, die von der Einmündung weg gekrümmt sind erscheinen als „konkav“. In gleicher Weise wie bei den Kreuzungen wird der Winkel (spitzwinklig, rechtwinklig und stumpfwinklig) der einmündenden Straße (zumeist die Fahrbahn der Nebenrichtung) klassifiziert (vgl. Bild 3.8).

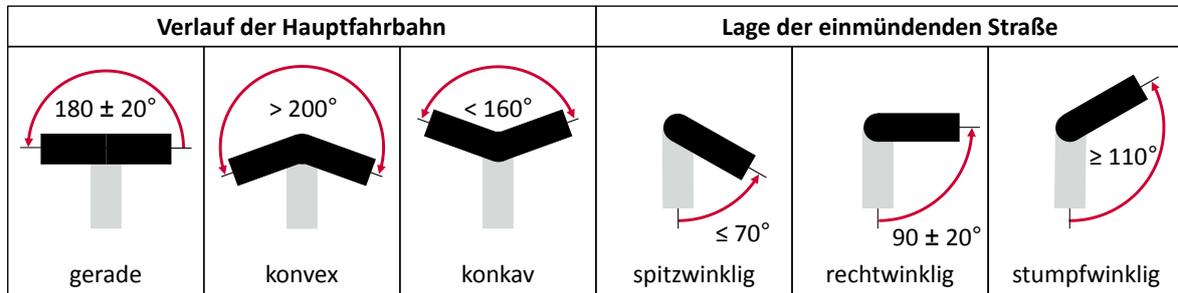


Bild 3.8: Klassifizierung der Winkellage der Hauptfahrbahn und der einmündenden Zufahrt von Einmündungen

benachbarte Zufahrt \ Hauptfahrbahn	Linke Zufahrt			Rechte Zufahrt			gesamt
	spitzwinklig ≤ 70°	rechtwinklig 90 ± 20°	stumpfwinklig ≥ 110°	spitzwinklig ≤ 70°	rechtwinklig 90 ± 20°	stumpfwinklig ≥ 110°	
konvex	0,7%	0,3%	0,0%	0,4%	0,5%	0,1%	1,0%
gerade	15,3%	55,9%	17,3%	16,1%	56,2%	16,2%	88,5%
konkav	1,0%	4,0%	5,4%	0,7%	4,1%	5,6%	10,4%
gesamt	17,0%	60,2%	22,8%	17,2%	60,8%	22,0%	

Tab. 3.5: Winkellage von Einmündungen im Untersuchungsgebiet [n=3.418]

Mehr als die Hälfte der Einmündungen entsprechen dabei einem annähernd rechtwinkligen Aufbau. Die Anteile der spitz- und stumpfwinkligen Winkel-Konstellationen sind etwa identisch (15 - 17 %). Einmündungen mit Hauptfahrbahnen, die zur einmündenden Straße hin

gekrümmt sind („konvex“) treten mit einem Anteil von 1 % nur sehr selten auf. Einmündungen mit von der Nebenfahrbahn weg gekrümmter Hauptfahrbahn („konkav“) sind im Untersuchungsgebiet häufiger (10 %) vertreten (vgl. Tab. 3.5).

Für die Analyse von Einmündungen im Stadtgebiet von München zeigt eine Untersuchung von MANGEL [2012], dass 67 % der Einmündungen eine annähernd rechtwinklige Struktur haben (die Winkel zwischen durchgehender Hauptfahrbahn der einmündenden Zufahrten liegen im Bereich von $90^\circ \pm 20^\circ$). Die Unterschiede lassen sich entsprechend *Kapitel 3.3.4* auch durch den Ausschluss von Knotenpunkten mit widersprüchlichen Angaben aus den verwendeten Datenquellen begründen.

Bei 80 % der Einmündungen wird der Fußgängerverkehr ohne markierte Überwege geführt, nur 13 % weisen einem markierten Überweg in der einmündenden Zufahrt auf. An 4 % der Einmündungen wird der Fußgängerverkehr durch Lichtsignalanlagen geregelt, entweder durch die LSA der Einmündung oder durch eine separate Fußgänger-LSA in einer der Zufahrten vor dem Knoten.

An 16 % der Einmündungen sind separate Radwege und -überwege markiert. Nur ein geringer Anteil von 1 % der Einmündungen weist eine Radfahrerführung mittels markierter Radfahrstreifen oder Schutzstreifen auf der Fahrbahn auf. Der Radfahrerverkehr wird im überwiegenden Teil der Einmündungen gemeinsam mit dem motorisierten Verkehr auf der Fahrbahn geführt.

3.4 Zwischenfazit - Knotenpunktgestaltung

Die Analyse des Untersuchungsgebietes zeigt eine eindeutige Dominanz von Einmündungen im Straßennetz. Mehr als 80 % der Knotenpunkte stellen Einmündungen dar. Nur 17 % der Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet sind Kreuzungen. Kreisverkehre und komplexe Kreuzungen (mit mehr als vier Zufahrten) kommen nur selten im Straßennetz vor. Die Knotenpunkte befinden sich dabei größtenteils innerorts (96 % innerhalb geschlossener Ortschaften). Es zeigt sich, dass Kreuzungen überwiegend durch Lichtsignalanlagen oder Vorfahrtsschilder geregelt sind, wohingegen bei Einmündungen die allgemeine „rechts vor links“-Regelung vorherrscht. In der Anfahrt zum Knotenpunkt weisen nur ca. 10 % aller Zufahrten freie Sicht ohne Beeinträchtigungen in benachbarte Straßen auf. An den meisten Knotenpunkten ist die Sicht in die benachbarten Knotenpunktzufahrten durch Bebauung oder Bewuchs beeinträchtigt. Die Betrachtung der Winkellage benachbarter Zufahrten an Knotenpunkten hat gezeigt, dass nur etwa die Hälfte aller Knotenpunkte eine annähernd rechtwinklige Gestalt aufweist.

Den größten Anteil (47 %) der Knotenpunkte im Straßennetz des Untersuchungsgebietes stellen „rechts vor links“-geregelt Einmündungen in „Tempo 30“ Zonen dar. Es überwiegen baulich einfache Knotenpunktformen mit einbahnigen, zweistreifigen Zufahrten. Groß-

flächige Knotenpunkte (Kreuzungen und Einmündungen mit zweibahnigen oder mehrstreifigen Straßen – Grundform II und III) stellen nur einen Anteil von 5 % dar. An Kreuzungen sind markierte Radfahrer- und Fußgängerüberwege wesentlich häufiger vorzufinden als an Einmündungen.

Für das Teilgebiet der Stadt Hannover zeigt sich, dass mehr als die Hälfte (62 %) der Knotenpunkte von einer geringen Verkehrsbelastung geprägt ist (DTV-Werte in allen Knotenpunktzufahrten unter 5.000 Fahrzeuge/Tag) und 10 % der Knotenpunkte weisen in mindestens einer der Knotenpunktzufahrten eine Verkehrsmenge von mehr als 20.000 Fahrzeuge/Tag auf. Die Verkehrsbelastung an Kreuzungen ist im Mittel größer als an Einmündungen, was sich auch im relativ hohen Anteil der LSA-Regelung bei Kreuzungen bemerkbar macht.

4 Analyse des Knotenpunktunfallgeschehens

Zur Unterstützung des Fahrers am Knotenpunkt ist es erforderlich, dass die Probleme im Verkehrsablauf am Knotenpunkt bekannt sind. Ansatzpunkte für die Verbesserung der Verkehrssicherheit bietet daher die Analyse der Knotenpunktunfälle. Das Statistische Bundesamt (Destatis) stellt regelmäßig Informationen zur Entwicklung des Unfallgeschehens in Deutschland zur Verfügung. Die Daten beinhalten lediglich Informationen, welche im Rahmen der Unfallaufnahme durch die Polizei aufgenommen werden und die hauptsächlich der Aufklärung der Unfallschuld dienen. In sogenannten „in-depth“-Unfalldatensammlungen werden weitaus mehr Daten über das Realunfallgeschehen gesammelt und bieten dadurch bessere Möglichkeiten einer detaillierten Untersuchung.

In diesem Kapitel wird die zur Analyse des Knotenpunktunfallgeschehens verwendete Unfalldatenbank vorgestellt sowie deren Vergleichbarkeit mit Daten des gesamtdeutschen Unfallgeschehens dargestellt (*Kapitel 4.1*). Im anschließenden *Kapitel 4.2* werden Ergebnisse einer generellen Analyse der Knotenpunktunfälle der genutzten Unfalldatenbank beschrieben, bevor in *Kapitel 4.3* Detailergebnisse zur Charakteristik der Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet und Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Unfallgeschehen und der Gestaltung von Knotenpunkten zusammengestellt werden.

4.1 GIDAS-Unfalldatenbank

An dieser Stelle wird die Charakteristik der genutzten Unfalldatenbank dargestellt und eine Einordnung der Analyse der in der Datenbank enthaltenen Unfälle bezüglich der Aussagekraft der Ergebnisse für Deutschland vorgenommen.

4.1.1 Erhebungsmethodik und Inhalte

Im Rahmen der „German In-Depth Accident Study“ (GIDAS) werden Informationen über Verkehrsunfälle in den Großräumen Dresden und Hannover nach einem vorgegebenen Stichprobenplan und entsprechenden Einsatzkriterien erhoben [GIDAS 2012B]:

- Die Unfallmeldung erfolgt durch Polizei- oder Rettungsleitstelle.
- Es handelt sich um einen Unfall mit Personenschaden.
- Der Unfallort befindet sich innerhalb des Erhebungsgebietes.
- Der Unfall hat sich innerhalb der Schichtzeit, d. h. innerhalb der täglich zwei sechsstündigen Zeitintervalle (erste Woche 0 Uhr bis 6 Uhr und 12 Uhr bis 18 Uhr, zweite Woche 6 Uhr bis 12 Uhr und 18 Uhr bis 24 Uhr) ereignet.

In beiden Erhebungsgebieten werden so insgesamt jährlich etwa 2.000 Verkehrsunfällen erfasst. Zu jedem Unfall werden bis zu 3.000 Einzelinformationen in der Datenbank abgelegt. Die Detailinformationen umfassen sowohl technische als auch medizinische Daten. Diese beinhalten u.a.:

- Umweltbedingungen, Straßengestaltung, Verkehrsregelung,
- Fahrzeugdeformationen und Anprallstellen von Insassen bzw. anderen Verkehrsteilnehmern,
- Technische Kenndaten wie Fahrzeugart und technische Ausstattung,
- Kennwerte zum Kollisionsablauf (u.a. Kollisions- und Fahrgeschwindigkeit),
- Unfallhergang und Unfallursachen,
- Personenspezifische Informationen wie Alter, Geschlecht, Größe oder Gewicht der Unfallbeteiligten,
- Verletzungsmuster sowie die Angaben zur präklinischen und klinischen Versorgung der verletzten Unfallbeteiligten.

Die Analyse des Unfallgeschehens erfolgt mit dem Datenbank-Stand vom 31. Dezember 2011. Es sind somit Unfälle aus dem Zeitraum Juli 1999 bis Dezember 2011 enthalten. In dieser Untersuchung werden nur Unfälle verwendet, die als vollständig in der Datenbank geführt sind und mindestens eine Kollision aufweisen. Weiterhin werden, aufgrund der Fokussierung auf das Unfallgeschehen an Knotenpunkten, nur Unfälle betrachtet, die sich nicht auf Autobahnen ereignet haben. Nach diesen Kriterien können insgesamt 20.214 Unfälle zur Analyse herangezogen werden. Da es bei Unfällen zu mehr als einer Kollision pro Unfall kommen kann, wurde zunächst für jeden Unfall die Erstkollision ermittelt. Alle im Rahmen dieser Arbeit dargestellten Unfallanalysen verwenden lediglich diese Erstkollision des Unfalls. Eventuell vorhandene Folgekollisionen werden vernachlässigt.

4.1.2 Vergleichbarkeit GIDAS und Unfallgeschehen in Deutschland

Die GIDAS-Unfalldaten enthalten aufgrund des Stichprobenplanes nur eine Auswahl der Grundgesamtheit aller Unfälle im Erhebungsgebiet. Bei der Verwendung dieser Unfalldaten muss daher die Vergleichbarkeit mit dem gesamtdeutschen Unfallgeschehen berücksichtigt werden. Neben den eventuell vorhandenen regionalen Besonderheiten im Unfallgeschehen können Abweichungen zwischen den Unfallverteilungen in den GIDAS-Daten und in Gesamtdeutschland auf verschiedene Auswahlwahrscheinlichkeiten zurückgeführt werden [HAUTZINGER ET AL. 2006]:

- der Unfall muss dem Erhebungsteam durch Polizei oder Rettungsdienst gemeldet werden und
- der Unfall muss entsprechend des Stichprobenplanes dokumentiert sein.

Eine Modellanalyse der GIDAS-Daten des Erhebungsgebietes Hannover hat dabei gezeigt, dass Unfälle verschiedener Unfallschwere durchaus unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten aufweisen in der GIDAS-Datenbank aufgenommen zu werden. Demnach beläuft sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall mit Leichtverletzten, der sich innerhalb der Schichtzeit des GIDAS-Erhebungsteams ereignet hat, aufgenommen wird, auf lediglich 34,3 %. Unfälle mit Schwerverletzten sind mit einer Wahrscheinlichkeit von 66,3 % und Unfälle mit Getöteten mit 75,0 % in den Daten enthalten [HAUTZINGER ET AL. 2006]. Demnach sind schwere Unfälle überproportional häufig in den GIDAS-Daten enthalten.

Zur Darstellung der Vergleichbarkeit des verwendeten Unfalldatensatzes ist es für den Untersuchungsgegenstand im Rahmen dieser Arbeit sinnvoll neben der Unfallschwere und Ortslage, als standardmäßig untersuchte Unfallmerkmale, auch den Unfalltyp zu berücksichtigen. Als Basis für die Betrachtung der Vergleichbarkeit wird das Unfallgeschehen in Deutschland des Jahres 2012 zugrunde gelegt. Da das Hauptaugenmerk in dieser Arbeit auf dem Knotenpunktunfallgeschehen liegt, wird als Bezugsgröße lediglich das Unfallgeschehen außerhalb von Autobahnen herangezogen. Somit können zur Darstellung der Vergleichbarkeit Hochrechnungsfaktoren für die GIDAS-Daten ermittelt werden. Hierfür können nur Informationen verwendet werden, die flächendeckend für alle Unfälle in beiden Datensätzen vorhanden sind. Der Vergleich der Verteilungen der beiden Datensätze soll für die Untersuchung des Knotenpunktunfallgeschehens anhand der folgenden Kriterien K_i dargestellt werden:

- Ortslage K_{Ort} (innerorts oder außerorts)
- maximale Unfallschwere K_{Verl} (getötet, schwerverletzt oder leichtverletzt)
- Unfalltyp K_{Typ} (7 Ausprägungen nach amtlicher Kodierung)
- Unfallkonstellation K_{Konst} (Art der Verkehrsbeteiligung der Unfallbeteiligten nach Unterscheidung der amtlichen Kategorisierung)
- Unfalltag K_{Tag} (gruppiert nach werktags - Mo bis Fr - oder am Wochenende)
- Unfallzeit K_{Zeit} (Berücksichtigung der Unfallstunde, gruppiert in 6-Stunden-Intervalle entsprechend der Einsatzzeiten des GIDAS-Erhebungsteams)

Um die Vergleichbarkeit der GIDAS-Unfalldatenbank aufzeigen zu können, wird die Verteilung der einzelnen Kriterien K_i in den beiden Datensätzen ermittelt. Dazu wird für jede Ausprägung j eines Kriteriums K_i der prozentuale Anteil p_i^j im jeweiligen Datensatz berechnet. Diese Berechnung erfolgt zum einen für die GIDAS-Daten ($p_i^j(GIDAS)$) und zum anderen für das gesamtdeutsche Unfallgeschehen ($p_i^j(D_{2012})$).

$$p_i^j(GIDAS) = \frac{\sum K_i^j(GIDAS)}{\sum K_i(GIDAS)}$$

$$p_i^j(D_{2012}) = \frac{\sum K_i^j(D_{2012})}{\sum K_i(D_{2012})}$$

Die Merkmale Ortslage, Unfallschwere und Unfalltyp werden in Kombination, alle anderen Kriterien in ihren Einzelausprägungen betrachtet.

Aus den Verhältnissen der prozentualen Anteile p_i^j im GIDAS-Unfallgeschehen und im Gesamtunfallgeschehen lassen sich die Hochrechnungsfaktoren h_i^j ermitteln:

$$h_i^j = \frac{p_i^j(GIDAS)}{p_i^j(D_{2012})}$$

Die so ermittelten Hochrechnungsfaktoren geben Aufschluss darüber, in welcher Weise sich die betrachteten Ausprägungen im Unfallgeschehen der beiden Datensätze unterscheiden. Je weiter ein Hochrechnungsfaktor vom Wert 1 abweicht, desto größer ist der Unterschied zwischen den Verteilung der GIDAS-Unfalldaten und gesamtdeutschen Unfallgeschehen und desto weniger repräsentativ sind die Aussagen der GIDAS-Daten hinsichtlich des betrachteten Kriteriums für das Unfallgeschehen in Deutschland. Hochrechnungsfaktoren > 1 weisen darauf hin, dass die jeweilige Ausprägung im Gesamtunfallgeschehen häufiger auftritt, als im GIDAS-Datensatz (die Häufigkeit dieser Unfälle wird in der GIDAS-Datenbank unterschätzt). Für Werte < 1 stellt sich die Situation entsprechend entgegengesetzt dar, was bedeutet, dass Unfälle mit dieser Ausprägung in den GIDAS-Daten, relativ gesehen, häufiger vertreten sind als im deutschen Unfallgeschehen (diese Unfälle sind in der GIDAS-Datenbank überrepräsentiert). Tab. 4.1 und Tab. 4.2 geben einen Überblick über die ermittelten Hochrechnungsfaktoren h_i^j .

Wochentag - Uhrzeit - Ortslage									
Ortslage	Uhrzeit	werktags				Wochenende			
		0.00 - 6.59 Uhr	6.00 - 11.59 Uhr	12.00 - 17.59 Uhr	18.00 - 23.59 Uhr	0.00 - 6.59 Uhr	6.00 - 11.59 Uhr	12.00 - 17.59 Uhr	18.00 - 23.59 Uhr
insgesamt		1,343	0,872	1,076	0,902	1,572	1,139	1,077	0,946
innerhalb von Ortschaften		1,303	0,880	1,082	0,907	1,599	1,110	1,053	0,968
außerhalb von Ortschaften, ohne Autobahn		1,219	0,874	1,132	0,894	1,331	1,102	1,025	0,826

Tab. 4.1: Hochrechnungsfaktoren zur Anpassung des GIDAS-Unfalldatensatzes an das Unfallgeschehen Deutschlands 2012: Kriterien Wochentag, Uhrzeit und Ortslage

Detaillierte Informationen zur Vergleichbarkeit der verwendeten Unfalldatenbank sind im *Anhang 2* enthalten.

Unfallschwere - Ortslage - Unfalltyp				Unfallkonstellation			
	getötet	schwer verletzt	leicht verletzt	erster Beteiligter - zweiter Beteiligter			
innerorts	0,701	0,845	0,884	Pkw allein	1,004	Krad allein	0,894
Fahrunfall	1,582	1,296	1,132	Pkw - Pkw	1,084	Krad - Pkw	2,227
Abbiege-Unfall	1,177	1,028	0,845	Pkw - Lkw	1,104	Krad - Lkw	2,672
Einbiegen-/ Kreuzenunfall	1,090	0,787	0,809	Pkw - Bus	1,797	Krad - Bus	1,132
Überschreitenunfall	0,701	0,676	0,801	Pkw - Krad	0,800	Krad - Krad	1,234
Unfall durch ruhenden Verkehr	0,590	0,850	0,776	Pkw - Rad	0,683	Krad - Rad	1,171
Unfall im Längsverkehr	1,069	1,104	1,231	Pkw - Fußgänger	0,845	Krad - Fußgänger	0,716
sonstiger Unfall	0,961	2,170	2,107	Pkw - anderes Fzg	0,815	Krad - anderes Fzg	2,810
außerorts	1,261	1,411	1,699	Lkw allein	1,441	Bus allein	3,948
Fahrunfall	0,888	0,853	0,879	Lkw - Pkw	1,274	Bus - Pkw	1,230
Abbiege-Unfall	0,812	1,244	0,971	Lkw - Lkw	2,057	Bus - Lkw	2,462
Einbiegen-/ Kreuzenunfall	2,003	1,362	1,201	Lkw - Bus	1,254	Bus - Bus	0,821
Überschreitenunfall	0,599	2,101	0,687	Lkw - Krad	1,265	Bus - Krad	1,210
Unfall durch ruhenden Verkehr	0,631	0,516	0,412	Lkw - Rad	0,798	Bus - Rad	0,557
Unfall im Längsverkehr	1,502	0,982	1,032	Lkw - Fußgänger	0,919	Bus - Fußgänger	1,347
sonstiger Unfall	0,496	1,315	1,359	Lkw - anderes Fzg	0,933	Bus - anderes Fzg	6,193

Tab. 4.2: Hochrechnungsfaktoren zur Anpassung des GIDAS-Unfalldatensatzes an das Unfallgeschehen Deutschlands 2012: Kriterien Unfallschwere, Ortslage und Unfalltyp (links); Kriterium Beteiligtenkonstellation (rechts)

Es zeigt sich, dass Außerorts-Unfälle im GIDAS-Unfalldatensatz unterrepräsentiert sind. Weiterhin sind im verwendeten Datensatz verhältnismäßig mehr Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten als im gesamtdeutschen Unfallgeschehen enthalten. Demnach sind in den GIDAS-Daten schwere Unfälle relativ betrachtet wesentlich häufiger vertreten. Darüber hinaus beinhaltet die GIDAS-Datenbank weniger Unfälle auf dem klassifizierten Straßennetz.

Auffällig ist der hohe Anteil von Unfällen mit Radfahrer- und Fußgängerbeteiligung im GIDAS-Datensatz. Auch Unfälle des Unfalltyps 4 („Überschreiten-Unfall“) und 5 („Unfall durch ruhenden Verkehr“) sind in der GIDAS-Datenbank häufiger vertreten als im Gesamtunfallgeschehen. Bei der Verteilung des Unfallgeschehens nach Wochentagen und Uhrzeit ist erkennbar, dass in den GIDAS-Daten verhältnismäßig mehr Unfälle am Wochenende verzeichnet sind, als im Gesamtunfallgeschehen vorhanden sind. Besonders werktags in der Zeit zwischen 6 und 12 Uhr sind im Vergleich zum deutschen Unfallgeschehen jedoch wenige Unfälle im GIDAS-Datensatz enthalten. Für Unfälle am Wochenende ist auffällig, dass besonders viele Unfälle in den Nachtstunden zwischen 0 und 6 Uhr im Datensatz enthalten sind.

Der Anteil der Pkw-Pkw-Kollisionen weist in beiden Datensätzen kaum Unterschiede auf. Konflikte mit Radfahrern als Unfallgegner (Pkw-Radfahrer-, Lkw-Radfahrer- und Bus-Radfahrer-Unfälle) sind dagegen im GIDAS-Datensatz häufiger enthalten. Konflikte zwischen Pkw und anderen Arten von Verkehrsteilnehmern außer Pkw als Unfallgegner sind durchweg unterrepräsentiert. Aufgrund dieser durch die GIDAS-Erhebungsmethodik hervorgerufenen Verschiebung der Unfallstruktur im Vergleich zum Gesamtunfallgeschehen lassen sich die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Schwerpunkte und Verteilungen nur bedingt verallgemeinern.

4.2 GIDAS Knotenpunktunfallgeschehen

Zur Definition des für die Untersuchung des Unfallgeschehens an Knotenpunkten relevanten Datensatzes wurde eine Filterung der GIDAS-Daten entsprechend der folgenden Kriterien vorgenommen (Die genaue Auflistung der relevanten Unfalltypen ist dem *Anhang 3* zu entnehmen):

- Es kam zu einem Unfall mit Kollision zwischen mindestens zwei Beteiligten.
- Mindestens einer der Unfallbeteiligten ist ein motorisiertes Fahrzeug.
- Es sind keine schienengebundenen Fahrzeuge am Unfall beteiligt.
- Beide Unfallbeteiligte haben sich vor dem Unfall vorwärts bewegt.
- Der Unfall ereignete sich an einem relevanten Knotenpunkt (Einmündung, Kreuzung, Kreisverkehr, komplexer Knotenpunkt).
- Der Unfall weist eine der relevanten Unfalltyp-Ausprägungen des Unfalltyp 2 (Abbiege-Unfall), Unfalltyp 3 (Einbiegen-/Kreuzen-Unfall) oder Unfalltyp 4 (Überschreiten-Unfall) auf.

Im *Anhang 4* ist das verwendete Filtervorgehen zur Definition des Knotenpunktunfallgeschehens detailliert beschrieben. Die nach diesem Filtervorgang verbliebenen Unfälle wurden hinsichtlich der relevanten Variablen plausibilisiert. Fehlende Einträge und Unstimmigkeiten in den Daten wurden, wenn möglich, durch Einzelfallanalysen anhand der vorhandenen Dokumentation der GIDAS-Datenbank vervollständigt bzw. korrigiert. Letztendlich konnten 6.162 relevante Knotenpunktunfälle der GIDAS-Datenbank (Erhebungsgebiete Dresden und Hannover) für die weiteren Analysen herangezogen werden. Davon stammen 46 % (2.849 Unfälle) aus dem Erhebungsgebiet Dresden, die restlichen 3.313 Unfälle (54 %) sind im Erhebungsgebiet Hannover aufgenommen worden.

Wird als Maß der Unfallschwere das Verhältnis der Zahl der Getöteten und Verunglückten zur Anzahl der Unfälle mit Personenschäden (bezeichnet als Getöteten- bzw. Verunglücktenrate) herangezogen, so zeigen sich deutliche Unterschiede in der Unfallstruktur zwischen den verschiedenen Ortslagen. Analog zum Gesamtunfallgeschehen sind auch bei Knotenpunktunfällen außerorts im Mittel wesentlich größere Unfallschweren zu verzeichnen als innerorts (siehe Tab. 4.3). So starben in Deutschland bei innerörtlichen Unfällen an Einmündungen und Kreuzungen durchschnittlich 4 Personen je 1.000 Personenschadensunfälle, wohingegen an Einmündungen und Kreuzungen außerhalb von Ortschaften 16 Menschen pro 1.000 Unfällen mit Personenschaden ums Leben gekommen sind. Das gesamtdeutsche Unfallgeschehen 2012 zeigt hingegen Getötetenraten von 5 (innerorts) und 29 (außerorts) Verkehrstoten je 1.000 Personenschadensunfälle. Der Vergleich zwischen gesamtdeutschem Unfallgeschehen an Einmündungen und Kreuzungen und den Unfällen in der GIDAS-Datenbank weist daraufhin, dass die Unfallschweren im verwendeten Datensatz bei Unfällen an Einmündungen und Kreuzungen im Mittel größer als in der gesamtdeutschen Betrachtung sind. Der Vergleich der Verunglücktenraten in Gesamtdeutschland

und im GIDAS-Datensatz weisen dabei an Einmündungen und Kreuzungen nur geringere Unterschiede auf.

	Deutschland (2012)		Deutschland (2012)		GIDAS (1999 - 2011)	
	gesamt [n = 299.637]		Unfälle an Einmündung und Kreuzung [n = 123.503]		Unfälle an Einmündung und Kreuzung [n = 9.111]	
	Anzahl je 1.000 Personenschadensunfälle					
	Getötete	Verunglückte	Getötete	Verunglückte	Getötete	Verunglückte
innerorts	5,1	1.211	3,8	1.243	9,8	1.255
außerorts	28,6	1.413	16,4	1.549	32,7	1.628
alle Ortlagen (ohne Autobahn)	11,4	1.265	6,3	1.302	12,1	1.291

Tab. 4.3: Getöteten- und Verunglücktenrate im Gesamtunfallgeschehen Deutschland, im Unfallgeschehen Deutschlands mit der Charakteristik Einmündung und Kreuzung [DESTATIS 2013B] sowie im Unfallgeschehen an Knotenpunkten im GIDAS Erhebungsgebiet (Dresden und Hannover) [GIDAS-UNFALLDATENBANK 2012]

Bei der genauen Betrachtung der Knotenpunktunfälle der GIDAS-Datenbank (Erhebungsgebiete Dresden und Hannover) ist erkennbar, dass knapp zwei Drittel (65,7 %) der Knotenpunktunfälle an Kreuzungen verzeichnet sind, 33,3 % der Unfälle ereignen sich an Einmündungen und nur 0,8 % der Unfälle geschehen an Kreisverkehren. Nur etwa jeder zehnte Unfall an Knotenpunkten (9,2 %) ereignet sich auf Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften (siehe Tab. 4.4).

Knotenart Ortslage Unfallschwere	Einmündung					Kreuzung					Kreisverkehr					komplexe Kreuzung					alle Knotenpunkte				
	Anzahl Unfälle					Anteil gesamtes Knotenpunktunfallgeschehen					Anteil Unfallgeschehen der Knotenart														
	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte										
innerorts	1.807	3.732	44	10	5.593	29,3%	60,6%	0,7%	0,2%	90,8%	88,0%	92,2%	89,8%		90,8%										
getötet	17	38			55	0,3%	0,6%			0,9%	0,8%	0,9%			0,9%										
schwer verletzt	396	935	6	1	1.338	6,4%	15,2%	0,1%	0,0%	21,7%	19,3%	23,1%	12,2%	10,0%	21,7%										
leicht verletzt	1.394	2.759	38	9	4.200	22,6%	44,8%	0,6%	0,1%	68,2%	67,9%	68,1%	77,6%	90,0%	68,2%										
außerorts	247	317	5		569	4,0%	5,1%	0,1%		9,2%	12,0%	7,8%	10,2%		9,2%										
getötet	8	9			17	0,1%	0,1%			0,3%	0,4%	0,2%			0,3%										
schwer verletzt	74	131	1		206	1,2%	2,1%	0,0%		3,3%	3,6%	3,2%	2,0%		3,3%										
leicht verletzt	165	177	4		346	2,7%	2,9%	0,1%		5,6%	8,0%	4,4%	8,2%		5,6%										
innerorts & außerorts	2.054	4.049	49	10	6.162	33,3%	65,7%	0,8%	0,2%																
getötet	25	47			72	0,4%	0,8%			1,2%	1,2%	1,2%			1,2%										
schwer verletzt	470	1.066	7	1	1.544	7,6%	17,3%	0,1%	0,0%	25,1%	22,9%	26,3%	14,3%	10,0%	25,1%										
leicht verletzt	1.559	2.936	42	9	4.546	25,3%	47,6%	0,7%	0,1%	73,8%	75,9%	72,5%	85,7%	90,0%	73,8%										

Tab. 4.4: GIDAS-Knotenpunktunfälle (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162] nach Knotenpunktart, Ortslage und Unfallschwere

Im überwiegenden Teil der Unfälle (73,8 %) tragen die beteiligten Personen lediglich leichte Verletzungen davon. Der Anteil von Unfällen mit schwerverletzten oder getöteten Personen

ist bei Außerorts-Unfällen höher (39,2 %) als bei Unfällen innerhalb geschlossener Ortschaften (24,9 %). Im Datensatz des GIDAS-Knotenpunktunfallgeschehens sind 72 Unfälle (1,2 %) mit insgesamt 74 Getöteten enthalten.

Die meisten Knotenpunktunfälle im gesamten GIDAS-Erhebungsgebiet (Dresden und Hannover) geschehen an Knotenpunkten mit Schilder-Regelung (63 %), gefolgt von Unfällen an Knotenpunkten mit Lichtsignalregelung (29 %). An „rechts vor links“-geregelten Knotenpunkten passieren, u.a. auch bedingt durch die geringeren Verkehrsbelastungen, verhältnismäßig wenige Unfälle (8 %). Es ist erkennbar, dass sich der Anteil der Unfälle mit „Vorfahrt achten“-Beschilderung bei Kreuzungen und Einmündungen erheblich unterscheidet: 75 % aller Unfälle an Einmündungen entfallen auf diese Kategorie, wobei nur 43 % aller Kreuzungsunfälle sich an Knotenpunkten mit „Vorfahrt achten“-Beschilderung ereignen. Weiterhin zeigt sich, dass nur 12 % der Unfälle an Einmündungen, jedoch 38 % der Unfälle an Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen geschehen (Tab. 4.5).

Knotenart Ortslage Vorfahrtsregelung	Einmündung					Kreuzung					Kreuzverkehr					komplexe Kreuzung					alle Knotenpunkte				
	Anzahl Unfälle					Anteil gesamtes Knotenpunktunfallgeschehen					Anteil Unfallgeschehen der Knotenart														
	Einmündung	Kreuzung	Kreuzverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreuzverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreuzverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte										
innerorts	1.808	3.731	44	10	5.593	29,3%	60,5%	0,7%	0,2%	90,8%	88,0%	92,2%	89,8%		90,8%										
Lichtsignalanlage	241	1.470	6	5	1.722	3,9%	23,9%	0,1%	0,1%	27,9%	11,7%	36,3%		50,0%	27,9%										
Schilderregelung	1.458	1.874	38	4	3.374	23,7%	30,4%	0,6%	0,1%	54,8%	70,9%	46,3%	77,6%	40,0%	54,8%										
davon:																									
STOP-Schild	119	303			422	1,9%	4,9%			6,8%	5,8%	7,5%			6,8%										
Vorfahrt achten	1.339	1.571	38	4	2.952	21,7%	25,5%	0,6%	0,1%	47,9%	65,2%	38,8%	77,6%	40,0%	47,9%										
rechts vor links	109	387		1	497	1,8%	6,3%		0,0%	8,1%	5,3%	9,6%		10,0%	8,1%										
außerorts	247	317	5		569	4,0%	5,1%	0,1%		9,2%	12,0%	7,8%	10,2%		9,2%										
Lichtsignalanlage	18	64			82	0,3%	1,0%			1,3%	0,9%	1,6%			1,3%										
Schilderregelung	227	251	5		483	3,7%	4,1%	0,1%		7,8%	11,0%	6,2%	10,2%		7,8%										
davon:																									
STOP-Schild	34	83			117	0,6%	1,3%			1,9%	1,7%	2,1%			1,9%										
Vorfahrt achten	193	168	5		366	3,1%	2,7%	0,1%		5,9%	9,4%	4,2%	10,2%		5,9%										
rechts vor links	2	2			4	0,0%	0,0%			0,1%	0,1%	0,0%			0,1%										
innerorts & außerorts	2.055	4.048	49	10	6.162	33,3%	65,7%	0,8%	0,2%																
Lichtsignalanlage	259	1.534	6	5	1.804	4,2%	24,9%	0,1%	0,1%	29,3%	12,6%	37,9%	12,2%	50,0%	29,3%										
Schilderregelung	1.685	2.125	43	4	3.857	27,3%	34,5%	0,7%	0,1%	62,6%	82,0%	52,5%	87,8%	40,0%	62,6%										
davon:																									
STOP-Schild	153	386			539	2,5%	6,3%			8,7%	7,4%	9,5%			8,7%										
Vorfahrt achten	1.532	1.739	43	4	3.318	24,9%	28,2%	0,7%	0,1%	53,8%	74,5%	43,0%	87,8%	40,0%	53,8%										
rechts vor links	111	389		1	501	1,8%	6,3%		0,0%	8,1%	5,4%	9,6%		10,0%	8,1%										

Tab. 4.5: GIDAS-Knotenpunktunfälle (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162] nach Knotenpunktart, Ortslage und Vorfahrtsregelung

Die Unfallbeteiligung der Knotenpunktunfälle wird im Weiteren differenziert betrachtet zwischen motorisierten Fahrzeugen (Pkw, Lkw, Bus oder Kraftrad), sowie Radfahrern und Fußgängern. Im relevanten Unfalldatensatz ist in 95 % der Unfälle mindestens ein Pkw beteiligt. Schwere Kraftfahrzeuge (Lkw und Bus) stellen verhältnismäßig selten Unfallbeteiligte bei Knotenpunktunfällen dar (Lkw-Anteil 7,9 %, Bus-Anteil 1,2 %). An 40 % der Unfälle sind Radfahrer beteiligt und 14 % der Knotenpunktunfälle finden mit Beteiligung von motorisierten Zweirädern statt. Insgesamt stellen nur 52 % der Unfälle Kollisionen zwischen

zwei motorisierten Fahrzeugen dar. 38 % der Knotenpunktunfälle entfallen auf Zusammenstöße zwischen motorisierten Fahrzeugen und Radfahrern. Die verbleibenden 9 % der Knotenpunktunfälle sind Fußgängerunfälle.

Diese Verteilung der Beteiligtenkonstellation zeigt, dass das Radfahrerunfallgeschehen insgesamt einen hohen Stellenwert hat und bei der Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten nicht vernachlässigt werden darf. Genauer betrachtet sind im GIDAS-Datensatz sogar geringfügig mehr Pkw-Rad-Unfälle (34,8 %) als Pkw-Pkw-Unfälle (32,5 %) an Knotenpunkten enthalten (siehe Bild 4.1).

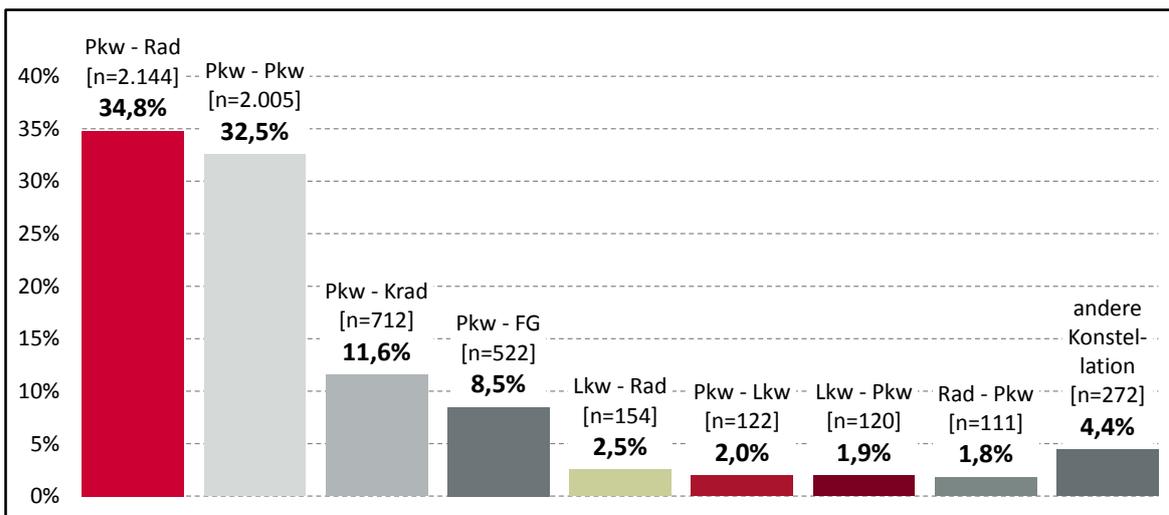


Bild 4.1: Beteiligtenkonstellation (Unfallverursacher - Unfallgegner) bei dokumentierten Knotenpunktunfällen der GIDAS-Datenbank (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162]

Für diesem hohen Anteil an Radfahrer-Unfällen spielen verschiedene Aspekte eine Rolle. Wie in *Kapitel 4.2* beschrieben, sind Unfälle mit Radfahrerbeteiligung im GIDAS-Datensatz insgesamt überrepräsentiert. Darüber hinaus werden im Rahmen dieser Arbeit nur Unfälle an Knotenpunkten betrachtet. Im Verkehrsablauf an Knotenpunkten kommt es aufgrund der Verflechtungs- und Kreuzungsvorgänge wesentlich häufiger zu Interaktionen zwischen dem Fahrzeugverkehr und Radfahrern als beispielsweise auf der freien Strecke. Daher ist in diesem Zusammenhang eine größere Häufigkeit von Begegnungen zwischen Radfahrern und anderen Verkehrsteilnehmern, welche zu einem Unfall führen kann, zu erwarten, als dies in anderen Bereichen des Straßennetzes der Fall ist. Da lediglich Personenschadensunfälle betrachtet werden, ist aufgrund der höheren Verletzungswahrscheinlichkeit der Radfahrer (beispielsweise im Vergleich zu Fahrzeuginsassen) ein größerer Anteil aller Radfahrer-Unfälle im Analysedatensatz enthalten als dies bei anderen Beteiligtenkonstellationen der Fall ist. Aus der amtlichen Unfallstatistik 2012 (Basis: Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegendem Sachschaden) geht hervor, dass nur 0,2 % der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung ohne Personenschaden verlaufen, wohingegen beispielsweise 22 % der Unfälle mit Pkw-Beteiligung nur Sachschaden hervorrufen [DESTATIS 2013B].

Zur genaueren Untersuchung des Knotenpunktunfallgeschehens werden die Unfälle zu Knotenpunktunfallgruppen (KUG) zusammengefasst. Dabei werden das geplante Fahrmanöver des Unfallverursachers (geradeaus fahren, rechts bzw. links abbiegen), die Bewegungsrichtung des zweiten Unfallbeteiligten (entgegenkommend, von rechts bzw. links kreuzend oder in gleicher Richtung fahrend/laufend) und der Art des Unfallgegners (motorisiertes Fahrzeug, Radfahrer oder Fußgänger) als Unterscheidungsmerkmal verwendet. Darüber hinaus wird die Beteiligtenkonstellation folgendermaßen unterschieden:

- *Fahrzeug-Fahrzeug-Kollisionen* (zwei motorisierte Beteiligte)
- *Fahrzeug-Fahrrad-Unfälle*
- *Fahrzeug-Fußgänger-Unfälle*
- *Fahrrad-Fahrzeug-Unfälle* (Im Unterschied zum Fahrzeug-Fahrrad-Konflikt nutzt der Radfahrer in diesen Unfällen die Fahrbahn und nicht den Radweg. Weiterhin wird der Radfahrer als Unfallverursacher ausgewiesen)

Bild 4.2 zeigt die Unterscheidung der Knotenpunktunfallgruppen in schematischer Übersicht. Die genaue Zuordnung der amtlichen Unfalltypen zu den jeweiligen Knotenpunktunfallgruppen ist im *Anhang 5* aufgeführt.

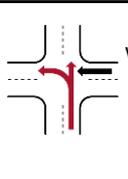
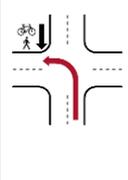
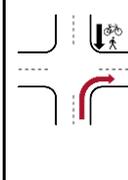
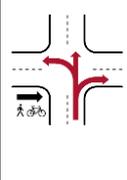
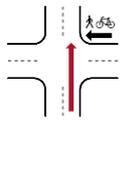
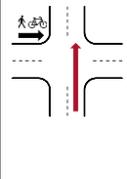
Linksabbiegen	Rechtsabbiegen	Kreuzen von rechts	Kreuzen von links
 <p>KUG 11 Linksabbieger - entgegenkommendes Fahrzeug</p>		 <p>KUG 31 Wartepflichtiger - von rechts kreuzendes Fahrzeug</p>	 <p>KUG 41 Wartepflichtiger - von links kreuzendes Fahrzeug</p>
 <p>KUG 12 Linksabbieger - entgegenkommender Radfahrer oder Fußgänger</p>	 <p>KUG 22 Rechtsabbieger - entgegenkommender Radfahrer oder Fußgänger</p>	 <p>KUG 32 Wartepflichtiger - von rechts kreuzender Radfahrer oder Fußgänger</p>	 <p>KUG 32 Wartepflichtiger - von links kreuzender Radfahrer oder Fußgänger</p>
 <p>KUG 13 Linksabbieger - Radfahrer oder Fußgänger in Fahrtrichtung</p>	 <p>KUG 23 Rechtsabbieger - Radfahrer oder Fußgänger in Fahrtrichtung</p>	 <p>KUG 33 von rechts kreuzender Radfahrer oder Fußgänger hinter dem Knoten</p>	 <p>KUG 33 von links kreuzender Radfahrer oder Fußgänger hinter dem Knoten</p>

Bild 4.2: Unterscheidung nach Knotenpunktunfallgruppen (KUG) und Beschreibung des schematischen Bewegungsablaufs der Unfallbeteiligten vor der Kollision

Konflikte zwischen linksabbiegenden und entgegenkommenden Fahrzeugen (sowohl motorisierte Fahrzeuge als auch Radfahrer auf der Fahrbahn) werden in der *KUG 11* zusammengefasst. Unfälle zwischen linksabbiegenden Fahrzeugen und entgegenkommenden Radfahrern oder Fußgängern auf dem Rad- bzw. Fußweg stellen die *KUG 12* dar. Die *KUG 13* umfasst Unfälle zwischen linksabbiegenden Fahrzeugen und parallel fahrenden, vom Rad- bzw. Fußweg kommenden Radfahrern oder Fußgängern. Mit *KUG 22* und

KUG 23 werden in analoger Weise Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Fahrzeugen und entgegenkommenden oder parallel fahrenden Radfahrern oder Fußgänger vom Rad- und Fußweg beschrieben. Unfälle zwischen wartepflichtigen und von rechts kreuzenden Fahrzeugen (motorisiertes Fahrzeuge oder Radfahrer auf der Fahrbahn) stellt die *KUG 31* dar. Unter *KUG 32* werden alle Konflikte zwischen Fahrzeugen und von rechts kreuzenden Radfahrern oder Fußgängern, welche den Rad- oder Fußweg nutzen, zusammengefasst. Die *KUG 33* deckt Unfälle zwischen geradeausfahrenden Fahrzeugen und von rechts kommenden Radfahrern oder Fußgängern ab, die die Fahrbahn vom Rad- oder Fußweg der gegenüberliegenden Straßenseite überqueren. Kollisionen zwischen wartepflichtigen Fahrzeugen und von links kommenden Unfallgegnern (Fahrzeuge, Radfahrer oder Fußgänger) werden in identischer Weise in den *KUG 41*, *KUG 42* und *KUG 43* beschrieben.

In Bild 4.3 ist die Verteilung der einzelnen Knotenpunktunfallgruppen (KUG) sowie der Anteil der verschiedenen Beteiligtenkonstellationen an der jeweiligen Unfallgruppe im GIDAS-Erhebungsgebiet (Dresden und Hannover) dargestellt. Es ist erkennbar, dass die meisten Unfälle an Knotenpunkten durch kreuzende bevorrechtigte Verkehrsteilnehmer von links oder rechts (*KUG 41* 26,2 % bzw. *KUG 31* 19,8 %) sowie durch entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen (*KUG 11* 17,3 %) hervorgerufen werden. Kollisionen mit kreuzenden Radfahrern und Fußgängern vor dem Knotenpunkt stellen mit 20,6 % (14,6 % *KUG 32* und 6,0 % *KUG 42*) einen weiteren großen Teil des Unfallgeschehens an Kreuzungen und Einmündungen dar. Auffällig ist hier, dass Unfälle mit von rechts kreuzenden Radfahrern und Fußgängern wesentlich häufiger auftreten, als Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern von links.

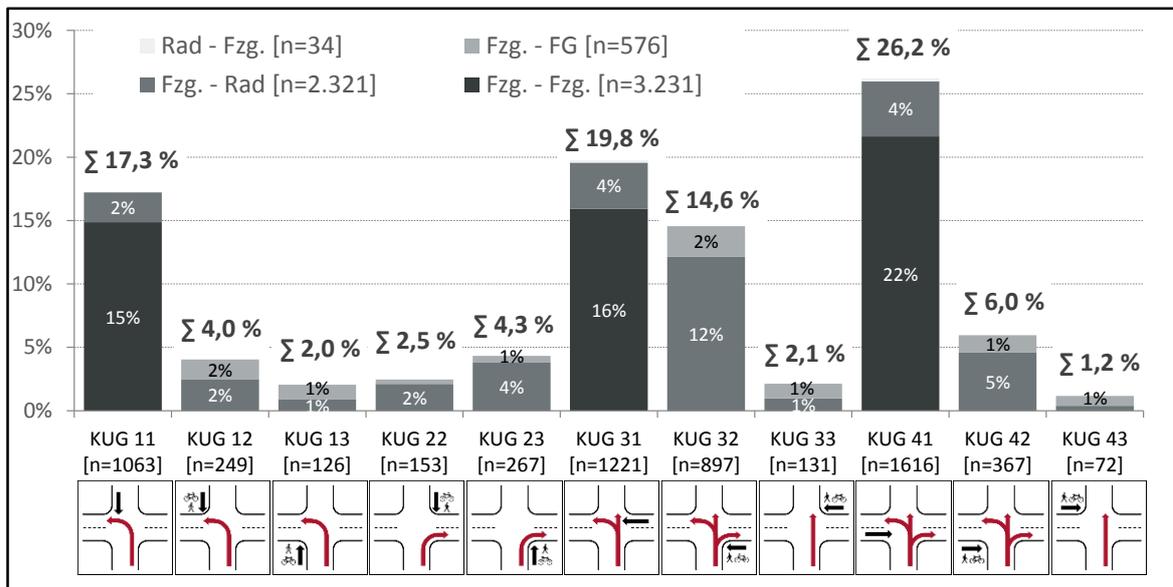


Bild 4.3: Knotenpunktunfallgruppen und Beteiligtenkonstellation im GIDAS-Unfalldatensatz (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162]

Die Konflikte zwischen abbiegenden Fahrzeugen und parallel fahrenden oder entgegenkommenden Radfahrer und Fußgängern (*KUG 12*, *13*, *22* und *23*) stellen einen Anteil von 12,9 %. Eher selten (3,3 %) ereignen sich Unfälle mit Radfahrern oder Fußgängern, die die

Fahrbahn auf der gegenüberliegenden Seite des Knotenpunktes kreuzen (*KUG 33* und *43*). Unfälle zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen stellen nur die Hälfte (52,4 %) aller Knotenpunktunfälle im GIDAS-Erhebungsgebiet dar. Hauptsächliches Problem dieser Unfallkonstellation stellen Konflikte mit von links kommenden Bevorrechtigten dar (41 % der Fahrzeug-Fahrzeug-Kollisionen entfallen auf die *KUG 41*). Entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen (*KUG 11*) und von rechts kommende Bevorrechtigte (*KUG 31*) treten als Unfallgegner in ähnlicher Häufigkeit (mit jeweils 30 % aller Knotenpunktunfälle zwischen zwei motorisierten Beteiligten) auf.

Der hohe Anteil von Radfahrer-Unfällen (38,2 %) weist darauf hin, dass die Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten ohne die Berücksichtigung des Radverkehrs schwerlich gelingen wird. Im Radfahrer-Unfallgeschehen an Knotenpunkten stellen generell Radfahrer aus kreuzenden Richtungen ein größeres Problem dar, als parallel fahrende oder entgegenkommende Radfahrer (in 70 % der Radfahrerunfälle kreuzen sich die Fahrwege von Radfahrer und Fahrzeug). Besonders dominant ist dabei der Konflikt mit dem von rechts kommenden, auf dem Radweg fahrenden Fahrradfahrer (32 % aller Fahrzeug-Radfahrer-Unfälle am Knotenpunkt).

4.3 Knotenpunktunfallgeschehen im Untersuchungsgebiet

Die detaillierte Analyse des Unfallgeschehens erfolgt anhand der Unfälle, welche im bereits definierten Untersuchungsgebiet (siehe *Kapitel 3.3*) in der GIDAS-Unfalldatenbank dokumentiert sind. Nach Verortung der relevanten Unfallstellen innerhalb des Untersuchungsgebietes sind insgesamt 1.475 Knotenpunktunfälle auswertbar. Alle in diesem Kapitel beschriebenen Analyseergebnisse zur Charakteristik von Knotenpunktunfällen beziehen sich auf den Unfalldatensatz innerhalb des Untersuchungsgebietes. Entsprechend der Klassifizierung der Knotenpunktarten im Untersuchungsgebiet (siehe *Kapitel 3.3.3*) wurden insgesamt 637 verschiedene Unfallknotenpunkte (337 Einmündungen, 293 Kreuzungen, sechs Kreisverkehre und eine komplexe Kreuzung) identifiziert.

Es zeigt sich, dass für 39 % der Kreuzungen, aber nur für 9 % der Einmündungen innerhalb des Untersuchungsgebiets mindestens ein Unfall in der Datenbank enthalten ist. Demnach stellen sich Kreuzungen im Untersuchungsgebiet wesentlich unfallauffälliger dar als Einmündungen. An 76 Knotenpunkten sind jeweils mindestens fünf Unfälle im betrachteten Zeitraum (Juli 1999 - Dezember 2011) aufgenommen worden.

4.3.1 Charakteristik der Unfallörtlichkeit

Der größere Teil des Knotenpunktunfallgeschehens im Untersuchungsgebiet spielt sich an Kreuzungen ab (54,4 %). Ein entsprechend geringerer Anteil der Unfälle ereignet sich an Einmündungen (43,8 %). Kreisverkehre (1,6 %) und komplexe Kreuzungen (0,2 %) treten als Unfallstellen selten in Erscheinung (siehe Tab. 4.6).

Der Anteil der Knotenpunktunfälle außerhalb geschlossener Ortschaften liegt im Untersuchungsgebiet bei lediglich 5,8 %. Schilder- und lichtsignalgeregelte Knotenpunkten stellen mit jeweils 46,1 % den Großteil der Unfallsituationen dar. Nur 7,8 % der Unfälle geschehen an Knotenpunkten mit „rechts vor links“-Regelung. 2 % der Unfälle sind an Knotenpunkten geschehen während die vorhandene Lichtsignalanlage außer Betrieb war. Weitere 1,2 % der Unfälle ereigneten sich an Knotenpunkten, die mit einer Fußgänger-LSA in einer der Knotenpunktzufahrten ausgestattet ist. Im Außerortsbereich sind keine Unfälle an Knotenpunkten mit abknickender Vorfahrtsregelung oder „rechts vor links“-Regelung zu verzeichnen.

Ortslage Vorfahrtsregelung	Knotenart					Knotenart					Knotenart				
	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	alle Knotenpunkte	
	Anzahl Unfälle					Anteil Gesamtunfallgeschehen					Anteil Unfallgeschehen je Knotenart				
innerorts	612	753	22	3	1.390	41,5%	51,1%	1,5%	0,2%	94,2%	94,7%	93,9%	91,7%	94,2%	
Lichtsignalanlage	147	489	1	3	640	10,0%	33,2%	0,1%	0,2%	43,4%	22,8%	61,0%		43,4%	
davon:															
in Betrieb	130	466	1	3	600	8,8%	31,6%	0,1%		40,7%	20,1%	58,1%	4,2%	40,7%	
außer Betrieb	4	18			22	0,3%	1,2%			1,5%	0,6%	2,2%		1,5%	
Fußgänger-LSA	13	5			18	0,9%	0,3%			1,2%	2,0%	0,6%		1,2%	
Schilderregelung	434	180	21		635	29,4%	12,2%	1,4%		43,1%	67,2%	22,4%	87,5%	43,1%	
davon:															
STOP-Schild	55	47			102	3,7%	3,2%			6,9%	8,5%	5,9%		6,9%	
Vorfahrt achten	375	130	21		526	25,4%	8,8%	1,4%		35,7%	58,0%	16,2%	87,5%	35,7%	
abknickende Vorfahrt	4	3			7	0,3%	0,2%			0,5%	0,6%	0,4%		0,5%	
rechts vor links	31	84			115	2,1%	5,7%			7,8%	4,8%	10,5%		7,8%	
außerorts	34	49	2		85	2,3%	3,3%	0,1%		5,8%	5,3%	6,1%	8,3%	5,8%	
Lichtsignalanlage	11	29			40	0,7%	2,0%			2,7%	1,7%	3,6%		2,7%	
davon:															
in Betrieb	9	25			34	0,6%	1,7%			2,3%	1,4%	3,1%		2,3%	
außer Betrieb	2	4			6	0,1%	0,3%			0,4%	0,3%	0,5%		0,4%	
Fußgänger-LSA															
Schilderregelung	23	20	2		45	1,6%	1,4%	0,1%		3,1%	3,6%	2,5%	8,3%	3,1%	
davon:															
STOP-Schild	2	11			13	0,1%	0,7%			0,9%	0,3%	1,4%		0,9%	
Vorfahrt achten	21	9	2		32	1,4%	0,6%	0,1%		2,2%	3,3%	1,1%	8,3%	2,2%	
abknickende Vorfahrt															
rechts vor links															
innerorts und außerorts	646	802	24	3	1.475	43,8%	54,4%	1,6%	0,2%						
Lichtsignalanlage	158	518	1	3	680	10,7%	35,1%	0,1%	0,2%	46,1%	24,5%	64,6%	4,2%	46,1%	
davon:															
in Betrieb	139	491	1	3	634	9,4%	33,3%	0,1%	0,2%	43,0%	21,5%	61,2%	4,2%	43,0%	
außer Betrieb	6	22			28	0,4%	1,5%			1,9%	0,9%	2,7%		1,9%	
Fußgänger-LSA	13	5			18	0,9%	0,3%			1,2%	2,0%	0,6%		1,2%	
Schilderregelung	457	200	23		680	31,0%	13,6%	1,6%		46,1%	70,7%	24,9%	95,8%	46,1%	
davon:															
STOP-Schild	57	58			115	3,9%	3,9%			7,8%	8,8%	7,2%		7,8%	
Vorfahrt achten	396	139	23		558	26,8%	9,4%	1,6%		37,8%	61,3%	17,3%	95,8%	37,8%	
abknickende Vorfahrt	4	3			7	0,3%	0,2%			0,5%	0,6%	0,4%		0,5%	
rechts vor links	31	84			115	2,1%	5,7%			7,8%	4,8%	10,5%		7,8%	

Tab. 4.6: Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet [n=1.475] nach Knotenpunktart, Ortslage und Vorfahrtsregelung

Aufgrund der geringen Unfallzahlen an Kreisverkehren und komplexen Kreuzungen werden für die weiteren Untersuchungen nur Unfälle herangezogen, die an Kreuzungen oder Einmündungen geschehen sind.

Die Betrachtung der Vorfahrtsregelung zeigt, dass sich knapp zwei Drittel (64,6 %) aller Kreuzungsunfälle an Lichtsignalanlagen ereignen, bei Einmündungsunfällen liegt der Anteil der Unfallstellen mit LSA nur bei 24,5 % (vgl. Tab. 4.6). Hier zeigt sich eine Unfallhäufung an schildergeregelten Einmündungen (70,7 %). Der Anteil von Unfallstellen mit „rechts vor links“-Regelung ist im Kreuzungsunfallgeschehen etwa doppelt so groß (10,5 %) wie bei Unfällen an Einmündungen (4,8 %).

Der überwiegende Teil (73 %) der Knotenpunktunfälle ereignet sich bei Tageslicht, bei 19 % der Unfälle herrscht Dunkelheit und 8 % geschehen in der Morgen- bzw. Abenddämmerung. Bezüglich der verschiedenen Knotenpunktarten und der Tageszeit lassen sich keine wesentlichen Unterschiede feststellen. Außerhalb geschlossener Ortschaften geschehen mehr Unfälle bei Dämmerung und Dunkelheit (41 %), als dies bei Unfällen innerorts der Fall ist (26 %). Witterungstechnisch zeigt sich, dass sich lediglich 14 % der Knotenpunktunfälle bei Regen Schnee oder Hagel ereignen (siehe Tab. 4.7).

Knotenart		Einmündung					Kreuzung					Kreisverkehr					komplexe Kreuzung					alle Knotenpunkte				
		Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte					
Ortslage	Tageszeit	Anzahl Unfälle					Anteil Gesamtunfallgeschehen					Anteil Unfallgeschehen der Knotenart														
		Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung	alle Knotenpunkte					
innerorts		612	753	22	3	1.390	41,5%	51,1%	1,5%	0,2%	94,2%	94,7%	93,9%	91,7%		94,2%										
	Tageslicht	454	556	17	1	1.028	30,8%	37,7%	1,2%	0,1%	69,7%	70,3%	69,3%	70,8%	33,3%	69,7%										
	Nacht	104	143	3	2	252	7,1%	9,7%	0,2%	0,1%	17,1%	16,1%	17,8%	12,5%	66,7%	17,1%										
	Dämmerung	54	54	2		110	3,7%	3,7%	0,1%		7,5%	8,4%	6,7%	8,3%		7,5%										
außerorts		34	49	2		85	2,3%	3,3%	0,1%		5,8%	5,3%	6,1%	8,3%		5,8%										
	Tageslicht	20	29	1		50	1,4%	2,0%	0,1%		3,4%	3,1%	3,6%	4,2%		3,4%										
	Nacht	8	12	1		21	0,5%	0,8%	0,1%		1,4%	1,2%	1,5%	4,2%		1,4%										
	Dämmerung	6	8			14	0,4%	0,5%			0,9%	0,9%	1,0%			0,9%										
innerorts und außerorts		646	802	24	3	1.475	43,8%	54,4%	1,6%	0,2%																
	Tageslicht	474	585	18	1	1.078	32,1%	39,7%	1,2%	0,1%	73,1%	73,4%	72,9%	75,0%	33,3%	73,1%										
	Nacht	112	155	4	2	273	7,6%	10,5%	0,3%	0,1%	18,5%	17,3%	19,3%	16,7%	66,7%	18,5%										
	Dämmerung	60	62	2		124	4,1%	4,2%	0,1%		8,4%	9,3%	7,7%	8,3%		8,4%										
innerorts und außerorts		646	802	24	3	1.475	43,8%	54,4%	1,6%	0,2%																
Witterung	kein Niederschlag	569	679	22	2	1.272	38,6%	46,0%	1,5%	0,1%	86,2%	88,1%	84,7%	91,7%	66,7%	86,2%										
	Regen	70	115	2	1	188	4,7%	7,8%	0,1%	0,1%	12,7%	10,8%	14,3%	8,3%	33,3%	12,7%										
	Schnee/Hagel	7	8			15	0,5%	0,5%			1,0%	1,1%	1,0%			1,0%										

Tab. 4.7: Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet [n=1.475] nach Knotenpunktart, Ortslage und Tageszeit (oben) und nach Knotenpunktart und Witterung (unten)

Im Vergleich zum gesamten GIDAS-Knotenpunktunfallgeschehen ist festzustellen, dass im Untersuchungsgebiet verhältnismäßig mehr Unfälle an Einmündungen und weniger an Kreuzungen geschehen. Die Dominanz der Kreuzungen als häufigerer Unfallort ist im Untersuchungsgebiet also weniger stark ausgeprägt als im gesamten GIDAS-Erhebungsgebiet (Dresden und Hannover). Deutlich wird die Gefährlichkeit von Kreuzungen durch den

Bezug der Unfallzahlen auf die Häufigkeit der verschiedenen Knotenpunktformen im Straßennetz. Einmündungen stellen 82 % aller Knotenpunkte im Straßennetz des Untersuchungsgebiets dar, hier ereignen sich aber nur 44 % aller Knotenpunktunfälle. An Kreuzungen geschehen 54 % der Unfälle, wobei deren Anteil im Straßennetz nur bei 17 % liegt. Kreuzungen kann demnach ein wesentlich höheres objektives Unfallrisiko zugewiesen werden als Einmündungen.

Etwa 62 % der Unfälle geschehen an Knotenpunkten der Grundform I, also in weniger komplexen Situationen. Ein Viertel der Unfälle sind an Einmündungen und Kreuzungen von ein- und zweibahnigen Straßen (Grundform II) zu verzeichnen und 11 % der Unfälle geschehen an großen Knotenpunkten mit zweibahnigen und mehrstreifigen Straßen (Grundform III). Die Verteilung der Unfälle auf die verschiedenen Grundformen weist an Einmündungen und Kreuzungen nur geringe Unterschiede auf (siehe Bild 4.4 links).

Der Vergleich der Knotenpunktgestaltung im Gesamtstraßennetz des Untersuchungsgebietes und in GIDAS-Unfallgeschehen zeigt, dass der Anteil der Unfälle an „großen“ Knotenpunkten (Grundformen II und III) wesentlich höher ist, als dies aus der Verteilung der Knotenpunkte im Straßennetz zu erwarten ist. Als Grund hierfür lässt sich der Einfluss der tendenziell höheren Verkehrsbelastungen großer Knotenpunkte anführen. Hauptsächlich ereignen sich die Unfälle an Knotenpunkten mit zulässigen Geschwindigkeiten von 30 und 50 km/h. Der Anteil der Unfälle an Kreuzungen mit Begrenzung der Geschwindigkeit auf 50 km/h ist dabei höher (42 %) als der Anteil der Unfälle an Einmündungen mit der gleichen Geschwindigkeitsbegrenzung (28 %). Bei nur etwa 7 % der Knotenpunktunfälle liegt die zulässige Höchstgeschwindigkeit am Knotenpunkt über 50 km/h (siehe Bild 4.4 rechts).

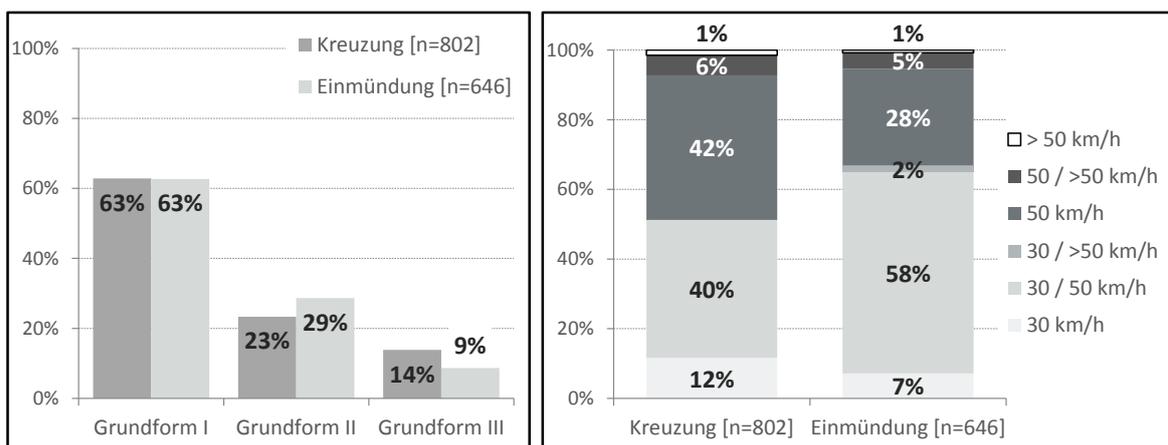


Bild 4.4: Knotenpunktgrundform (links) und zulässige Höchstgeschwindigkeiten (rechts) von Unfallkreuzungen [n=802] und -einmündungen [n=646] im Untersuchungsgebiet

Für etwa drei Viertel (74 %) der Unfälle im Erhebungsgebiet liegen Informationen zur durchschnittlichen Verkehrsbelastung des Knotenpunktes vor (vgl. Kapitel 3.3.3). Mit einem Anteil von 10 % ereignen sich davon nur wenige Unfälle an Knotenpunkten mit geringem Durchschnittlichem Täglichen Verkehr werktags (DTV_w aller Knotenpunktzufahrten jeweils geringer als 5.000 Fahrzeuge/Tag). Knotenpunkte mit höherer Verkehrsbelastung sind im

Untersuchungsgebiet wesentlich häufiger als Unfallstelle zu verzeichnen. Die Verteilungen der Unfallhäufigkeit bezüglich der Verkehrsbelastung lassen keine wesentlichen Unterschiede zwischen Einmündungen und Kreuzungen erkennen (siehe Bild 4.5).

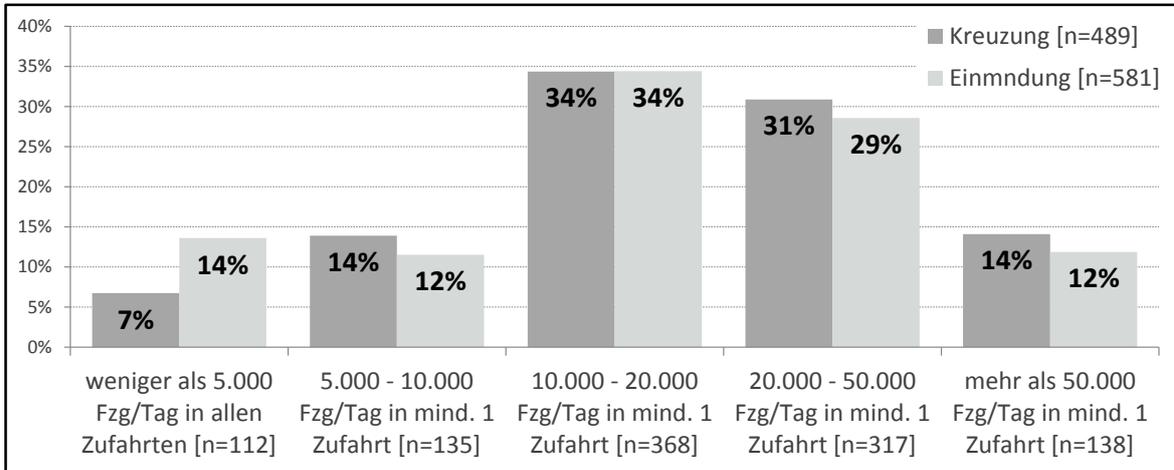


Bild 4.5: Verkehrsbelastung (DTV_w) an Kreuzungen und Einmündungen mit mind. einem Knotenpunktunfall im Untersuchungsgebiet

Im Vergleich zur Verkehrsbelastung aller Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet zeigt sich, dass Knotenpunkte mit mittlerem und hohem DTV wesentlich häufiger als Unfallstellen im Knotenpunktunfallgeschehen vorkommen als dies die Häufigkeitsverteilung im Straßennetz erwarten lässt (vgl. Tab. 4.8).

Knotenart	Einmündung	Kreuzung	Einmündung & Kreuzung	alle Knotenpunkte	Anteil im Untersuchungsgebiet			Anteil je Knotenpunktart			
	Anzahl				Anteil im Untersuchungsgebiet			Anteil je Knotenpunktart			
Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet	3.638	746	4.384	4.406							
Knotenpunkte (Verkehrsbelastung unbekannt)	2.229	369	2.598	2.620				61,3%	49,5%	59,3%	59,5%
Knotenpunkte (Verkehrsbelastung bekannt)	1.409	377	1.786	1.786	78,9%	21,1%		38,7%	50,5%	40,7%	40,5%
davon:											
weniger als 5.000 Fzg./Tag in allen Zufahrten	916	192	1.108		51,3%	10,8%	62,0%	25,2%	25,7%	25,3%	
5.000 - 10.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	158	58	216		8,8%	3,2%	12,1%	4,3%	7,8%	4,9%	
10.000 - 20.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	208	84	292		11,6%	4,7%	16,3%	5,7%	11,3%	6,7%	
20.000 - 50.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	111	33	144		6,2%	1,8%	8,1%	3,1%	4,4%	3,3%	
mehr als 50.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	16	10	26		0,9%	0,6%	1,5%	0,4%	1,3%	0,6%	
Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet	646	802	1.448	1.475							
Knotenpunktunfälle (Verkehrsbelastung unbekannt)	157	221	378	405				24,3%	27,6%	26,1%	27,5%
Knotenpunktunfälle (Verkehrsbelastung bekannt)	489	581	1.070	1.070	45,7%	54,3%		75,7%	72,4%	73,9%	72,5%
davon:											
weniger als 5.000 Fzg./Tag in allen Zufahrten	33	79	112		3,1%	7,4%	10,5%	5,1%	9,9%	7,7%	
5.000 - 10.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	68	67	135		6,4%	6,3%	12,6%	10,5%	8,4%	9,3%	
10.000 - 20.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	168	200	368		15,7%	18,7%	34,4%	26,0%	24,9%	25,4%	
20.000 - 50.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	151	166	317		14,1%	15,5%	29,6%	23,4%	20,7%	21,9%	
mehr als 50.000 Fzg./Tag in mind. 1 Zufahrt	69	69	138		6,4%	6,4%	12,9%	10,7%	8,6%	9,5%	

Tab. 4.8: Verkehrsbelastungen an Knotenpunkten [n=1.786] und an Unfallstellen mit bekannter Verkehrsbelastung [n=1.070] im Untersuchungsgebiet (Teilgebiet innerhalb der Grenzen der Landeshauptstadt Hannover)

Bezüglich der Übersichtlichkeit der Unfallknotenpunkte werden zwei Aspekte betrachtet. Zum einen werden die prinzipiellen Sichtbedingungen bei der Annäherung an den Knotenpunkt aus der jeweiligen Zufahrt untersucht und zum anderen die Winkellage der von den einzelnen Unfallbeteiligten genutzten Zufahrten zueinander dargestellt. Die Betrachtung der Sichtbedingungen bezieht sich dabei nicht auf die Sicht zum Unfallzeitpunkt, sondern beschreibt die generelle Einordnung des jeweiligen Knotenpunktes bezüglich eventuell vorhandener Sichteinschränkungen.

Die nach (1) freier Sicht, (2) Sichteinschränkung durch Gebäude, (3) Bewuchs oder (4) parkende Fahrzeuge unterschiedene Einschätzung der Sichtsituation in der Zufahrt zum Knotenpunkt zeigt keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Unfallstelle Einmündung und Kreuzung. Die Sicht auf kreuzende Unfallgegner bei der Annäherung an den Knotenpunkt wird zumeist durch Gebäude oder Bewuchs beeinträchtigt. Der Anteil der Unfallsituationen mit freier Sicht liegt bei lediglich 18 % für kreuzende Unfallgegner von rechts bzw. 23 % für von links kommende Unfallgegner (siehe Bild 4.6 links).

Allgemein lässt sich feststellen, dass für Unfallverursacher in Unfallsituationen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten wesentlich häufiger freie Sicht auf kreuzende Fahrzeuge vorherrscht (45,1 % aller LSA-Knotenpunkte) und die Sichtbedingungen seltener durch Gebäude oder Bewuchs in der unmittelbaren Umgebung beeinträchtigt werden als bei Unfällen an Knotenpunkten mit Schilderregelung (lediglich 8,8 % bzw. 13,0 % der vorfahrtsberechtigten bzw. wartepflichtigen Zufahrten mit freier Sicht auf den Unfallgegner). Die Beeinträchtigung der Sicht durch parkende Fahrzeuge ist besonders in der Annäherung von Unfallverursachern an „rechts vor links“-geregelten Knotenpunkten (40 % aller genutzten Zufahrten von Unfallverursachern an „rechts vor links“-geregelten Knotenpunkten) festzustellen (siehe Bild 4.6 rechts).

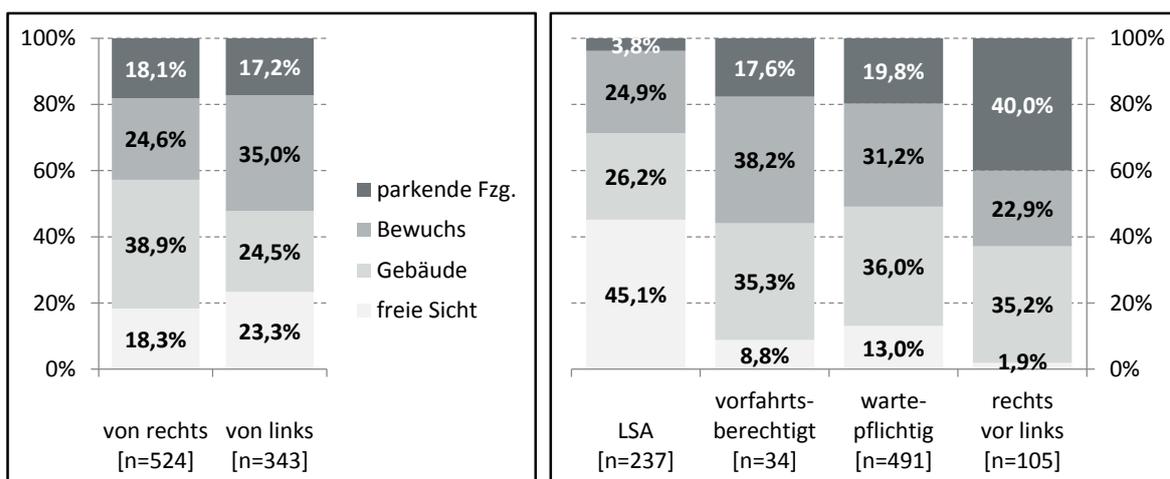


Bild 4.6: Sichtbedingungen des Unfallverursachers auf den von rechts bzw. von links kommende Unfallgegner an Einmündungen und Kreuzungen (Bild links) und Sichtbedingungen des Unfallverursachers auf den kreuzenden Unfallgegner an Kreuzungen und Einmündungen nach Vorfahrtssituation (Bild rechts) innerhalb des Untersuchungsgebietes

Im Rahmen der Untersuchungen von Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen der Unfälle in der GIDAS-Datenbank in Dresden durch HANNAWALD ET AL. [2013] wurde die Charakteristik der Knotenpunkte hinsichtlich der Nutzung von kooperativen Systemen (V2V) zur Erkennung von Unfallgegnern und Versendung von Informationen und Warnungen analysiert. Dabei wurde (unter der Annahme einer festgelegten Time-to-Collision von 2,0 s) festgestellt, dass nur in 46 % aller Unfälle ein ungehinderter Sichtkontakt zwischen beiden Kollisionspartnern und somit optimale Bedingungen für die direkte Übertragung von Informationen herrscht (siehe Bild 4.7).

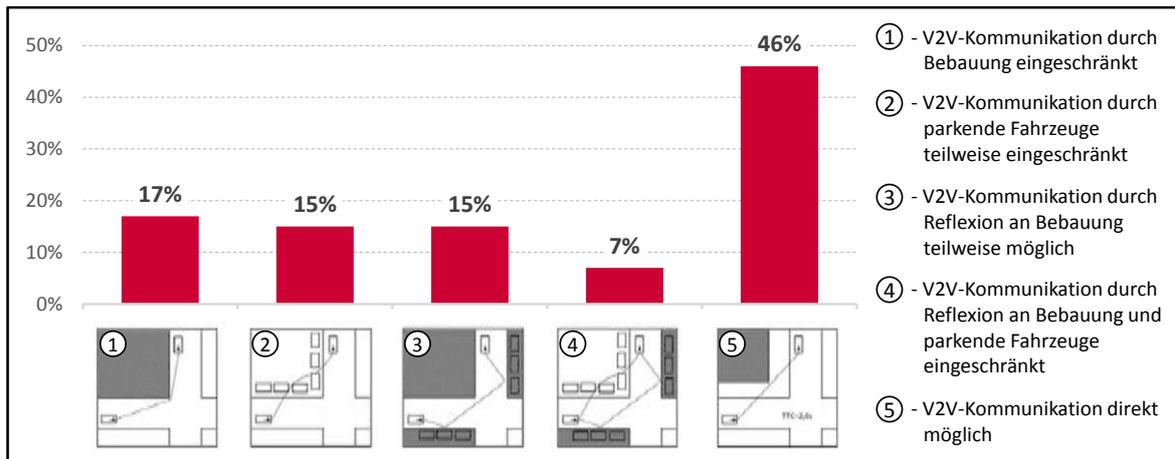


Bild 4.7: Einschätzung der Sichtbedingungen an Unfallknotenpunkten zur Nutzung von V2X-Kommunikation [Eigene Darstellung in Anlehnung an HANNAWALD ET AL. 2013]

In 17 % der Unfälle ist davon auszugehen, dass aufgrund von Bebauung in den jeweiligen Zufahrten eine direkte Übertragung von Informationen nicht gewährleistet werden kann. Für jeweils 15 % aller Knotenpunktunfälle lässt sich eine Beeinflussung der Verbreitung der notwendigen Nachrichten über V2V-Kommunikation durch mögliche Reflexionen der Informationen an vorhandenen Gebäudefronten bzw. durch Einschränkungen aufgrund parkender Fahrzeuge erwarten. In weiteren 7 % der Unfälle an Knotenpunkten liegt eine Situation vor, in der bei der Verwendung von V2V-Kommunikation sowohl mit Reflexionen an Gebäudefronten als auch mit Beeinträchtigungen der Übertragung durch parkende Fahrzeuge zu rechnen ist HANNAWALD ET AL. [2013]. Diese Untersuchung zeigt, dass die Nutzung von V2V-Kommunikation erhebliches Potential zur Beeinflussung der Unfälle an Knotenpunkten besitzt.

Ausgangspunkt für die Betrachtung der Winkellage von Unfallknotenpunkten im Untersuchungsgebiet stellt bei Kreuzungen die Hauptfahrbahn und bei Einmündungen die durchgehenden Straße dar (Definition der Hauptfahrbahn entsprechend *Kapitel 3.3.4*). Der hohe Anteil an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet mit annähernd rechtwinkliger Form spiegelt sich auch in der Häufigkeitsverteilung der Winkellage der Unfallknotenpunkte wider. Etwa die Hälfte der registrierten Unfälle wurde an annähernd rechtwinkligen Kreuzungen bzw. Einmündungen aufgenommen (siehe Tab. 4.9). Im Vergleich zur Verteilung aller Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet ist festzustellen, dass der Anteil von Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen mit spitz- oder stumpfwinkliger Lage der Zufahrten den Anteil

jener Knotenpunkt winkellagen im gesamten Straßennetz des Untersuchungsgebietes übersteigt. Trotz dieser Auffälligkeit zeigt sich keine übermäßige Unfallhäufung an spitz- und stumpfwinkligen Knotenpunkten.

	benachbarte Zufahrt Hauptfahrbahn	Linke Zufahrt			Rechte Zufahrt			gesamt
		spitzwinklig ≤ 70°	rechtwinklig 90 ± 20°	stumpfwinklig ≥ 110°	spitzwinklig ≤ 70°	rechtwinklig 90 ± 20°	stumpfwinklig ≥ 110°	
Unfallkreuzungen [n=802]	rechts abknickend	1,0%	0,1%	1,7%	1,7%	1,1%	0,0%	2,9%
	gerade	20,3%	49,9%	25,7%	23,4%	54,7%	17,7%	95,9%
	linksabknickend	0,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,5%	0,7%	1,2%
	gesamt	22,2%	50,4%	27,4%	25,2%	56,4%	18,5%	
Unfall-einmündungen [n=646]	konvex	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	gerade	22,9%	44,9%	22,6%	22,0%	43,3%	25,1%	90,4%
	konkav	0,8%	3,7%	5,1%	0,5%	4,6%	4,5%	9,6%
	gesamt	23,7%	48,6%	27,7%	22,4%	48,0%	29,6%	

Tab. 4.9: Übersicht der Winkellage von Unfallkreuzungen [n=802] und -einmündungen [n=646] im Untersuchungsgebiet

4.3.2 Charakteristik des Unfallablaufes

Das Unfallgeschehen an Kreuzungen und Einmündungen unterscheidet sich hinsichtlich der Verteilung der Knotenpunktunfallgruppen und Beteiligtenkonstellation deutlich. An Kreuzungen stellen Unfälle mit entgegenkommenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen (*KUG 11*) den größten Anteil (24 %). Weitere Schwerpunkte an Kreuzungen stellen Konflikte mit kreuzenden Fahrzeugen von rechts (20 %) und links (14 %) dar.

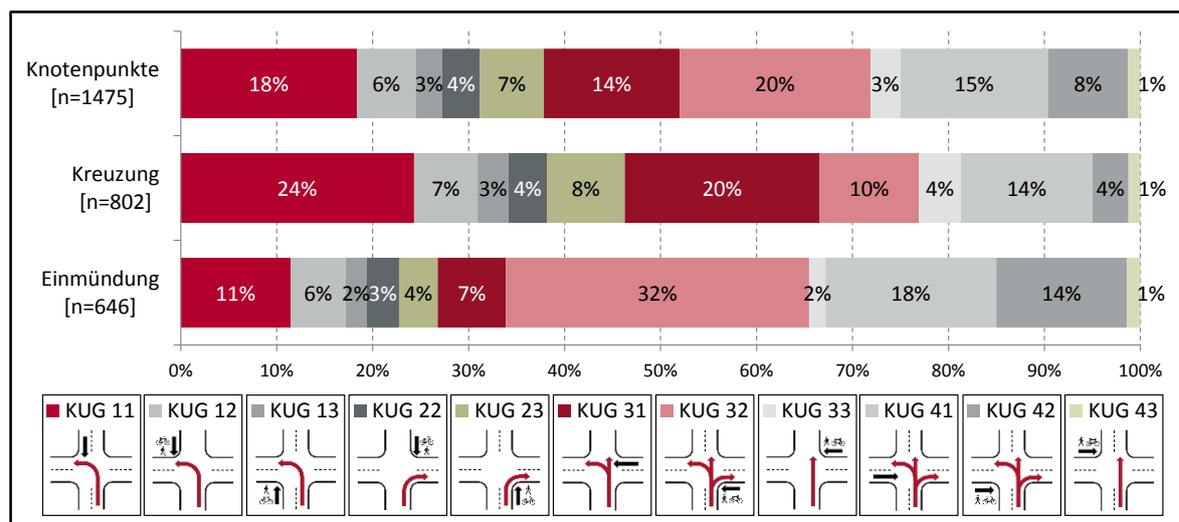


Bild 4.8: Verteilung der Knotenpunktunfallgruppen (KUG) an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet

Das Unfallgeschehen an Einmündungen hingegen ist dominiert durch Unfälle zwischen Fahrzeugen und von rechts kreuzenden Radfahrern bzw. Fußgängern (32 % *KUG 32*). Von links kreuzende Unfallgegner (18 % kreuzende Fahrzeuge, 14 % kreuzende Radfahrer und

Fußgänger) stellen einen weiteren Schwerpunkt im Unfallgeschehen an Einmündungen dar. Linksabbiegekonflikte (11 % *KUG 11*) und Unfälle mit von rechts kommenden Fahrzeugen (7 % *KUG 31*) treten an Einmündungen wesentlich seltener auf als an Kreuzungen (siehe Bild 4.8).

Unfälle mit zwei beteiligten Pkw geschehen an Kreuzungen wesentlich häufiger als an Einmündungen. Hingegen wird das Unfallgeschehen an Einmündungen stark durch den Konflikt zwischen Pkw und Radfahrer geprägt. Unfälle mit Beteiligung von Lkw oder Bussen, sowie Motorrädern sind insgesamt eher selten, ereignen sich im Verhältnis jedoch häufiger an Kreuzungen als an Einmündungen. Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern finden an Kreuzungen und Einmündungen mit einem Anteil von weniger als 10 % in etwa gleicher Häufigkeit statt (siehe Bild 4 9).

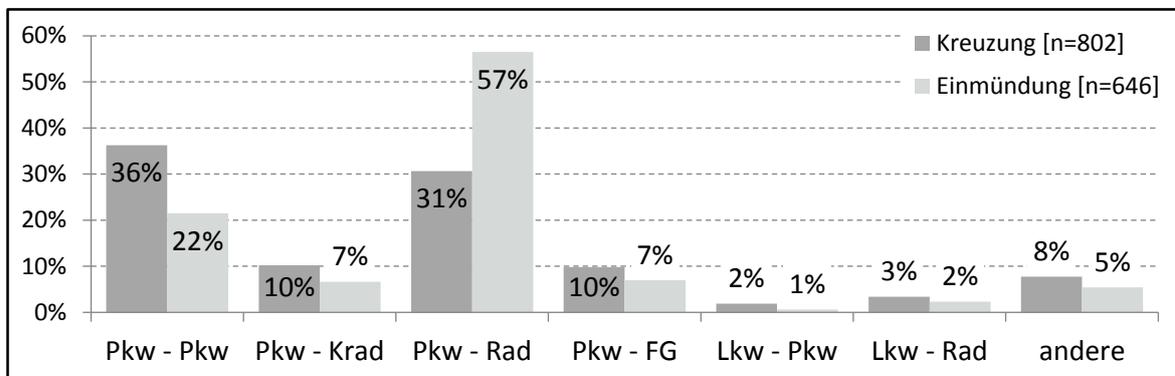


Bild 4 9: Verteilung der Beteiligten-Konstellation an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet

Knotenpunktunfälle außerhalb geschlossener Ortschaften stellen überwiegend Zusammenstöße zwischen zwei motorisierten Beteiligten dar (insgesamt 82 % der Außerorts-Unfälle entfallen auf die *KUG 11*, 31 und 41). Der Anteil der Unfälle bei Dunkelheit und im Dämmerungslicht ist bei Linksabbiegeunfällen bzw. Unfällen mit von links kommendem Unfallgegner besonders hoch (36 % aller Unfälle der *KUG 11*, 49 % der Unfälle der *KUG 13* sowie 33 % aller Unfälle der *KUG 41* ereignen sich nachts oder in der Dämmerung). Hingegen ereignen sich Unfälle mit entgegenkommenden Radfahrern beim Rechtsabbiegen oder von rechts kreuzenden Radfahrern überwiegend bei Tageslicht (nur 15 % der Unfälle der *KUG 23*, 16 % aller Unfälle der *KUG 32* und 18 % der Unfälle der *KUG 33* sind nachts oder in der Dämmerung zu verzeichnen).

Unfälle mit Radfahrerbeteiligung haben am Unfallgeschehen an Einmündungen einen größeren Anteil als am Kreuzungsunfallgeschehen (an 60 % der Unfälle an Einmündungen sind Radfahrer beteiligt, der Anteil im Kreuzungsunfallgeschehen beläuft sich auf 35 %).

Insgesamt sind im Datensatz 680 Unfälle an Knotenpunkten mit Lichtsignalregelung enthalten (sowohl LSA-Regelung für den kompletten Knotenpunkt als auch Fußgänger-LSA in einer der Zufahrten). Davon wurden 199 Unfälle (29 %) durch einen Rotlichtverstoß einer

der beiden Beteiligten hervorgerufen. Annähernd jeder zweite Fußgängerunfall an Knotenpunkten mit LSA (42 %) geschieht aufgrund eines Rotlichtverstoßes des Fußgängers.

Bild 4.10 zeigt die Verteilung der Unfälle bezüglich des Fahrmanövers des Unfallverursachers und der Annäherungsrichtung des Unfallgegners. Dabei ist erkennbar, dass Unfälle beim Linksabbiegen des Unfallverursachers im Knotenpunktunfallgeschehen am häufigsten (40,1 %) auftreten. Rechtsabbiegende Unfallverursacher kommen seltener vor (34,9 %) und das Geradeausfahren an Knotenpunkten ist das Fahrmanöver mit der geringsten Unfallhäufigkeit (24,6 %).

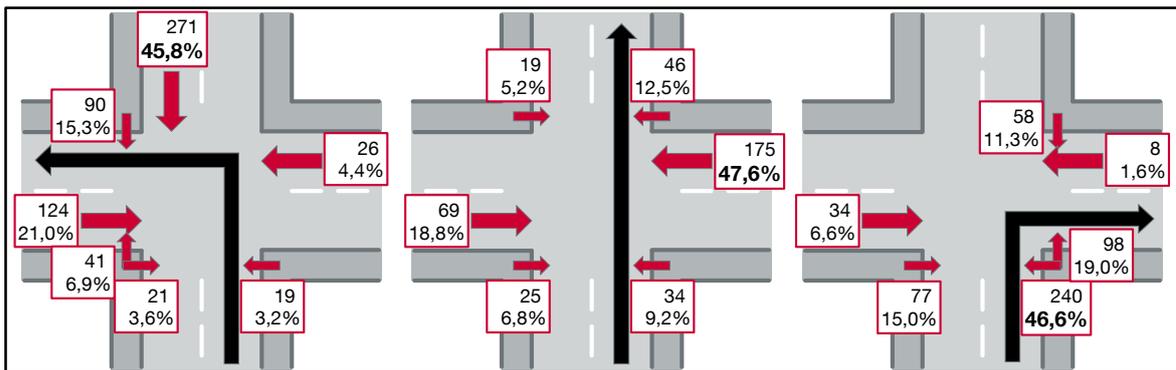


Bild 4.10: Verteilung der Unfallkonstellationen an Knotenpunkten beim Linksabbiegen [n=592], Geradeausfahren [n=368] und Rechtsabbiegen [n=515]

Beim Linksabbiegen stellen sich entgegenkommende geradeausfahrende Fahrzeuge als häufigster Unfallgegner heraus (46 % aller Linksabbiegeunfälle) und 71 % der Linksabbiegeunfälle ereignen sich mit einem motorisierten Unfallgegner. Der Anteil von Unfällen mit entgegenkommenden Radfahrern und Fußgängern (15 %) ist beim Linksabbiegen größer als der Anteil von Konflikten mit parallel fahrenden Radfahrern und Fußgängern (7 %).

Für rechtsabbiegende Unfallverursacher sind vor allem von rechts kommende Radfahrer und Fußgänger gefährlich (47 % aller Unfälle beim Rechtsabbiegen). Insgesamt stellen Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern beim Rechtsabbiegen mehr als 90 % der Unfälle dar. Rechtsabbiegende Fahrzeuge kollidieren häufiger mit in gleicher Richtung fahrenden (18 %) als mit entgegenkommenden Radfahrern und Fußgängern (11 %).

Insgesamt zwei Drittel der verunfallten Geradeausfahrer kollidierten mit einem anderen motorisierten Fahrzeug. Von rechts kommende Fahrzeuge weisen dabei die größte Unfallgefahr auf (48 % aller Unfälle mit geradeausfahrendem Unfallverursacher). Bei Konflikten mit Radfahrern und Fußgängern nähern diese sich häufiger von rechts (22 %) als von links (12 %).

Der Vergleich der Fahrmanöver im Knotenpunktunfallgeschehen mit der Verteilung der Fahrmanöver im Verkehrsgeschehen am Knotenpunkt (siehe *Kapitel 2.5*) zeigt, dass die verhältnismäßig seltenen Abbiegemanöver bei innerstädtischen Fahrten einen Großteil der Unfallsituationen an Knotenpunkten darstellen. Nach FASTENMEIER [1995] wird nur an jedem fünften Knotenpunkt rechts oder links abgelenkt, es ereignen sich jedoch 75 % aller

Unfälle an Knotenpunkten beim Abbiegen. Der Unterstützung des Fahrers in Abbiegesituationen kommt somit eine wesentlich wichtigere Bedeutung zu als der Assistenz beim Kreuzen von Knotenpunkten.

4.3.2.1 Kreuzungsunfallgeschehen

An 40 % der Kreuzungen im Untersuchungsgebiet wurde innerhalb des Erhebungszeitraumes mindestens ein Unfall im Datensatz verzeichnet. An Kreuzungsunfällen sind, wie an Knotenpunktunfällen insgesamt, größtenteils linksabbiegende Unfallverursacher (41 %) beteiligt. Unfälle beim Rechtsabbiegen ereignen sich an Kreuzungen seltener (23 %) als im gesamten Knotenpunktunfallgeschehen (34 %).

Die Unfälle an Kreuzungen ereignen sich hauptsächlich an Lichtsignalanlagen (65 %). Die Hälfte aller Unfälle an lichtsignalgeregelten Kreuzungen betrifft dabei linksabbiegende Verkehrsteilnehmer. Darüber hinaus treten an Kreuzungen mit LSA-Regelung häufiger Unfälle mit Gegnern von rechts auf (22 % der Unfälle in den KUG 31 - 33), als mit Unfallgegnern von links (nur 14 % in den KUG 41 - 43).

An schildergeregelten Kreuzungen stellen kreuzende Fahrzeuge (20 % der Unfälle in der KUG 31, 32 % in der KUG 41) sowie von rechts kreuzende Radfahrer und Fußgänger (25 % in der KUG 32) den Hauptteil der Unfälle dar. Kollisionen mit Fahrzeugen des Gegenverkehrs kommen an schildergeregelten Kreuzungen vergleichsweise selten vor (11 % in der KUG 11). Unfälle an Kreuzungen mit „rechts vor links“-Regelung haben einen Anteil von nur 10 % im Kreuzungsunfallgeschehen (siehe Bild 4.11).

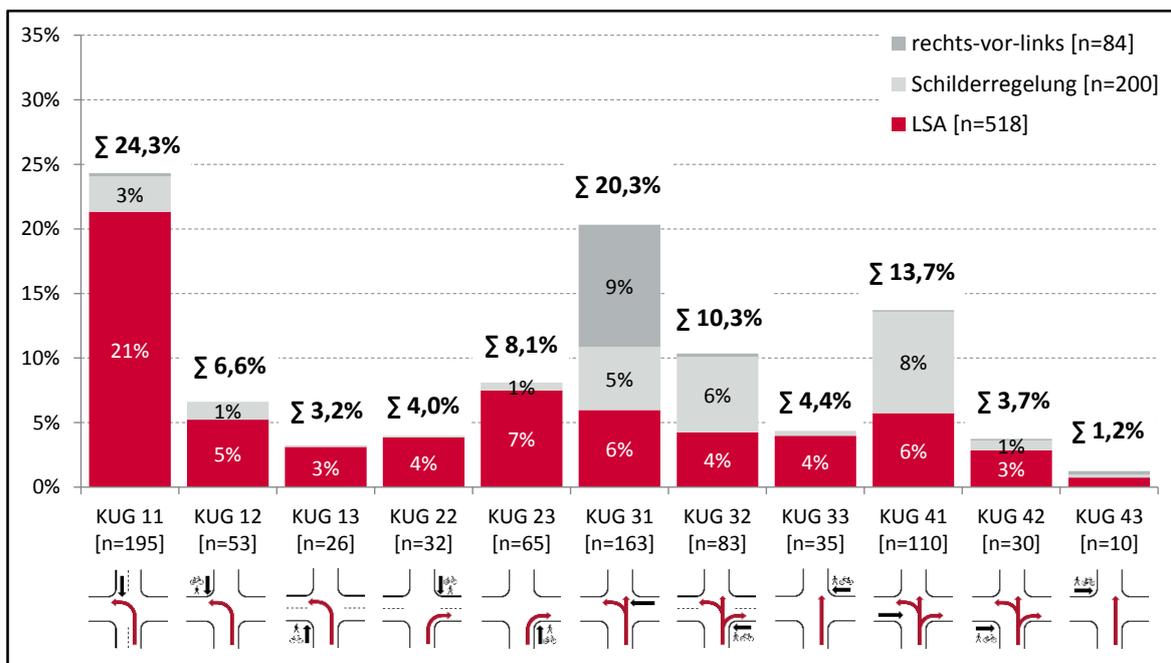


Bild 4.11: Verteilung der Unfälle an Kreuzungen im Untersuchungsgebiet [n=802] hinsichtlich Knotenpunktunfallgruppe und Vorfahrtsregelung

4.3.2.2 Einmündungsunfallgeschehen

Insgesamt ist für etwa jede zehnte Einmündung im Untersuchungsgebiet mindestens ein Unfall im betrachteten Datensatz enthalten. Dabei geschieht fast die Hälfte aller Einmündungsunfälle beim Rechtsabbiegen (47 %) und nur einen geringen Anteil von 12 % stellen geradeausfahrende Unfallverursacher. Das Unfallgeschehen an Einmündungen ist dominiert durch die Schilderregelung (71 % aller Einmündungsunfälle). Besonders häufig treten dabei Unfälle mit von rechts kreuzenden Radfahrern und Fußgängern, die den Rad- bzw. Fußweg nutzen, auf (41 % aller Unfälle an schildergeregelten Einmündungen entsprechen der *KUG 32*). Kreuzt ein Unfallgegner von links, so ist dies zumeist ein Fahrzeug auf der Fahrbahn (22 % der Einmündungsunfälle mit Schilderregelung entfallen auf die *KUG 41*), wohingegen von links kreuzende Radfahrer und Fußgänger an schildergeregelten Einmündungen eine geringere Unfallhäufigkeit aufweisen (13 % der Unfälle in der *KUG 42*). An den lichtsignalgeregelten Einmündungen kommt es vermehrt zu Kollisionen mit entgegenkommenden Unfallgegnern beim Linksabbiegen (37 % der Unfälle an LSA-Einmündungen entfallen auf die *KUG 11, 12* oder *13*). Der Anteil von Einmündungsunfällen mit „rechts vor links“-Regelung beläuft sich lediglich auf 5 % (siehe Bild 4.12).

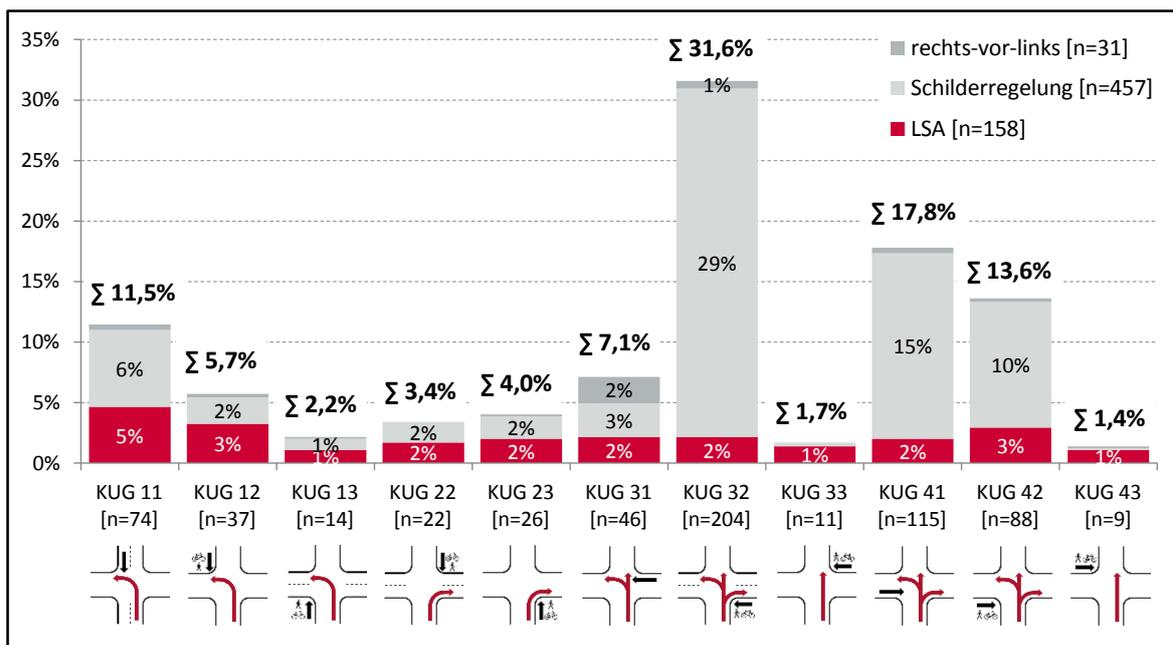


Bild 4.12: Verteilung der Unfälle an Einmündungen im Untersuchungsgebiet [n=646] hinsichtlich Knotenpunktunfallgruppe und Vorfahrtsregelung

4.3.2.3 Fahrzeug-Fahrrad-Unfallgeschehen

Unfälle mit der Beteiligung von Fahrzeugen und Radfahrern ereignen sich überwiegend an schildergeregelten Knotenpunkten (58 % aller Fahrzeug-Rad-Unfälle). Dominant sind dabei Konflikte mit kreuzenden Radfahrern, (38 % aller Fahrzeug-Rad-Unfälle entfallen auf die *KUG 32* und 16 % entsprechen der *KUG 42*). Kreuzende Radfahrer werden an schildergeregelten Knotenpunkten besonders häufig beim Rechtsabbiegen übersehen (67 %

aller Fahrzeug-Rad-Konflikte an Knotenpunkten mit Schilderregelung). Ein Drittel der kreuzenden Radfahrer hat den Radweg dabei verbotswidrig entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung genutzt. Unfälle mit parallel fahrenden oder entgegenkommenden Radfahrern treten vermehrt an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten auf (24 % aller Fahrzeug-Rad-Unfälle an LSA-geregelten Knotenpunkten entsprechen den KUG 12, 13, 22 oder 23). Lediglich 5 % der Fahrzeug-Fahrrad-Unfälle ereignen sich an „rechts vor links“-geregelten Knotenpunkten und spielen damit im Fahrzeug-Rad-Unfallgeschehen nur eine untergeordnete Rolle (siehe Bild 4.13).

Bei einer Vielzahl der Fahrzeug-Fahrrad-Unfälle (58 %) sind keine Radwege bzw. keine markierten Radüberwege vorhanden. Ist am Unfallknotenpunkt ein markierter Überweg vorhanden, so ist dieser überwiegend als nicht abgesetzte Radfahrerfurt ausgeführt (30 % aller Fahrzeug-Fahrrad-Unfälle). Auch bei Unfällen mit Radfahrern ist die Sicht auf den Radfahrer als Unfallgegner bei der Annäherung an den Knotenpunkt zumeist durch Gebäude oder Bewuchs beeinträchtigt. Nur in jedem fünften Unfall mit kreuzendem Radfahrer weist die vom Fahrzeug genutzte Zufahrt freie Sicht auf die Annäherungsrichtung des Radfahrers auf.

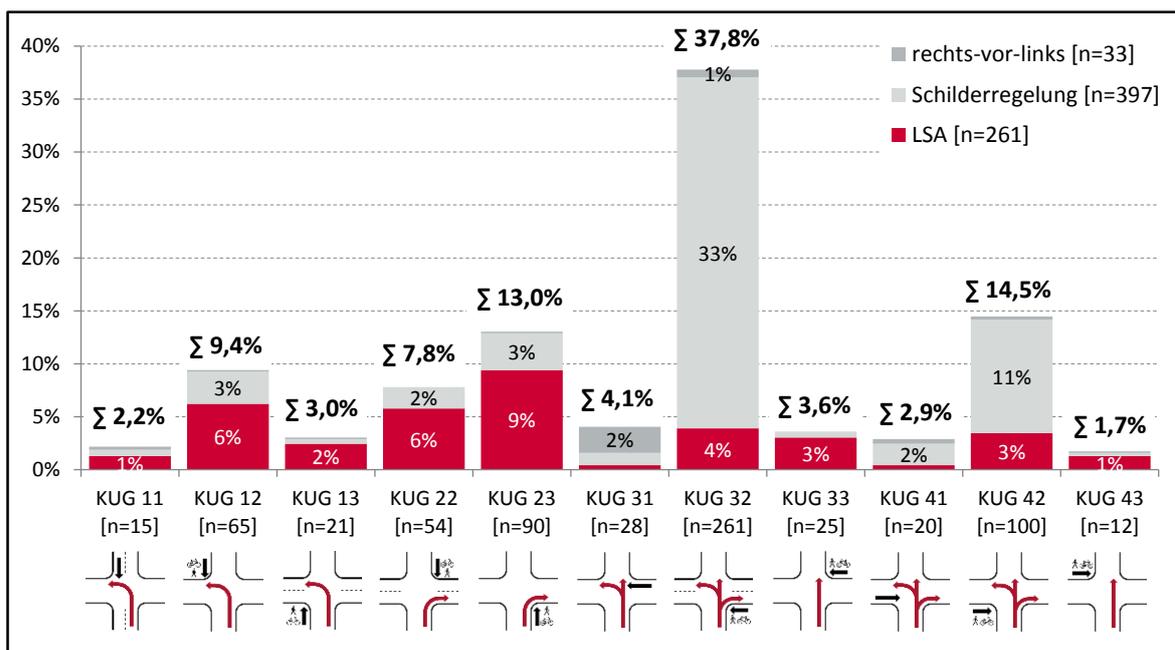


Bild 4.13: Verteilung der Unfälle zwischen Fahrzeug und Fahrrad [n=691] an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet hinsichtlich Knotenpunktunfallgruppe und Vorfahrtsregelung

4.3.3 Charakteristik der Unfallschwere und -folgen

Die Unfallschwere von Knotenpunktunfällen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit aus medizinischer (Verletzungsschwere der beteiligten Personen) und physikalischer Sicht (Schäden an den beteiligten Fahrzeugen bzw. zugrundeliegende Geschwindigkeiten) beleuchtet. Die Erkenntnisse der entsprechenden Analysen werden in den folgenden beiden Abschnitten dargestellt.

4.3.3.1 Medizinische Unfallschwere

Im betrachteten Unfalldatensatz des Untersuchungsgebietes sind 15 Unfälle mit Getöteten (mit insgesamt 16 Verkehrstoten) enthalten. Dabei handelt es sich um 7 Einmündungsunfälle und 8 Unfälle an Kreuzungen. Bei tödlichen Unfällen an Einmündungen starben vier Motorradfahrer, ein Radfahrer, zwei Fußgänger und ein Pkw-Insasse. Als getötete Verkehrsteilnehmer an Kreuzungen waren ein Pkw-Insasse, ein Motorradfahrer, sowie zwei Radfahrer und vier Fußgänger zu verzeichnen.

Nach den amtlichen Angaben zur Verletzungsschwere der Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet handelt es sich bei 1 % um Unfälle mit Getöteten, in 18 % der Unfälle wird mindestens eine Person schwer verletzt und in 81 % der Unfälle tragen die beteiligten Personen maximal leichte Verletzungen davon. Etwa die Hälfte der an den Knotenpunktunfällen im Untersuchungsgebiet beteiligten Personen (sowohl Fahrer als auch In- und Aufsassen) bleiben beim Unfall unverletzt. Fahrer und Insassen des beteiligten Unfallgegners werden bei den betrachteten Knotenpunktunfällen insgesamt häufiger und tendenziell stärker verletzt als die Unfallverursacher und deren Mitfahrer. Der Vergleich der Verletzungsschwere bei Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen zeigt nur geringfügige Unterschiede. An Kreuzungen ereignen sich mehr tödliche Fußgänger-Unfälle und Radfahrerunfälle an Kreuzungen weisen eine höhere Unfallschwere auf als an Einmündungen. Wohingegen Unfälle zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen an Einmündungen schwerere Unfallfolgen nach sich ziehen (siehe Bild 4.14).

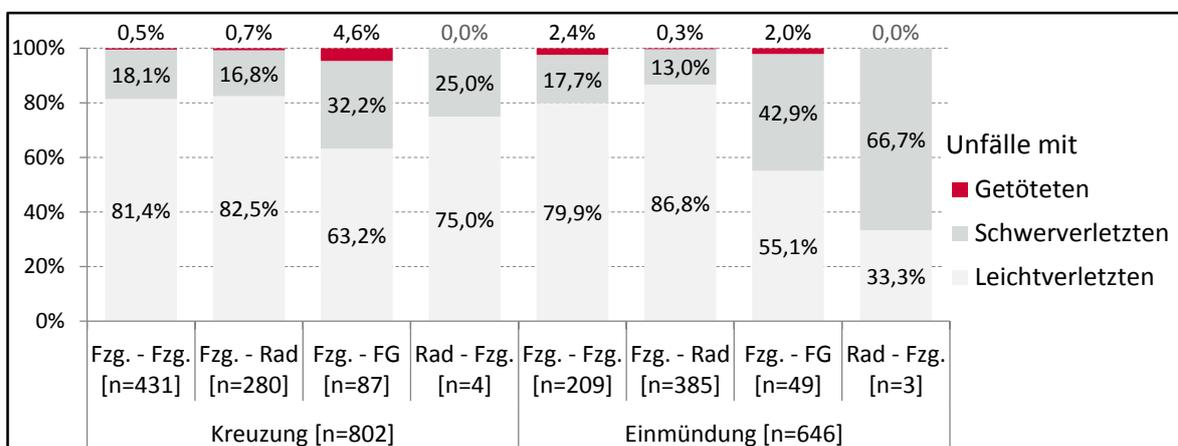


Bild 4.14: Amtliche Unfallschwere an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet

Neben der amtlichen Klassifizierung der Verletzungsschwere der beteiligten Personen werden im Rahmen der GIDAS-Unfallaufnahme auch alle Einzelverletzungen dokumentiert. Dabei wird die Schwere jeder dieser Einzelverletzungen anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS) bewertet. Grundlage der 7-stufigen Bewertungsskala (AIS 0 bis AIS 6) stellt die Sterblichkeitsrate bzw. die Überlebenswahrscheinlichkeit der jeweiligen Einzelverletzung dar. Die Zuordnung einzelner Verletzungsschweren wird kontinuierlich durch Experten überprüft und entsprechend des Standes der Medizintechnik angepasst [AAAM 2013]. Als aussagekräftiger Wert bzgl. der Verletzungsschwere einer FG existieren verschiedene

Modelle. Innerhalb dieser Arbeit wird dabei das Maximum der AIS-Werte aller Einzelverletzungen (*MAIS* - Maximal Abbreviated Injury Scale) einer Person genutzt. Im Rahmen dieser Untersuchung wird der maximale MAIS-Wert aller Personen eines Unfallbeteiligten, im Folgenden als *Beteiligten-MAIS* bezeichnet, in den Auswertungen herangezogen.

Bei Unfällen zwischen zwei Fahrzeugen an Knotenpunkten verletzen sich verhältnismäßig mehr Personen des Unfallgegners als beteiligte Personen des Unfallverursachers. Im Fahrzeug-Fahrrad-Unfallgeschehen macht sich der geringe Schutz der Radfahrer bemerkbar. Nur in weniger als 5 % der Unfälle bleibt der Radfahrer unverletzt. Fahrzeuginsassen werden bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung hingegen nur sehr selten verletzt. Noch deutlicher zeigt sich die hohe Verletzlichkeit ungeschützter Verkehrsteilnehmer bei der Betrachtung des Fahrzeug-Fußgänger-Unfallgeschehens. Hierbei sind tragen insgesamt 10 % der Fußgänger schwere oder schwerste Verletzungen davon (vgl. Bild 4.15).

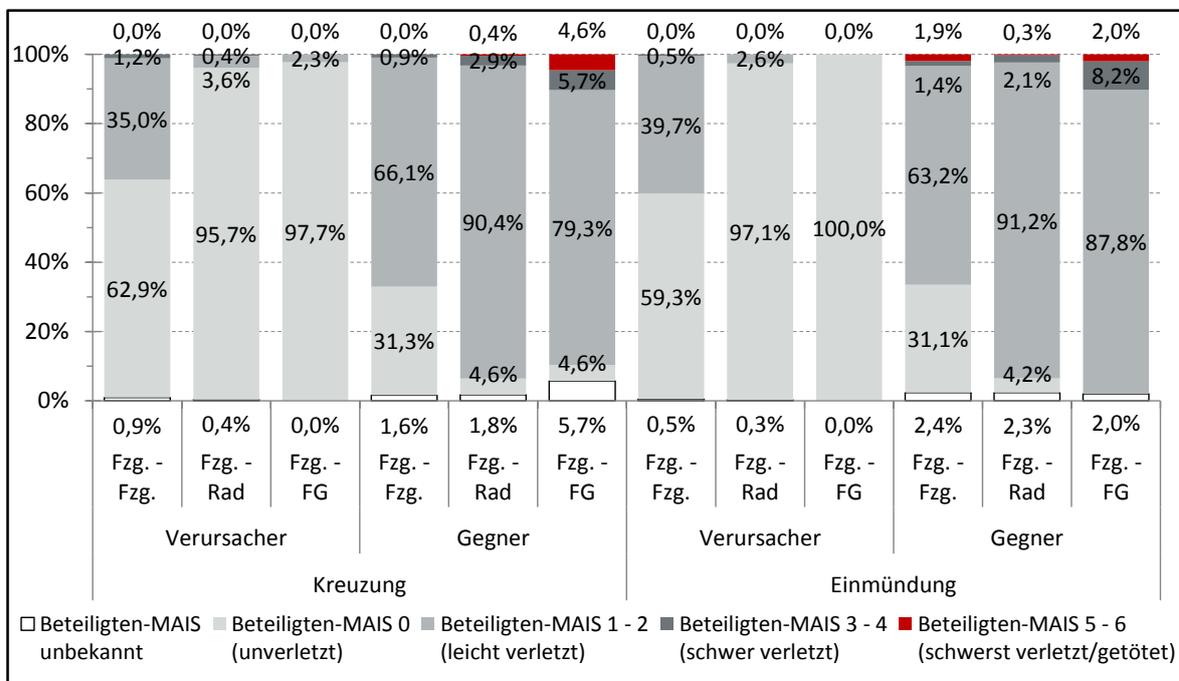


Bild 4.15: Verletzungsschwere von Unfallverursacher und -gegner nach AIS-Klassifizierung bei Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet

Unfälle mit Radfahrern und Fußgängern, die die Straße auf der gegenüberliegenden Seite kreuzen (*KUG 33* und *43*) weisen im Mittel schwerere Unfallfolgen auf als Unfälle anderer Kreuzungsunfallgruppen. Insgesamt zeigt sich, dass die Unfallschwere mit Unfallgegnern von links (*KUG 41 - 43*) größer ist als bei Unfällen mit von rechts kommenden Gegnern (*KUG 31 - 33*). Innerhalb der Knotenpunktunfälle zwischen zwei Fahrzeugen zeigt sich, dass Unfälle mit Linksabbiegern und Gegenverkehr (*KUG 11*) eine tendenziell höhere Unfallschwere aufweisen (siehe Bild 4.16).

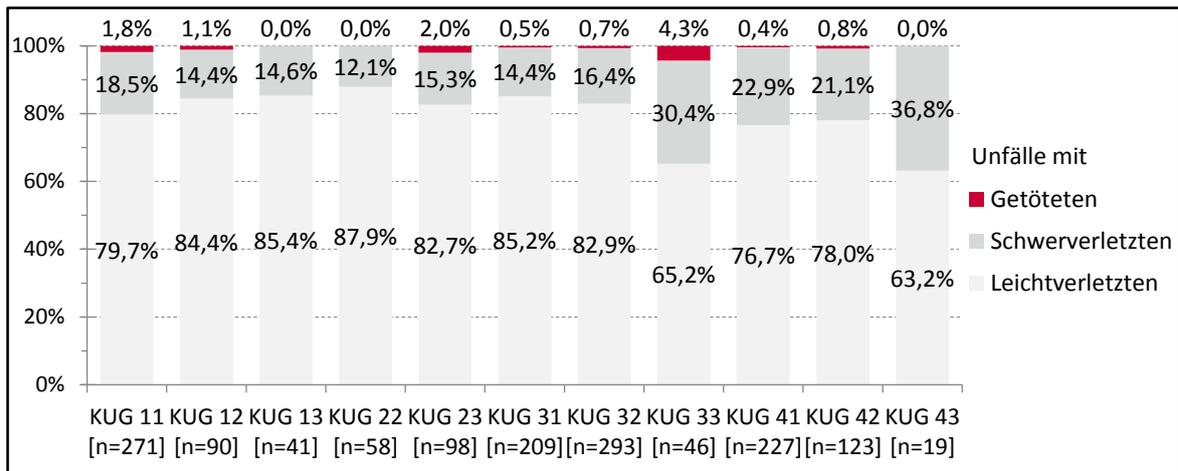


Bild 4.16: Amtliche Unfallschwere der Unfälle verschiedener Knotenpunktunfallgruppen (KUG) im Untersuchungsgebiet

4.3.3.2 Physikalische Unfallschwere

Zur physikalischen Beschreibung der Unfallschwere werden die Werte der Unfallrekonstruktion aus der GIDAS-Datenbank herangezogen. Neben der Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit der beteiligten Verkehrsteilnehmer werden unter anderen die mittlere Bremsverzögerungen und der benötigte Bremsweg in der Datenbank abgelegt [GIDAS 2012A].

Die Geschwindigkeitsdifferenz Δv (DV) einer Kollision stellt eine aussagekräftige Größe für Unfälle zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen dar. Unter Δv (DV) ist die vektorielle Geschwindigkeitsdifferenz (Auslauf minus Einlauf) während der Kollision zu verstehen [GIDAS 2012A]. Zusätzlich lässt sich die Kollisionsschwere anhand der energie-äquivalenten Geschwindigkeit (EES - Energy Equivalent Speed) beurteilen. EES ist eine theoretische Größe, die dazu dient, das Maß an Deformationsarbeit, das ein Fahrzeug bei einem Zusammenstoß geleistet hat, zu beschreiben. Sie ist gleichzusetzen mit der Kollisionsgeschwindigkeit, die das betrachtete Fahrzeug bei einer Kollision gegen eine undeformierbare starre Barriere (bei der in der Kollision sämtliche Energie in Verformungsarbeit umgesetzt wird) benötigt, um das gleiche Schadensbild, wie im betrachteten Unfall zu erreichen [GIDAS 2012A]. Da für Kollisionen von Fahrzeugen mit Zweirädern und Fußgängern keine sinnvollen Werte für DV und EES zu ermitteln sind, wird in diesen Fällen die Kollisionsgeschwindigkeit zur Beschreibung der Unfallschwere herangezogen [BURG ET AL. 2009].

Für 79 % aller relevanten Knotenpunktunfälle sind die Rekonstruktionswerte bekannt und vollständig codiert. Die Analyse der EES -Werte zeigen für Fahrzeug-Fahrzeug-Kollisionen keine nennenswerten Unterschiede zwischen Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen. Hinsichtlich der verschiedenen Knotenpunktunfallgruppen lässt sich hingegen ein Einfluss auf die Unfallschwere erkennen (siehe Bild 4.17).

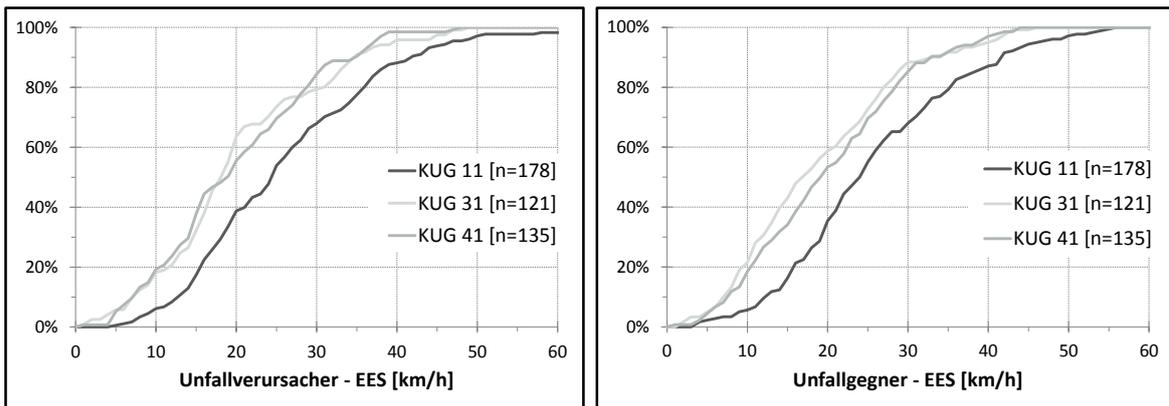


Bild 4.17: Kumulative Verteilung der EES-Werte der Unfallverursacher (links) und Unfallgegner (rechts) bei Fahrzeug-Fahrzeug-Unfällen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet

Unfälle zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Fahrzeugen (*KUG 11*) ziehen insgesamt die schwersten Unfallfolgen nach sich. Sowohl für den Verursacher als auch für den Gegner zeigen sich als Konsequenz der Kollision im Mittel höhere *EES*-Werte, als bei Unfallkonstellationen mit kreuzenden Fahrzeugen (*KUG 31* und *41*). 50 % aller Kollisionen bei Unfällen der *KUG 11* ereignen sich mit *EES*-Werten größer 25 km/h, für Kollisionen mit kreuzenden Fahrzeugen von rechts und links (*KUG 31* und *41*) sind bei der Hälfte der Unfälle *EES*-Werte kleiner 20 km/h zu verzeichnen.

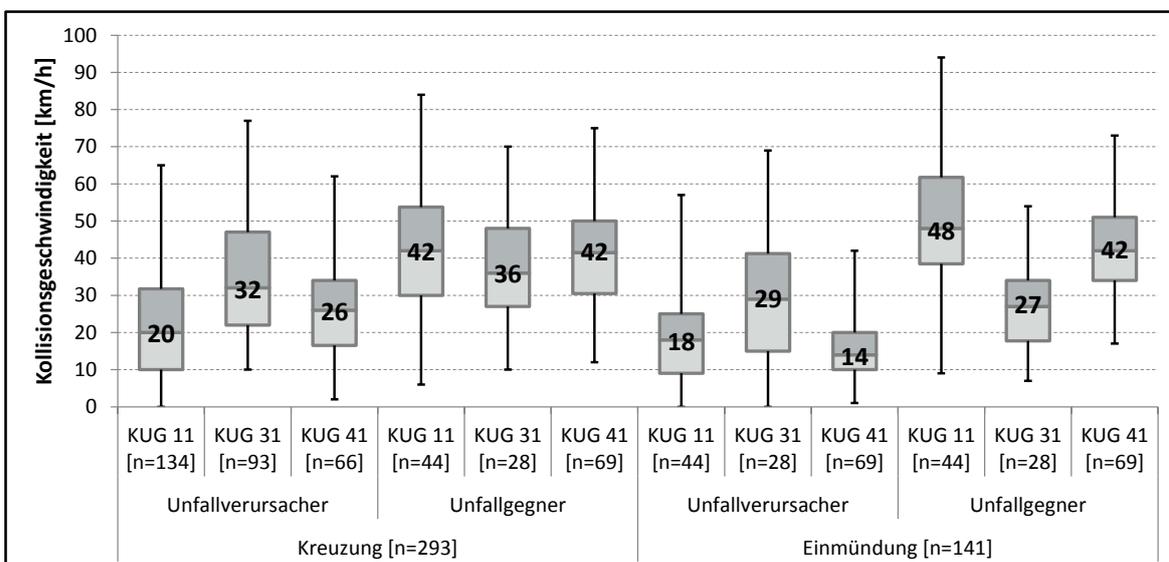


Bild 4.18: Kollisionsgeschwindigkeiten von Unfallverursacher und Unfallgegner bei Unfällen zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet (Boxplot 75 %-Quantil, Median, 25 %-Quantil mit Whisker 97,5 %- und 2,5 %-Quantil)

Im Unfallgeschehen zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen weisen Unfälle mit entgegenkommendem Unfallgegner (*KUG 11*) mit Kollisionsgeschwindigkeiten von im Mittel 42 km/h an Kreuzungen bzw. 48 km/h an Einmündungen insgesamt höhere Werte auf als Unfälle mit Fahrzeugen aus kreuzenden Richtungen (siehe Bild 4.18). Von links kommende Unfallgegner (*KUG 41*) rufen im Durchschnitt größere Schäden an den Fahrzeugen hervor als

kreuzende Fahrzeuge von rechts, da sowohl die *EES*-Werte in der Kollision tendenziell höher sind (vgl. Bild 4.17) als auch die Kollisionsgeschwindigkeiten der Unfallgegner auf einem höheren Niveau liegen.

Bei Unfällen der *KUG 41* weisen die Unfallgegner tendenziell höhere Kollisionsgeschwindigkeiten (Median 42 km/h) auf als die Unfallverursacher (Median 26 km/h an Kreuzungen; 14 km/h an Einmündungen). Wohingegen die Kollisionsgeschwindigkeiten bei Unfällen mit Fahrzeugen von rechts (*KUG 31*) für Unfallverursacher und -gegner auf vergleichbarem Niveau liegen (32 km/h und 36 km/h für Unfallverursacher und -gegner an Kreuzungen sowie 29 km/h und 27 km/h für Unfallbeteiligte an Einmündungen) (vgl. Bild 4.18).

Im Unfallgeschehen zwischen Fahrzeugen und Fahrrädern zeigen sich ebenfalls charakteristische Unterschiede hinsichtlich der Knotenpunktunfallgruppen (siehe Bild 4.19). So sind Unfällen zwischen abbiegenden Fahrzeugen und parallel fahrenden Fahrradfahrern (*KUG 11-13* und *KUG 22-23*) durch geringere Kollisionsgeschwindigkeiten geprägt als Unfälle mit Radfahrern aus kreuzender Richtung (*KUG 31-33* und *KUG 41-43*). 50 % der Unfälle bei denen ein abbiegendes Fahrzeug und einem parallel fahrenden Fahrradfahrer kollidiert, ereignen sich bei Kollisionsgeschwindigkeiten kleiner 17 km/h. Unfälle mit kreuzenden Radfahrern geschehen in der Hälfte aller Fälle mit Kollisionsgeschwindigkeiten größer als 14 km/h. Begründet liegen diese Unterschiede in den ohnehin geringeren Fahrtgeschwindigkeiten beim Abbiegen.

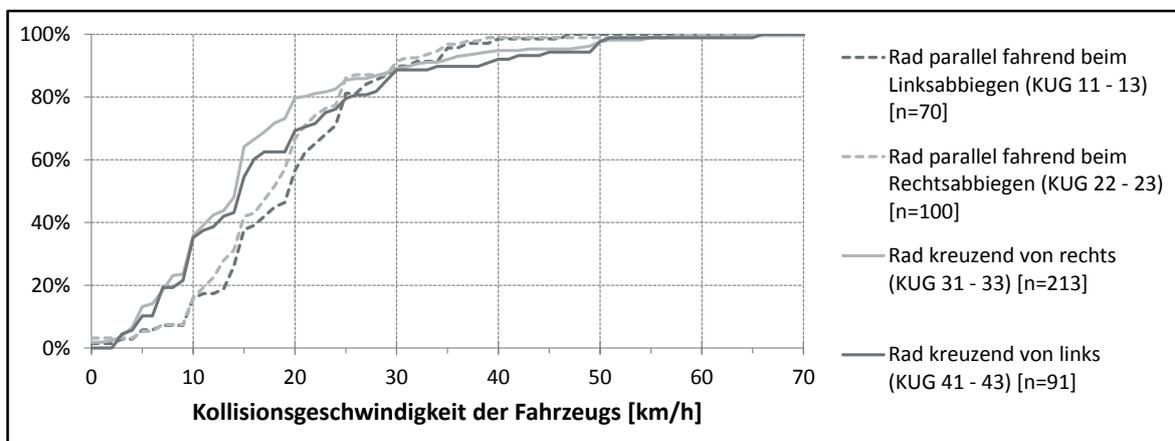


Bild 4.19: Häufigkeit der Kollisionsgeschwindigkeit unfallverursachender motorisierter Fahrzeuge bei Fahrzeug-Fahrrad-Unfällen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet

Besonders bei Kollisionen mit kreuzenden Radfahrern zeigt sich für die Betrachtung des unfallverursachenden Fahrzeuges, dass in Fällen, in denen der Radfahrer den Radweg genutzt hat, geringere Kollisionsgeschwindigkeiten zu verzeichnen sind, als bei Unfällen bei denen der Radfahrer auf der Fahrbahn unterwegs war. In Fällen, in denen der Radfahrer die Fahrbahn auf der gegenüberliegenden Straßenseite überquert hat (*KUG 33* und *43*), sind die höchsten Kollisionsgeschwindigkeiten zu beobachten. Als Grund ist hierbei der Beschleunigungsvorgang des Fahrzeuges nach dem Überqueren des Knotenpunktes zu vermuten.

4.3.4 Charakteristik des Fahrerverhaltens und der Fahrerreaktion

An Knotenpunktunfällen im Untersuchungsgebiet sind annähernd doppelt so viele Männer wie Frauen beteiligt (sowohl als Unfallverursacher als auch als Unfallgegner). Männer stellen 69 % der Unfallverursacher dar. Im Vergleich zum bundesdeutschen Unfallgeschehen ist die Dominanz der Männer als Unfallverursacher im betrachteten Unfalldatensatz etwa vergleichbar, 67 % aller Hauptverursacher von Personenschadensunfällen im Jahr 2012 waren Männer (DESTATIS 2013B). Der Anteil junger Unfallverursacher (im Alter unter 25 Jahren) von Knotenpunktunfällen beläuft sich auf 16 % wohingegen bundesweit 26 % aller Unfälle durch Fahrer dieser Altersgruppe verursacht werden. Ältere Fahrer (65 Jahre und älter) sind an 11 % der Knotenpunktunfälle als Unfallverursacher beteiligt und somit in ähnlicher Häufigkeit (13 %) wie im Gesamtunfallgeschehen (siehe Bild 4.20). Das Durchschnittsalter der Unfallverursacher im Knotenpunktunfallgeschehen liegt bei 42,7 Jahren. Unfallgegner sind im Mittel etwas jünger (Durchschnittsalter 40,2 Jahre).

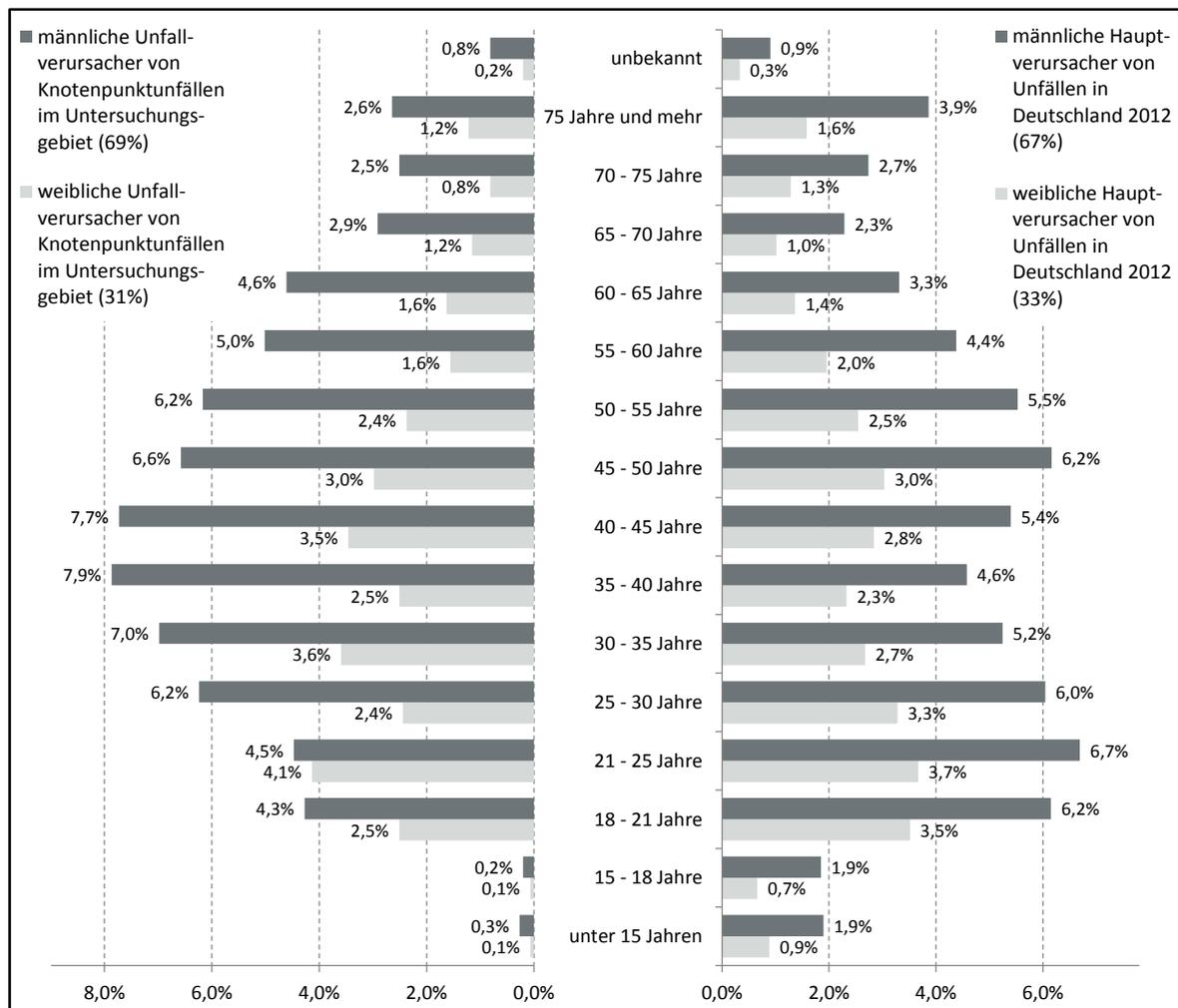


Bild 4.20: Altersgruppe und Geschlecht von Unfallverursachern im Knotenpunktunfallgeschehen im Untersuchungsgebiet [n=1.475] (links) [GIDAS-UNFALLDATENBANK 2012] und im gesamtdeutschen Unfallgeschehen mit Personenschaden 2012 [n=299.637] (rechts) [DESTATIS 2013B]

Ein Großteil der analysierten Knotenpunktunfälle ereignet sich in für die Beteiligten bekannter Umgebung. Aus den Angaben der Unfallbeteiligten im Interview geht hervor, dass insgesamt 59 % der Unfallverursacher die Unfallstelle regelmäßig befahren („täglich“ oder „mehrmals wöchentlich“), nur 5% sind ortsfremd („waren noch nie an der Unfallstelle“). Sogar mehr als 70 % der Unfallgegner kennen die Unfallstelle und befahren diese regelmäßig. Die fehlende Kenntnis der Vorfahrtsregelung am Unfallknotenpunkt kann daher in den meisten Fällen ausgeschlossen werden. Dementsprechend lässt ein mögliches Assistenzsystem, welches mit einem aktivierten Navigationssystem gekoppelt ist, eine eher geringe Wirkung erwarten.

Aus den Angaben der Beteiligten lassen sich darüber hinaus Informationen zur Reaktion des Fahrers vor bzw. während der Kollision entnehmen. So gibt mehr als die Hälfte der Unfallverursacher an, nicht reagiert zu haben. 35 % haben demnach gebremst und nur 2 % versuchten den Unfall durch eine Lenkreaktion zu vermeiden. Eine ähnliche Verteilung ist bei den Unfallgegnern zu erkennen: 43 % zeigen keine Reaktion, in 31 % der Fälle wurde gebremst und jeder Fünfte Unfallgegner versuchte der Kollision auszuweichen.

Weiterhin zeigt sich aus den Angaben der Unfallbeteiligten, dass insgesamt nur jeder zweite Verursacher den entsprechenden Unfallgegner vor dem Zusammenstoß bewusst wahrgenommen hat. Besonders häufig werden nach Aussage der Unfallverursacher parallel fahrende Radfahrer beim Rechtsabbiegen (*KUG 23*) übersehen. Zumeist wird der Radfahrer in diesen Unfallsituationen erst bei der Kollision wahrgenommen (siehe Bild 4.21). Bei Unfällen mit kreuzenden Fahrzeugen (*KUG 31* und *41*) sowie Unfällen mit entgegengerichteten Fahrzeugen beim Linksabbiegen (*KUG 11*) werden die Gegner hingegen nach eigenen Angaben oftmals deutlich wahrgenommen. Insgesamt werden Radfahrer als Unfallgegner häufiger nicht wahrgenommen als andere Fahrzeuge.

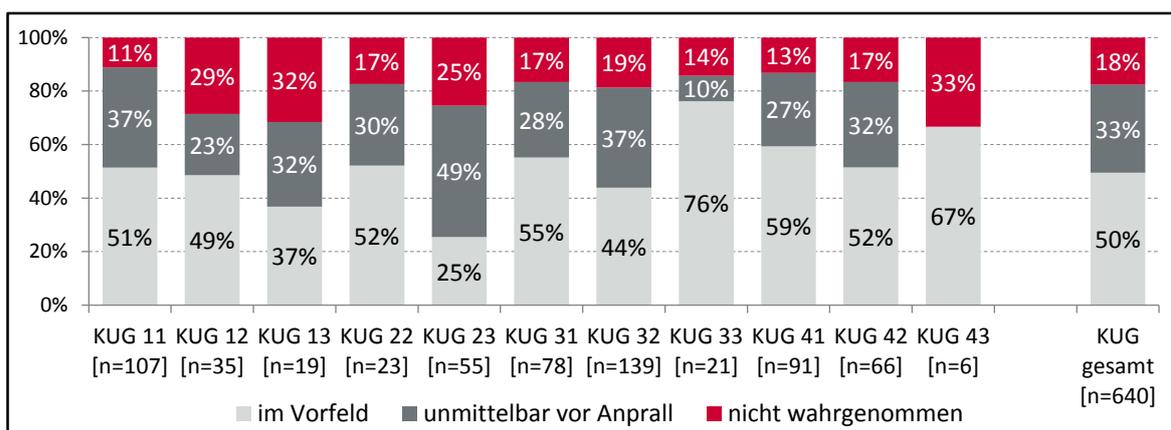


Bild 4.21: Wahrnehmung des Unfallgegners durch den Unfallverursacher [GIDAS-UNFALLDATENBANK 2012]

4.3.5 Charakteristik der Unfallursachen

Als Unfallursachen sind bei Knotenpunktunfällen im Untersuchungsgebiet von den aufnehmenden Polizeibehörden überwiegend das „Nichtbeachten der Vorfahrtsregelung“ und „Fehler beim Abbiegen“ als Hauptunfallursache angegeben worden. Sowohl für Unfallverursacher als auch für Unfallgegner können darüber hinaus für jeden Beteiligten jeweils bis zu vier separate Unfallursachen vergeben werden. Dabei ist ersichtlich, dass im Durchschnitt 1,7 Ursachen pro Unfall angegeben werden. Für 122 Unfälle (8 %) liegen keine Angaben zur Hauptunfallursache vor. Nur in 2 % der Unfälle werden neben menschlichen Fehlern auch Umwelteinflüsse als Unfallursache genannt, technische Mängel werden nur in 1 % der Knotenpunktunfälle als mitverursachend angegeben (siehe Bild 4.22).

Bei 416 Unfällen (28 %) wird neben dem Unfallverursacher auch dem Unfallgegner mindestens eine Unfallursache zugewiesen. Insgesamt wird in 54 % aller Knotenpunktunfälle die Missachtung der Vorfahrtsregelung als Hauptunfallursache angegeben. In weiteren 25 % liegen den Unfällen Fehler beim Abbiegen als Ursache zugrunde. 4 % der Knotenpunktunfälle werden durch ein Fehlverhalten des Fahrzeugführers gegenüber Fußgängern und weitere 3 % durch das Fehlverhalten der Fußgänger selbst hervorgerufen.

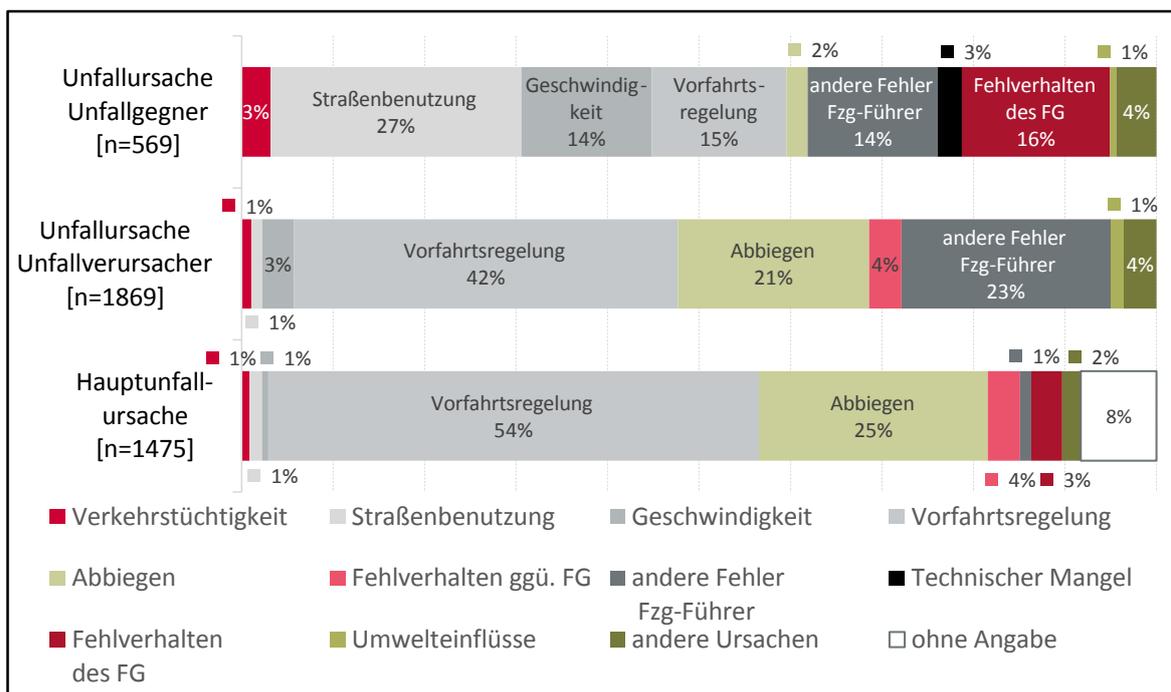


Bild 4.22: Amtliche Hauptunfallursachen, Unfallursachen des Unfallverursachers und Unfallgegners bei Knotenpunktunfällen im Untersuchungsgebiet [n=1475 Unfälle]

Als häufigste Unfallursache, welche dem Unfallverursacher zugewiesen werden, stellt sich ebenfalls die Missachtung der Vorfahrtsregelung (42 %) heraus. Einen beachtlichen Anteil der Unfallursachen des Verursachers (23 %) werden als „andere Fehler des Fahrzeugführers“ nicht näher spezifiziert. Da es sich hierbei meist nicht um die erste im Unfallbericht genannte Unfallursache handelt, lässt dies den Rückschluss zu, dass neben den klassifizierbaren Unfallursachen des amtlichen Unfallursachenkataloges (vgl. DESTATIS 2013B)

weitere wichtige Faktoren vorhanden waren, die die Entstehung des Unfalls beeinflusst haben.

Sofern beteiligten Radfahrern als Unfallgegner eine Unfallursache zugewiesen wird, so ist dies in knapp der Hälfte der Fälle die Benutzung der falschen Fahrbahn. Werden Kradfahrern als Unfallgegner zusätzliche Unfallursachen zugeordnet, so ist in nahezu 60 % der Fälle unangepasste Geschwindigkeit als mitverursachender Aspekt verzeichnet.

4.4 Zwischenfazit - Knotenpunktunfallgeschehen

An dieser Stelle sei erneut darauf hingewiesen, dass die getroffenen Aussagen lediglich für das Straßennetz innerhalb des betrachteten Untersuchungsgebiets und das Unfallgeschehen aus der analysierten Datenbank gelten. Zur Ableitung von Aussagen für das gesamtdeutsche Unfallgeschehen sind die in *Kapitel 4.1.2* dargelegten Hinweise bzgl. der Hochrechnung von Erkenntnissen der GIDAS-Unfalldatenbank zu beachten.

Das Unfallgeschehen an Knotenpunkten spielt sich überwiegend an Kreuzungen und Einmündungen ab. Kreisverkehre und komplexe Kreuzungen (Knotenpunkte mit mehr als vier Zufahrten) spielen eine untergeordnete Rolle. Der Vergleich zwischen der Häufigkeit der verschiedenen Knotenpunktformen als Unfallstelle und der Verteilung von Knotenpunkten im Straßennetz zeigt, dass Kreuzungen im Unfallgeschehen häufiger vorkommen als Einmündungen. Kreuzungen weisen somit ein höheres Gefährdungspotential als Einmündungen auf. Knotenpunktunfälle ereignen sich zumeist tagsüber und überwiegend innerorts. Besonders häufig geschehen Unfälle an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage. Dabei stellen hier auch wiederum Kreuzungen mit LSA-Regelung eine größere Unfallgefahr dar als lichtsignalgeregelte Einmündungen. Hervorgerufen durch den geringen Anteil an Fahrleistung des Gesamtnetzes, welcher in Bereichen des Straßennetzes mit überwiegender „rechts vor links“-Regelung abgewickelt wird, weisen Knotenpunkte mit „rechts vor links“-Regelung die geringste Unfallhäufigkeit auf, obwohl das Straßennetz von „rechts vor links“-geregelten Knotenpunkten dominiert wird.

In Relation zur Häufigkeit der einzelnen Knotenpunktformen im Straßennetz sind STOP-Schild-geregelte Knotenpunkte unfallträchtiger als Knotenpunkte mit „Vorfahrt achten“-Schild. Die Sonderform der abknickenden Vorfahrt spielt sowohl im Straßennetz als auch im Unfallgeschehen kaum eine Rolle. Der Anteil von Knotenpunkten mit spitz- oder stumpfwinkliger Gestalt als Unfallstelle entspricht etwa der Häufigkeit derartiger Knotenpunkte im gesamten Straßennetz. Die Sicht auf den Unfallgegner bei der Annäherung an den Knotenpunkt ist zumeist durch Bewuchs und/oder Bebauung beeinträchtigt. Nur in einem Viertel der Unfälle ist der Unfallgegner bei Annäherung an den Knotenpunkt frei einsehbar.

Die meisten Unfälle an Knotenpunkten ereignen sich beim Linksabbiegen. Rechtsabbiegende Unfallverursacher sind seltener vertreten und das Geradeausfahren an Kreuzungen und Einmündungen stellt das sicherste Fahrmanöver dar. Die Verteilung der Unfälle an

Kreuzungen und Einmündungen weist generelle Unterschiede auf. So ist das Unfallgeschehen an Kreuzungen maßgeblich durch den Konflikt zwischen Linksabbiegern und Gegenverkehr (*KUG 11*) geprägt. Unfälle mit kreuzenden Fahrzeugen (20 % Fahrzeuge von rechts - *KUG 31*, 14 % Fahrzeuge von links - *KUG 41*) stellen weitere Unfallschwerpunkte dar. Konflikte mit kreuzenden Radfahrern oder Fußgängern kommen im Verhältnis zu Unfällen zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen an Kreuzungen seltener vor. Im Gegensatz dazu stellen Konflikte mit kreuzenden Radfahrer und Fußgänger an Einmündungen mit 44 % der Unfälle das Hauptproblem dar. Darüber hinaus sind an Einmündungen häufig Konflikte mit von links kreuzenden Fahrzeugen (*KUG 41*) zu verzeichnen.

Insgesamt stellen sich aus den Analysen des Unfallgeschehens folgende Konfliktsituationen als besonders problematisch heraus:

- entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen an lichtsignalgeregelten Kreuzungen (12 %),
- von rechts kreuzende Fahrzeuge an „rechts vor links“-geregelten Kreuzungen (5 %),
- von links kreuzende Fahrzeuge an schildergeregelten Kreuzungen und Einmündungen (11 %) und
- kreuzende Radfahrer und Fußgänger von rechts (13 %) und von links (5 %) beim Rechts- bzw. Linkseinbiegen aus einer wartepflichtigen Einmündung.

In der Verkehrssicherheitsforschung existieren unterschiedliche Unfallentstehungsmodelle (APM - accident prediction models), auf deren Basis die Häufigkeit von Unfällen in einzelnen Bereichen des Straßennetzes prognostiziert werden können. Auf Grundlage derartiger Berechnungsmodelle lassen sich u. a. für Knotenpunkte Faktoren ableiten, welche einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung von Unfällen haben. Neben den in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Aspekten spielen dabei die folgenden Faktoren eine wichtige Rolle und sollten bei der Bewertung von Unfallhäufungen berücksichtigt werden [NABUUSI ET AL. 2008]:

- die Verkehrsstärke in der bevorrechtigten und der wartepflichtigen Zufahrt,
- das Fußgängerverkehrsaufkommen in allen Zufahrten,
- die Beleuchtungsbedingungen und
- die Art der Lichtsignalsteuerung.

Weiterhin werden Kriterien wie die Knotenpunktgeometrie (u. a. Knotenpunktart, Fahrstreifenanzahl, Seitenraumbebauung und Sichtbedingungen) und die Umfeldbedingungen (z. B. Wetter und Fahrbahnzustand), aber auch die Fahrercharakteristik (Alter, Geschlecht oder Ortskenntnis) und die Fahrzeugart (z. B. Pkw, Lieferwagen oder Lkw) als wichtige Einflüsse auf die Unfallentstehung beschrieben. So entstehen bei steigendem Verkehrsaufkommen des Gegenverkehrs seltener ausreichend große Zeitlücken, um links abbiegen zu können und die Wahrscheinlichkeit steigt, dass Linksabbieger kleinere, gefährlichere Zeitlücken nutzen [CHIN ET AL. 2003]. Im Gegensatz dazu haben POCH ET AL. [1996] oder

KULMALA [1995] jedoch eine sinkende Unfallhäufigkeit bei steigendem Verkehrsaufkommen festgestellt.

Zur entsprechenden Bewertung des Unfallgeschehens sind demnach immer die aktuellen lokalen Begebenheiten mit in die Betrachtung einzubeziehen.

5 Fahrerbefragung zu Gefahren am Knotenpunkt

Wurde in den vorangegangenen *Kapiteln 3* und *4* die Gestaltung des Straßennetzes und die Verteilung des Unfallgeschehens an Knotenpunkten objektiv dargestellt, so soll in diesem Abschnitt die subjektive Fahrersicht auf Fahrmanöver und Gefahren an Knotenpunkten dargestellt werden. Das Ziel von Fahrerassistenzsystemen stellt die Unterstützung des Fahrers in kritischen Fahrsituationen und die Entlastung bei der Erfüllung seiner Fahraufgabe dar. Daraus lassen sich verschiedene Ansätze für eine Auslegung von Fahrerassistenzsystemen am Knotenpunkt ableiten. Neben der Unterstützung in nachweislich gefährlichen Situationen (objektive Sicherheit) sollte ein System auch in Situationen assistieren, in denen sich der Fahrer unsicher und gefährdet fühlt (subjektive Sicherheit). Im Allgemeinen kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich bei der Berücksichtigung der objektiven und subjektiven Betrachtungsweise identische Fahrsituationen ergeben, in denen die Unterstützung durch ein Assistenzsystem notwendig ist. Um neben den aus dem Unfallgeschehen statistisch relevanten Konfliktsituationen auch die aus Fahrersicht gefährlichen Situationen berücksichtigen zu können, wurde eine Befragung von Verkehrsteilnehmern durchgeführt.

In *Kapitel 5.1* werden die Erkenntnisse zum Verhalten von Fahrern beim Befahren eines Knotenpunktes zusammengefasst. *Kapitel 5.2* beschreibt die Struktur und den Inhalt des entwickelten Fragebogens. Die Ergebnisse der Fahrerbefragung sowie die daraus ableitbaren Erkenntnisse werden in *Kapitel 5.3* dargelegt.

5.1 Fahrerverhalten an Knotenpunkten

Das Verhalten von Fahrern beim Befahren von Knotenpunkten ist in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht worden. VOLLRATH ET AL. [2004] ließ Probanden die Schwierigkeit von verschiedenen Fahrmanövern an Knotenpunkten beurteilen. Zum einen erfolgte die Beurteilung über Befragungen und zum anderen wurden Erkenntnisse aus der Analyse von Realfahrten gewonnen. Neben der Art des Fahrmanövers und der Knotenart wurde auch der Einfluss der Vorfahrtsregelung auf das Urteil der Versuchspersonen untersucht.

Die Art des Fahrmanövers stellt einen weiteren Einflussfaktor auf die Schwierigkeit dar. Dabei stellt sich das Abbiegen als wesentlich schwieriger heraus als das Geradeausfahren. Im Vergleich der verschiedenen Fahrmanöver zeigt sich, dass das Linksabbiegen am schwierigsten eingeschätzt wird. Geradeausfahren und Rechtsabbiegen werden wesentlich einfacher beurteilt, wobei sich das Rechtsabbiegen schwieriger darstellt als das Geradeausfahren. Der Unterschied der Beurteilungen von Linksabbiegen und Geradeausfahren bzw. Rechtsabbiegen fällt wesentlich stärker aus, als der Unterschied zwischen Geradeausfahren und Rechtsabbiegen.

Die Querung eines Knotenpunktes, an dem man Vorfahrt gewähren muss, erscheint dem Verkehrsteilnehmer schwieriger als das Befahren eines Knotenpunktes als Vorfahrtsberechtigter. In der Befragung von VOLLRATH ET AL. [2004] werden „rechts vor links“-geregelter Knotenpunkte schwieriger als schildergeregelte eingeschätzt. Lichtsignalgeregelte Knoten weisen aus Fahrersicht den geringsten Schwierigkeitsgrad auf. Aus den Analysen der Realfahrten ergeben sich genau umgekehrte Erkenntnisse. Hier stellen sich LSA-Knotenpunkte als besonders anstrengend heraus, gefolgt von schildergeregelten Knotenpunkten und Knotenpunkte mit „rechts vor links“-Regelung.

Unabhängig vom Fahrmanöver werden Kreuzungen als schwieriger eingeschätzt als Einmündungen. Weiterhin wirkt sich die Durchgängigkeit der Fahrt auf die Schwierigkeit der Situation aus. Wenn bei der Annäherung an den Knotenpunkt keine durchgängige Fahrt möglich ist (z. B. frühzeitiges Abbremsen oder Anhalten notwendig ist), so wird der Knotenpunkt als anstrengender beurteilt. Die minimale Geschwindigkeit bei der Befahrung des Knotenpunktes kann daher als Indiz für die Schwierigkeit des Knotenpunktes genutzt werden. Die Vorfahrtssituation des Fahrers stellt sich darüber hinaus als wesentlicher Einflussfaktor auf die Schwierigkeit dar. „Vorfahrt gewähren“ wird als wesentlich schwieriger bewertet als „Vorfahrt haben“. Schlechte Einsehbarkeit in kreuzende Straßen ruft höhere Anstrengungen bei den Fahrern hervor. Bei besonders engen Straßen als auch bei besonders breiten Straßen ist die Anstrengung des Fahrers höher als bei Straßen des mittleren Ausbaustatus. Mittelalte Fahrer zwischen 25 und 60 Jahren mit geringer Fahrerfahrung schätzen die Beanspruchung von Fahrmanövern am Knotenpunkt etwas geringer ein als alle anderen Altersgruppen. Ältere Fahrer ab 65 Jahren beurteilen die Anstrengung beim Befahren von schwierigen Knotenpunkten subjektiv teilweise geringer, wodurch sich kein besonderer Unterstützungsbedarf bei schwierigen Knotenpunkten ableiten lässt. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass weder das Alter noch die Fahrerfahrung besonderen Einfluss auf die Beurteilung der Schwierigkeiten für Fahrmanöver am Knotenpunkt hat [VOLLRATH ET AL. 2004].

5.2 Fragebogen zur Einschätzung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten

Zum Abgleich der Erkenntnisse aus der Unfall- und Knotenpunktanalyse mit der Sichtweise der Verkehrsteilnehmer auf Fahrmanöver und Konflikte am Knotenpunkt wurde eine Probandenbefragung durchgeführt. Hierbei wurden neben der allgemeinen Einschätzung von generischen Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt und der Bewertung realer Knotenpunkte auch die eigenen Erfahrungen an Kreuzungen und Einmündungen berücksichtigt.

5.2.1 Aufbau des Fragebogens und Ablauf der Befragung

Die Befragung der Probanden wurde zur Erreichung einer möglichst hohen Teilnehmerzahl als Online-Umfrage durchgeführt. Unter dem Eindruck der durchgeführten Analysen der

Knotenpunkte im Straßennetz (siehe *Kapitel 3*) und des Unfallgeschehens (siehe *Kapitel 4*) ergaben sich eine Reihe von interessanten Fragestellungen, welche für eine detaillierte Untersuchung der subjektiven Sicht der Verkehrsteilnehmer auf die Verkehrssicherheit an Knotenpunkten in Frage kommen und welcher im Rahmen einer Befragung nachgegangen werden sollte.

Der generelle Aufbau des Fragebogens sowie die Formulierung und Auswahl der Fragen wurde mit Psychologen der Universität Regensburg (als Kooperationspartner der AARU Verkehrsunfallforschung) diskutiert und abgestimmt. Im Rahmen eines vorgeschalteten Pre-Tests mit insgesamt 35 Teilnehmern wurde der Fragebogen auf Verständlichkeit und Aussagekraft geprüft und anschließend entsprechend angepasst. Die Struktur der durchgeführten Probandenbefragung ist in Bild 5.1 dargestellt.

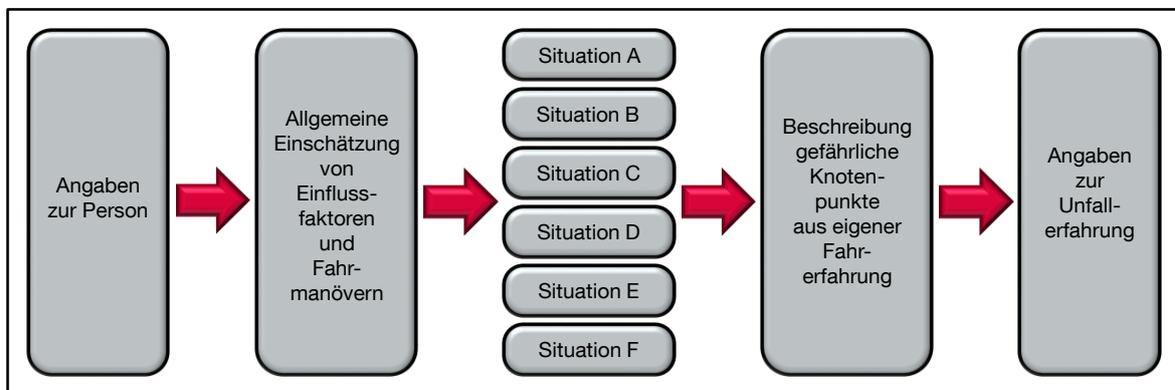


Bild 5.1: Struktur der Probandenbefragung

Neben den statistischen Angaben zur Person (Alter und Geschlecht), zur Fahrerfahrung (Führerscheinbesitz und Dauer) und zum Fahrverhalten (Fahrstil, Fahrleistung und Anteil der Fahrleistung innerorts) ist eine allgemeine Einschätzung der Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen abgefragt worden. Anschließend wurde den Teilnehmern ein Knotenpunkt aus dem Untersuchungsgebiet anhand von Fotos dargestellt und es sollte die Gefährlichkeit bei der Durchführung eines vorgegebenen Fahrmanövers sowie die Einflüsse verschiedener Umgebungsfaktoren auf die Bewertung der Gefährlichkeit eingeschätzt werden. Weiterhin wurde nach erwarteten Konflikten beim Befahren des Knotenpunktes sowie nach Vorschlägen zur Verbesserung der Sicherheit des Knotenpunktes gefragt. Anschließend sollte die Wichtigkeit von Assistenzfunktionalitäten (Information, Warnung und aktiver Eingriff) für vorgegebene mögliche Konfliktsituationen am dargestellten Knotenpunkt angegeben werden. Die Auswahl der zu bewertenden Situation erfolgte verdeckt durch den Probanden anhand der Wahl einer Ziffer zwischen 1 und 6. Die Zuweisung der Ziffern zu den entsprechenden Knotenpunktsituationen wurde im Laufe des Befragungszeitraumes variiert, um eine ausgewogene Verteilung auf alle sechs zu beurteilenden Situationen zu erreichen.

Neben der Beurteilung der vorgegebenen Knotenpunktsituation wurde in einem weiteren Teil des Fragebogens die Möglichkeit gegeben gefährliche Knotenpunkte aus der eigenen

Fahrerfahrung zu beschreiben. Darüber hinaus ist die Art des als gefährlich eingeschätzten Fahrmanövers am selbst beschriebenen Knotenpunkt sowie die gefährdete Verkehrsteilnehmerart an diesem Knotenpunkt erfragt worden. Abschließend wurden Informationen zur Unfallfahrung des Probanden erhoben. Hierbei wurde die Art der Unfallbeteiligung (involviert als Fahrer oder Mitfahrer), die rechtliche Schuldsituation (selbst verschuldeter Unfall oder Beteiligung als Unfallgegner) sowie die Ort des Unfalls (Unfall am Knotenpunkt oder andere Unfallstelle) ermittelt. Das Layout und die genauen Inhalte des verwendeten Fragebogens sind im *Anhang 7* detailliert dargestellt.

Die Umfrage wurde im Zeitraum vom 21. November 2011 bis 15. März 2012 durchgeführt. Die Ansprache der Probanden erfolgte u.a. durch:

- E-Mail-Verteilerlisten des Lehrstuhls für Verkehrstechnik,
- die Veröffentlichung auf der Homepage des Lehrstuhls für Verkehrstechnik,
- private E-Mail-Verteilerlisten sowie
- die Weiterleitung des Links zur Umfrage durch Dritte.

Der vorgesehene Zeitaufwand zur Beantwortung des Fragebogens betrug ca. 15 - 20 min. Aufgrund des Fragebogenumfanges wurde die Möglichkeit vorgesehen die Befragung an einer beliebigen Stelle zu unterbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt weiterzuführen.

5.2.2 Beschreibung der bewerteten Verkehrssituationen

Die durchgeführte Unfallanalyse hat gezeigt, dass bestimmte Konfliktsituationen an Knotenpunkten besonders häufig auftreten (siehe *Kapitel 4.3.2*). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden, unter Berücksichtigung von Knotenpunktform und Verkehrsregelung sowie dem Vorhandensein von separaten Linksabbiegefahrstreifen und markierten Überwegen für Fußgänger und Radfahrer, sechs Beispielsituationen (A - F) aus dem Straßennetz des Untersuchungsgebietes ausgewählt. Diese sind von den Probanden innerhalb der Befragung hinsichtlich vorhandener Gefahren eingeschätzt worden. Insgesamt werden durch die zu beurteilenden Knotenpunkte etwa 12 % der Knotenpunkte des Untersuchungsgebietes und ca. 34 % der Konstellationen im betrachteten Knotenpunktunfallgeschehen des Untersuchungsgebietes abgedeckt (siehe Tab. 5.1).

	gesamt	Situation A	Situation B	Situation C	Situation D	Situation E	Situation F
Anteil Unfallgeschehen	34%	11%	8%	4%	5%	4%	2%
Anteil Straßennetz	12%	1%	2%		7%	2%	

Tab. 5.1: Häufigkeit der untersuchten Knotenpunktsituationen im Straßennetz und Unfallgeschehen des Untersuchungsgebietes

Situation A stellt eine LSA-geregelte Kreuzung mit Linksabbiegestreifen und separater Phase für Linksabbieger dar, an der das Linksabbiegen bewertet werden soll. Bei der betrachteten Zufahrt handelt es sich um eine zweibahnige Straße mit mehrstreifiger Fahrbahn in beiden Fahrtrichtungen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 50 km/h. Sowohl in Fahrt- und Gegenrichtung als auch in kreuzender Richtung sind Rad- und Fußwege vorhanden und die Überwege sind deutlich erkennbar auf der Fahrbahn markiert. Die kreuzende Straße ist dabei einbahnig, mehrstreifig und die beiden Fahrtrichtungen sind in der Kreuzungszufahrt durch eine Mittelinsel baulich voneinander getrennt. Die dargestellte Verkehrssituation entspricht etwa 11 % der Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet.

Die Bewertungssituationen *B* und *C* stellen die gleiche vorfahrtsgeregelte Einmündung dar. In *Situation B* soll dabei das Rechtseinbiegen, in *Situation C* das Linkseinbiegen aus der untergeordneten Nebenstraße beurteilt werden. Es handelt sich um eine Einmündung aus einer „Tempo 30“-Zone in die mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h begrenzte Hauptfahrbahn. Sowohl die einmündende als auch die durchgehende Straße sind einbahnig und mit je einem Fahrstreifen pro Fahrtrichtung ausgestattet. In allen Zufahrten sind Gehwege vorhanden. Auf der Hauptfahrbahn ist das Parken auf dem Gehweg, in der einmündenden Zufahrt am Fahrbahnrand zulässig. Die durchgehende Straße ist mit einem getrennten Fuß- und Radweg ausgestattet und der Radüberweg ist auf der Fahrbahn entsprechend markiert. Abbiegemanöver an Einmündungen mit den beschriebenen Gestaltungselementen decken 12 % des gesamten Knotenpunktunfallgeschehens im Untersuchungsgebiet ab.

Situation D beschreibt eine „rechts vor links“-geregelte Kreuzung in einem Wohngebiet innerhalb einer „Tempo 30“-Zone, an der das Geradeausfahren beurteilt werden soll. Ca. 5 % aller Knotenpunktunfälle ereignen sich im Untersuchungsgebiet in derartigen Verkehrssituationen. Alle Zufahrten zur Kreuzung haben Gehwege auf beiden Fahrbahnseiten und die Fußgängerüberwege sind nicht auf der Fahrbahn markiert. Vorhandener Radverkehr ist nicht separat geführt sondern bewegt sich mit dem Kfz-Verkehr auf der Fahrbahn. Das Parken am Fahrbahnrand ist zulässig.

Die *Situationen E* und *F* stellen die gleiche lichtsignalgeregelte Kreuzung dar. Hierbei wird in *Situation E* das Linksabbiegen, in *Situation F* das Rechtsabbiegen bewertet. Es handelt sich um eine Kreuzung von zwei einbahnigen, zweistreifigen Straßen, welche mit einer Lichtsignalanlage ausgestattet ist und keine separaten Linkabbiegestreifen zur Führung der Linksabbieger aufweist sondern lediglich mit einer Aufweitung im Bereich der Knotenpunktzufahrt ausgestattet ist. Bei der Lichtsignalsteuerung handelt es sich um eine Signalanlage mit zwei-Phasen-System. Unfälle beim Abbiegen an Kreuzungen dieser Form entsprechen 6 % des gesamten Knotenpunktunfallgeschehens im Untersuchungsgebiet. In der betrachteten Fahrtrichtung ist der Fahrbahnrand für das Parken in Längsaufstellung, in kreuzender Richtung für das Parken in Queraufstellung freigegeben. Es handelt sich um eine Kreuzung mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h in allen Zufahrten. Auf

beiden Seiten der Fahrbahn sind Gehwege vorhanden und der Fußgängerüberweg ist markiert. Es existieren keine Radwege und Radüberwege, so dass Radfahrer die Fahrbahn nutzen müssen.

Eine detaillierte Darstellung der Situationen ist im *Anhang 6* aufgeführt.

5.2.3 Hypothesen zur Bewertung der Verkehrssicherheit aus Fahrersicht

Zur Überprüfung der Abhängigkeit der Beurteilung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten von unterschiedlichen Persönlichkeitseigenschaften wurden im Vorfeld Hypothesen aufgestellt, welche mit Hilfe der Ergebnisse der Probandenbefragung überprüft wurden. Dabei wurden unterschiedliche Einschätzungen der Gefährlichkeit in Abhängigkeit des Alters bzw. der Fahrerfahrung, des Geschlechtes sowie der Unfallererfahrung erwartet.

Bezüglich der allgemeinen Einschätzung der Relevanz einzelner Einflussfaktoren auf die Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen wurden folgende Hypothesen untersucht:

- H1: Die Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten werden von jungen Fahrern mehrheitlich anders bewertet als von erfahrenen Fahrern. - Aufgrund der geringeren Erfahrung mit Knotenpunktsituationen wird erwartet, dass junge Fahrer den Einfluss von Umgebungsfaktoren geringeres Gewicht zusprechen als dies Fahrer mit mehr Fahrerfahrung tun.*
- H2: Die Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten werden von Frauen mehrheitlich anders bewertet als von Männern. - Hierbei werden durch die tendenziell defensivere Fahrweise von Frauen erwartet, dass den verschiedenen Faktoren ein größerer Einfluss eingeräumt wird.*
- H3: Die Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten werden von Fahrern mit Unfallererfahrung mehrheitlich anders bewertet als von Fahrer ohne Unfallererfahrung. - Durch die Beteiligung an einem Unfall wird erwartet, dass diese Verkehrsteilnehmer den einzelnen Umgebungseinflüssen bei der Bewertung ein stärkeres Gewicht zukommen lassen als Probanden ohne Unfallererfahrung.*

In ähnlicher Weise werden für die Einschätzung der Unfallgefahr von spezifischen Verkehrssituationen am Knotenpunkt folgende Thesen beleuchtet:

- H4: Die Unfallgefahr von Fahrmanövern am Knotenpunkt wird von jungen Fahrern mehrheitlich anders eingeschätzt als von erfahrenen Fahrern. - Es wird vermutet, dass junge unerfahrene Verkehrsteilnehmer potentielle Konfliktsituationen weniger kritisch einschätzen.*
- H5: Die Unfallgefahr von Fahrmanövern am Knotenpunkt wird von Frauen mehrheitlich anders eingeschätzt als von Männern. - Entsprechend des defensiveren Fahrverhaltens von Frauen liegt die Vermutung nahe, dass daher auch mögliche Konfliktsituationen gefährlicher beurteilt werden.*

H6: Die Unfallgefahr von Fahrmanövern am Knotenpunkt wird von Fahrern mit Unfallererfahrung mehrheitlich anders eingeschätzt als von Fahrern ohne Unfallererfahrung. - Aufgrund der Beteiligung an einem Unfall wird vermutet, dass Fahrer mit Unfallererfahrung die verschiedenen Fahrmanöver kritischer betrachten und die Unfallgefahr höher einschätzen als Teilnehmer ohne Unfallererfahrung.

Für alle Hypothesen werden die Befragungsergebnisse statistisch ausgewertet und entsprechende Aussagen zu den unterschiedlichen Einflüssen auf die Einschätzung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten (*Kapitel 5.3.1.1*) und die Unfallgefahr von Fahrmanövern am Knotenpunkt (*Kapitel 5.3.1.2*) abgeleitet.

5.3 Ergebnisse der Fahrerbefragung

In der Online-Umfrage wurden insgesamt 605 Personen befragt. Da nicht alle Antwortdatensätze vollständig und verwertbar waren, wurden in der Auswertung nur Datensätze berücksichtigt, die folgende Kriterien erfüllen:

- Vollständige Angaben zur Person (Alter, Geschlecht, Führerscheinbesitz)
- Mindestalter 16 Jahre (in Deutschland Mindestalter für den Erwerb eines Führerscheins)
- Vollständige Bewertung der allgemeinen Einflussfaktoren und Fahrmanöver am Knotenpunkt (allgemeiner Fragebogenteil - siehe *Anhang 7*)

Auf diese Weise konnten die Antworten von 486 Personen (80 % aller Teilnehmer) in die Auswertung einbezogen werden. Insgesamt sind Männer mit 326 Teilnehmern (67 %) doppelt so oft vertreten wie Frauen (160 Teilnehmerinnen bzw. 33 %). Das Durchschnittsalter der Probanden beträgt 30,1 Jahre (Median 28 Jahre; Minimum 16 Jahre; Maximum 71 Jahre). Der Altersdurchschnitt der weiblichen Teilnehmer liegt etwas unter dem der männlichen Teilnehmer (siehe Bild 5.2).

Das Probandenkollektiv weist nur wenig ältere Teilnehmer auf (nur 5 % sind älter als 50 Jahre). Durch die Durchführung als Online-Umfrage ließ sich, aufgrund der tendenziell geringeren Nutzung des Mediums Internet durch ältere Menschen diese Altersgruppe schlechter in die Befragung einbeziehen.

Nach [DESTATIS 2015] haben aktuell in Deutschland 84 % der privaten Haushalte einen Internetzugang. In der Altersgruppe der über 65-Jährigen nutzen dabei nur 57 % generell einen Computer (44 % der Altersgruppe im Zeitraum innerhalb der letzten drei Monate) und lediglich 45 % nutzen das Internet. Im Vergleich zu anderen Altersgruppen, welche eine regelmäßige Nutzung des Computers und Internets von etwa 90 % aufweist, zeigt sich, dass Personen über 65 Jahren wesentlich schwieriger durch internetbasierte Befragungen adressierbar sind.

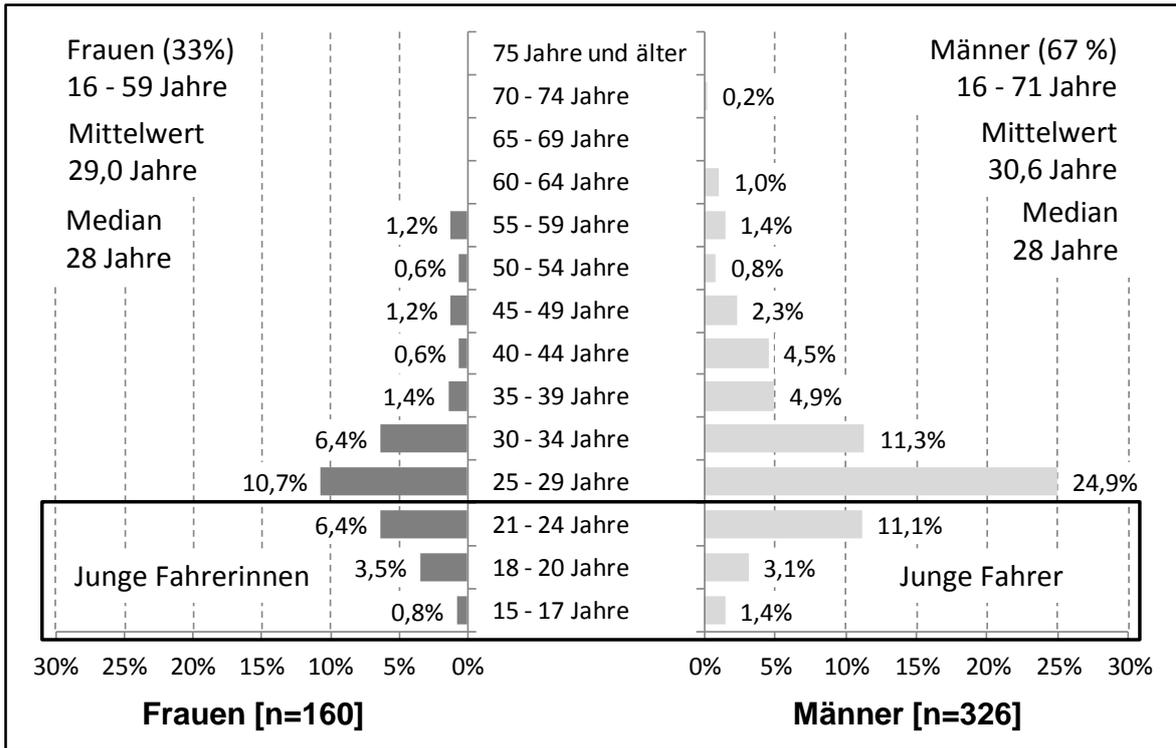


Bild 5.2: Geschlechter- und Altersverteilung der Befragungsteilnehmer

Die Verwendung eines Online-Fragebogen und die damit verbundene ungezielte Ansprache der Probanden bringt die sogenannte Selbstselektion der Befragungsteilnehmer mit sich. Dem Teilnehmer selbst ist es überlassen Teil der in die Untersuchung eingehenden Stichprobe zu werden. Durch die Verteilung des Fragebogens über die verschiedenen Kanäle (siehe *Kapitel 5.2.1*) war die Steuerung einer entsprechend altersmäßig gleichverteilte Teilnehmerzahl und somit einer für Deutschland repräsentativen Auswahl der auszuwertenden Stichprobe nicht ausreichend möglich. Dieser Aspekt ist bei der Beurteilung der Befragungsergebnisse zu berücksichtigen.

Auf Grundlage der Befragungsdaten ist die detaillierte Untersuchung des Einfluss des Alters auf die Einschätzungen von Knotenpunkten nicht möglich. Bei der Auswertung erfolgt daher lediglich eine Unterscheidung der Probanden bezüglich der Fahrerfahrung. Hierbei werden zwei Altersgruppen unterschieden: Teilnehmer im Alter von 16 bis 24 Jahren sind in der Gruppe „junge bzw. unerfahrene Fahrer“ zusammengefasst. Entsprechend werden Teilnehmer, die 25 Jahre und älter sind zur Gruppe „erfahrene Fahrer“ gezählt. Es entfallen insgesamt 26 % der Teilnehmer auf die Altersgruppe der jungen Fahrer (siehe markierter Rahmen in Bild 5.2).

Unter den Teilnehmern befinden sich 17 Personen ohne Führerschein (3,5 %). Dieser geringe Anteil lässt eine aussagekräftige Untersuchung des Einflusses des Führerscheinbesitzes auf die Einschätzung der Gefährlichkeit an Knotenpunkten nicht zu. In den Auswertungen werden daher keine Unterschiede zwischen Teilnehmern mit oder ohne Führerschein vorgenommen.

In der Auswertung des dritten Fragebogenteils, der Beurteilung der beschriebenen Knotenpunktsituationen A - F (vgl. Bild 5.1), wurden nur Datensätze berücksichtigt, welche von den Teilnehmern komplett beantwortet wurden. Dabei mussten zusätzlich zur Beantwortung der allgemeinen Fragen zur Gefährlichkeit von Knotenpunkten alle Antworten zur Einschätzung der vorgestellten Situation vorhanden sein. Somit konnten die Antworten von 466 Befragungsteilnehmern ausgewertet werden. Durch eine mehrfache Anpassung der verdeckten Zuweisung der Auswahl der zu bewertenden Knotenpunktsituation zu den einzelnen Teilnehmern innerhalb des Befragungszeitraumes wurde eine annähernd gleiche Teilnehmerzahl für alle sechs Situationen erreicht (vgl. Tab. 5.2).

Situation	Geschlecht				Fahrerfahrung				gesamt	
	männlich		weiblich		jung		erfahren			
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
A	63	66%	32	34%	22	23%	73	77%	95	20%
B	58	77%	17	23%	22	29%	53	71%	75	16%
C	50	68%	24	32%	12	16%	62	84%	74	16%
D	44	64%	25	36%	18	26%	51	74%	69	15%
E	44	60%	29	40%	22	30%	51	70%	73	16%
F	52	65%	28	35%	27	34%	53	66%	80	17%
insgesamt	311	67%	155	33%	123	26%	343	74%	466	100%

Tab. 5.2: Verteilung der Befragungsteilnehmer [n=466] zur Beurteilung von vorgegebenen Knotenpunktsituationen nach Geschlecht und Fahrerfahrung („jung“ = im Alter unter 25 Jahren; „erfahren“ = im Alter über 25 Jahren)

Insgesamt haben 360 Personen Angaben zur Unfallbeteiligung gemacht. Von diesen waren 60 % (218 Teilnehmer) bereits an einem Unfall beteiligt. Bei einem überwiegenden Teil davon (62 %) hat sich der Unfall dabei an einem Knotenpunkt ereignet und 89 % der Befragten mit Unfallererfahrung haben den Unfall als Fahrer oder Fahrzeuginsasse erlebt. Nur 6 % der Teilnehmer geben an als Radfahrer und 4 % als Motorradfahrer bereits an einem Unfall beteiligt gewesen zu sein. Von den Teilnehmern mit Unfallererfahrung gaben 37 % an, den Unfall selbst verschuldet zu haben, 58 % waren nach eigenen Angaben als nichtschuldiger Unfallgegner beteiligt. Die verbleibenden 11 Teilnehmer (5 %) machten keine Angaben zur Unfallschuld bzw. gaben an die Schuldfrage sei (noch) nicht geklärt.

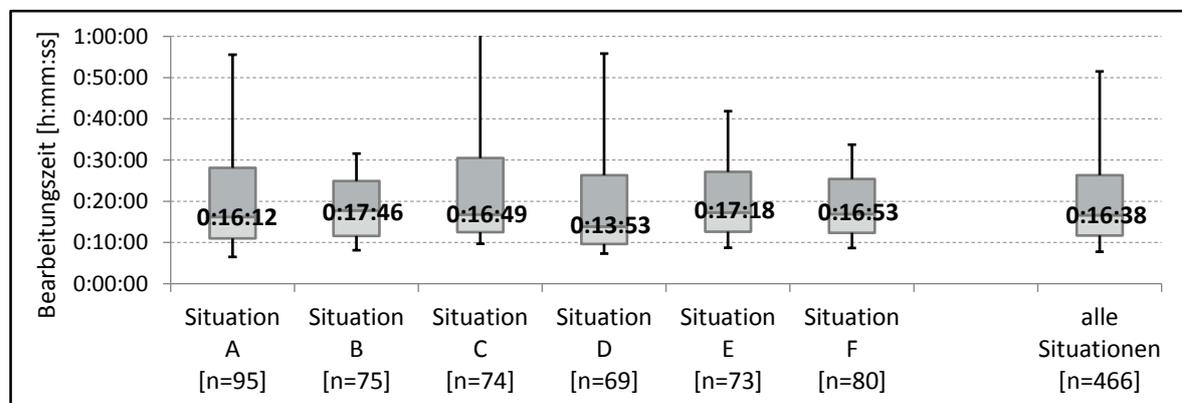


Bild 5.3: Bearbeitungszeiten des Fragebogens zur Beurteilung der Verkehrssicherheit in Abhängigkeit der ausgewählten Verkehrssituationen A - F (Boxplot 75 %-Quantil, Median, 25 %-Quantil mit Whisker 90 %- und 10 %-Quantil)

Zur kompletten Beantwortung des Fragebogens war für einen Großteil der Teilnehmer die vorgesehene Bearbeitungszeit von 15 - 20 min ausreichend. 62 % der Teilnehmer, welche den Fragebogen komplett beantwortet haben, benötigten zur Bearbeitung des Fragebogens weniger als 20 min. Die Beurteilung der einzelnen Situationen A - F rief dabei nur geringe Unterschiede bezüglich des benötigten Zeitaufwandes hervor (siehe Bild 5.3). Von den insgesamt 605 Befragungsteilnehmern haben 393 Personen (65 %) die ersten drei Fragebogenteile (vgl. Bild 5.1: Angaben zur Person, allgemeine Einschätzung von Knotenpunkten und Beurteilung einer der Knotenpunktsituationen A - F) komplett beantwortet.

Die Jahresfahrleistung der meisten Befragungsteilnehmer beträgt zwischen 10.000 und 20.000 km/Jahr. Insgesamt decken sich die Angaben der Probanden mit den Erkenntnissen der Fahrleistungserhebungen von HAUZINGER ET AL. [2005], wonach die durchschnittliche Jahresfahrleistung in Deutschland bei ca. 12.500 km/Jahr liegt.

Weibliche Befragungsteilnehmer fahren im Durchschnitt weniger und legen tendenziell einen größeren Anteil ihrer Fahrleistung innerhalb von Ortschaften zurück (siehe Bild 5.4). Durch den größeren Innerortsanteil der Fahrleistung und der größeren Knotenpunktdichte innerorts sehen sich Frauen demnach verhältnismäßig häufiger mit Knotenpunktsituationen konfrontiert als Männer.

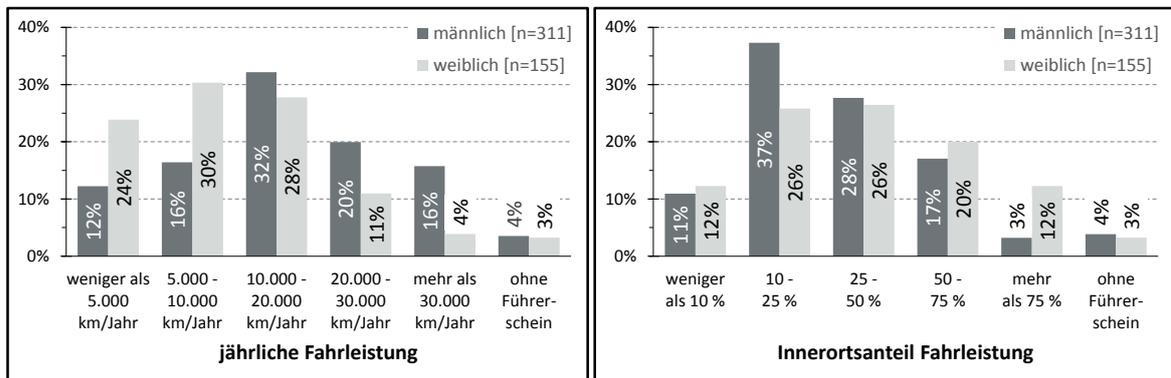


Bild 5.4: Jährliche Fahrleistung (links) und Innerortsanteil der Fahrleistung (rechts) der männlichen und weiblichen Befragungsteilnehmer

5.3.1 Allgemeine Einschätzung der Verkehrssicherheit von Knotenpunkten

Zur Untersuchung von Einflüssen auf die Verkehrssicherheit von Knotenpunkten sollten die Probanden zum einen die Wichtigkeit verschiedener Umgebungsfaktoren und zum anderen die Unfallgefahr von Fahrmanövern an Knotenpunkten generell einschätzen.

5.3.1.1 Beurteilung von Umgebungsfaktoren

Bei der Beurteilung der Gefährlichkeit einer Knotenpunktsituation wird davon ausgegangen, dass diese von verschiedenen Umgebungsfaktoren beeinflusst wird. Zur Analyse des möglichen Einflusses der Umgebungsfaktoren wurden die Teilnehmer nach der Relevanz

dieser generellen Aspekte für Gefährlichkeit eines Knotenpunktes gefragt. Anhand der Angaben der Befragungsteilnehmer sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- *Art der Vorfahrtsregelung* → Rufen unterschiedliche Vorfahrtsregelungen andere Einschätzungen der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes hervor?
- *Höhe des Verkehrsaufkommens* → Bewirkt die Änderung der Verkehrsstärke am Knotenpunkt eine abweichende Beurteilung eines Knotenpunktes?
- *Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer* → Hat das Geschwindigkeitsniveau des umgebenden Verkehrs Einfluss auf die Beurteilung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes?
- *Einsehbarkeit der anderen Straßen* → Wird durch verschiedene Sichtbedingungen in die anderen Knotenpunktzufahrten eine unterschiedliche Einschätzung der Gefährlichkeit des Knotenpunktes hervorgerufen?
- *Vorhandene Fußüberwege und Fußgängerverkehr* → Hat die Stärke des Fußgängerverkehrs und die Gestaltung von Fußgängerüberwegen einen Einfluss auf die Einschätzung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten?
- *Vorhandene Radüberwege und Radfahrerverkehr* → Verändert das Vorhandensein von Radüberwegen und eine hohe Radverkehrsstärke die Beurteilung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes?

Die Befragungsteilnehmer sollten die Rolle der beschriebenen Einflussfaktoren auf einer vierteiligen Skala („unwichtig“ – „eher unwichtig“ – „eher wichtig“ – „wichtig“) bewerten. Bild 5.5 stellt die Ergebnisse der Einschätzung der Teilnehmer (Mittelwert der Antworten mit jeweiliger Standardabweichung) dar. Es zeigt sich dabei, dass alle untersuchten Umgebungsfaktoren als wichtig angesehen werden. Der Einfluss der Einsehbarkeit in andere Straßen ist dabei besonders hervorzuheben. Die Sichtbarkeit von Verkehrsteilnehmern aus anderen Knotenpunktzufahrten wurde von den Teilnehmern als besonders wichtig betrachtet und das Ergebnis weist darüber hinaus auch die geringste Standardabweichung auf.

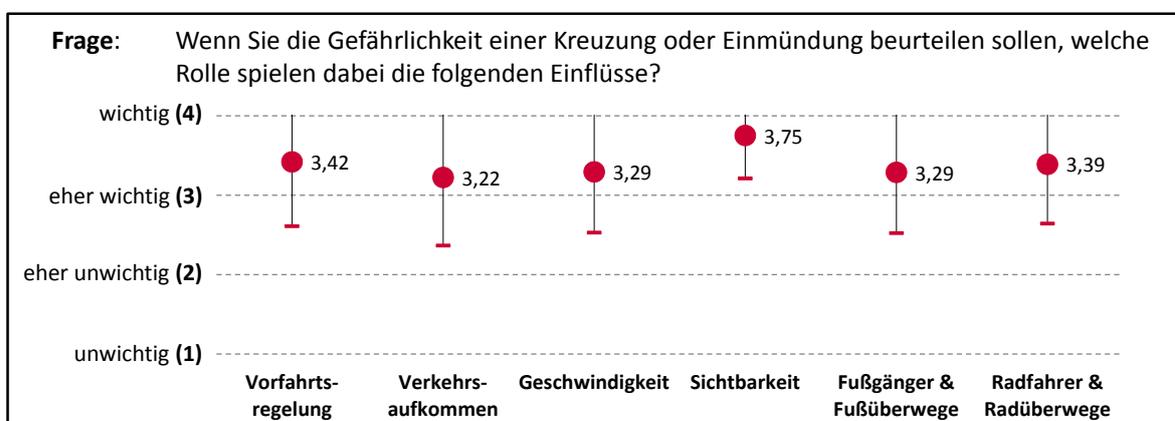


Bild 5.5: Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten (Mittelwert und Standardabweichung)

Diese Ergebnisse bestätigen u.a. die Erkenntnisse von VOLLRATH ET AL. [2004], wonach als Haupteinflussfaktoren auf die Schwierigkeit von Fahrten am Knotenpunkt Sichtbehinderungen und eine hohe Komplexität des Knotenpunktszenarios genannt werden. Darüber hinaus fällt nach VOLLRATH ET AL. [2004] vor allem unerfahrenen Fahrern sowie Fahrern im hohen Alter (ab 60 Jahren) die Orientierung innerhalb des Knotenpunktes besonders schwer. Generell sind Knotenpunktsituationen dann schwierig, wenn das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer beachtet werden muss. Besonders bei unerwarteten Verhaltensweisen anderer Fahrzeugführer bzw. Fußgängern und Radfahrern sind Schwierigkeiten zu erwarten. Insgesamt liegt die Schwierigkeit bei Fahrten am Knotenpunkt einerseits in der Wahrnehmung aller wichtigen Informationen und andererseits in der Weiterverarbeitung dieser Informationen unter Beachtung des eigenen Verhaltens und der Anpassung an das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer. Probleme bei der Handlungsausführung sind hingegen kaum zu verzeichnen [VOLLRATH ET AL. 2004].

Im Folgenden sollen die Prüfung der in Kapitel 5.2.3 aufgestellten Hypothesen H1 bis H3, welche die Einschätzung der Umgebungsfaktoren betreffen, differenziert dargestellt werden.

Einfluss des Alters / der Fahrerfahrung auf die Einschätzung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes - Prüfung der Hypothese H1

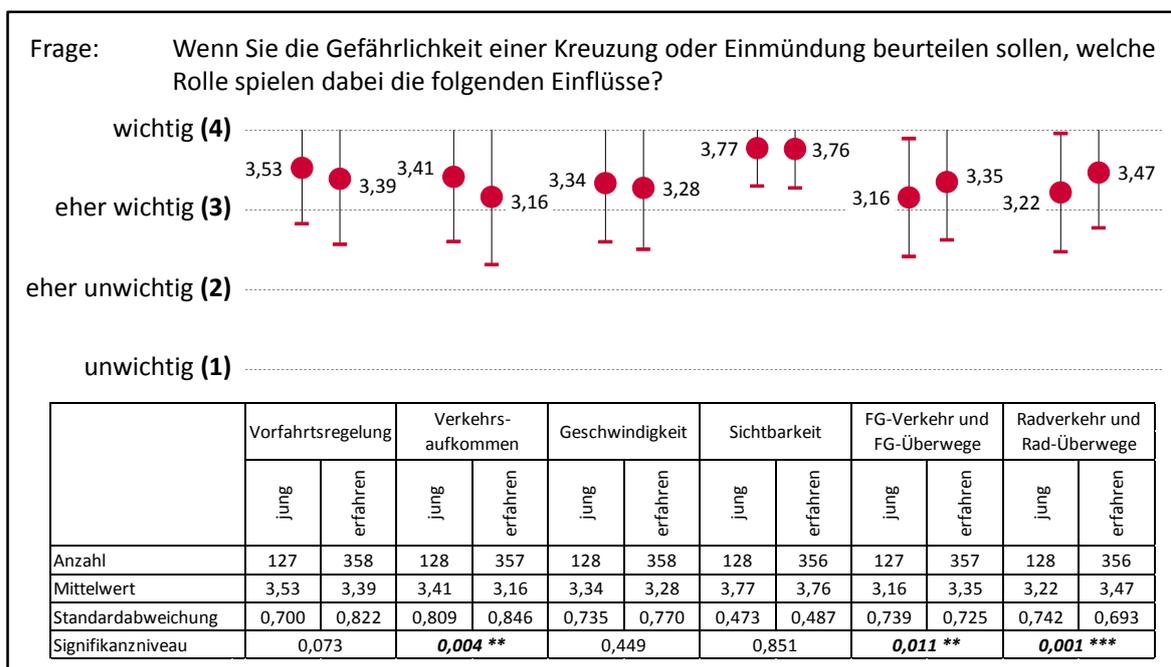


Bild 5.6: Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit von Alter bzw. Fahrerfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)

Die Betrachtung des Alters der Teilnehmer zeigt, dass die Einschätzung der Wichtigkeit der Sichtbarkeit am Knotenpunkt von beiden Altersgruppen identisch ist. Die Vorfahrtsregelung, das Verkehrsaufkommen und das Geschwindigkeitsniveau werden von jungen

Fahrern gefährlicher eingeschätzt als von erfahrenen Fahrern, wobei der Einfluss des Verkehrsaufkommens dabei signifikante Unterschiede aufweist (Signifikanzniveau 0,004). Erfahrene Fahrer schätzen den Einfluss vom Fußgängerverkehr und vorhandenen Überwege (Signifikanzniveau 0,011) sowie von vorhandenen Radüberwegen und des Radfahrerverkehrs (Signifikanzniveau 0,001) für die Beurteilung der Unfallgefahr eines Knotenpunktes signifikant wichtiger ein als junge Fahrer. Es lässt sich feststellen, dass für erfahrene Fahrer nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer eine größere Rolle spielen, als dies bei jungen Fahrern der Fall ist (siehe Bild 5.6).

Die *Hypothese H1* kann für die Betrachtungen der Umgebungsfaktoren Verkehrsaufkommen, Fußgängerverkehr und Fußgängerüberwege, sowie Radfahrerverkehr und Radüberwege bestätigt werden. Für die Bewertungen der Faktoren Vorfahrtsregelung, Geschwindigkeit und Sichtverhältnisse muss die *Hypothese H1* verworfen werden.

Einfluss des Geschlechts auf die Einschätzung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes - Prüfung der Hypothese H2

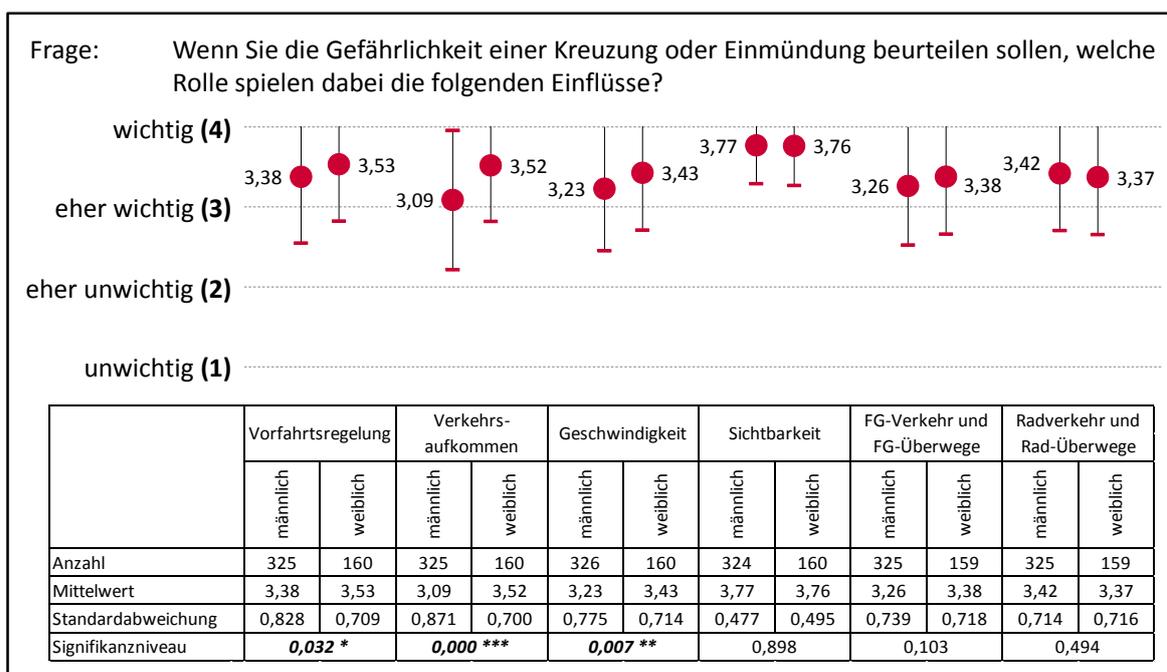


Bild 5.7: Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit vom Geschlecht (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau ≤ 0,05; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau ≤ 0,01; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau ≤ 0,001)

Die geschlechterspezifische Untersuchung der Befragungsergebnisse zeigt, dass Frauen den einzelnen Umgebungsfaktoren zumeist einen größeren Einfluss auf die Gefährlichkeit eines Knotenpunktes zuschreiben als Männer. Bei der Beurteilung der Art der Verkehrsregelung, des Verkehrsaufkommens und des Geschwindigkeitsniveaus zeigen sich hierbei zum Teil hoch signifikante Unterschiede. Die Sichtbarkeit wird von beiden Geschlechtern mit gleicher Wichtigkeit eingeschätzt. Der Einfluss des Fußgänger- und Radfahrerverkehrs wird von beiden Geschlechtern ähnlich stark eingeschätzt (siehe Bild 5.7).

Für die Einflussfaktoren Vorfahrtsregelung, Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeitsniveau kann die *Hypothese H2* bestätigt werden, wonach Frauen den genannten Faktoren einen signifikant höheren Einfluss bei der Beurteilung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten zuschreiben als Männer. Entsprechend muss *Hypothese H2* für die Faktoren Sichtbarkeit in andere Knotenpunktzufahrten, sowie dem Einfluss des Fußgänger- und Radverkehrs verworfen werden.

Einfluss der Unfallerfahrung auf die Einschätzung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes - Prüfung der Hypothese H3

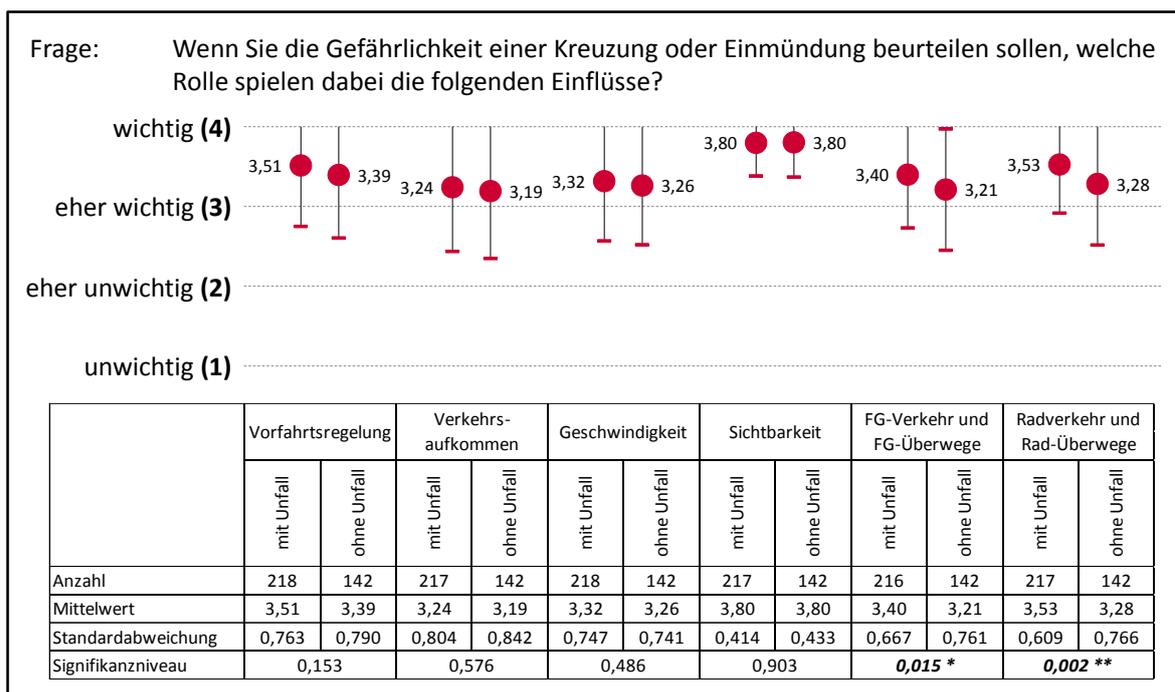


Bild 5.8: Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit von der Unfallerfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)

Zur Analyse des Einflusses der Unfallerfahrung auf Einschätzung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes konnte nur ein Teil der Probandenergebnisse herangezogen werden, da insgesamt nur von 360 Teilnehmer die Angaben zur Unfallbeteiligung vorlagen. Befragungsteilnehmer mit Unfallerfahrung schätzen die einzelnen Einflüsse auf die Gefährlichkeit eines Knotenpunktes tendenziell wichtiger ein als Verkehrsteilnehmer, die bisher noch an keinem Unfall beteiligt waren. Für den Einfluss der Sichtbedingungen in benachbarte Knotenpunktzufahrten lassen sich keine Unterschiede bei der Beurteilung zwischen den beiden Teilnehmergruppen feststellen. Die Einschätzungen der Einflüsse von Vorfahrtsregelung, Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeitsniveau weisen dabei nur geringe Unterschiede auf. Größere und zugleich signifikante Unterschiede zeigen sich bei der Einschätzung des Einflusses von Fußgänger- und Radfahrerverkehr (Signifikanzniveau 0,015 bzw. 0,002) auf die Einschätzung der Gefährlichkeit eines Knotenpunktes.

Wie aus Bild 5.8 ersichtlich, kann die *Hypothese H3* nur für die Einflussfaktoren „Fußgängerverkehr und Fußgängerüberwege“ sowie „Radfahrerverkehr und Radüberwege“ bestätigt werden.

Auf die Darstellung der Beurteilung der Teilnehmer mit Unfallererfahrung in Abhängigkeit der Art des Unfalls (Knotenpunktunfall oder Unfall an einer anderen Stelle im Straßennetz) wird an dieser Stelle verzichtet. Es zeigen sich dabei nur sehr geringe, jedoch nicht signifikante Unterschiede bei der Beurteilung der Einflüsse der Umgebungsfaktoren auf die Gefährlichkeit eines Knotenpunktes. Für Befragungsteilnehmer mit Unfallererfahrung kann daher kein Einfluss der Unfalleigenschaften des bereits erlebten Unfalls (Unfall an einem Knotenpunkt oder einer anderen Stelle im Straßennetz) auf die Beurteilung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten abgeleitet werden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass vor allem die Einflussfaktoren Radfahrer- und Fußgängerverkehr signifikant unterschiedlich eingeschätzt werden. Frauen und Verkehrsteilnehmer mit Unfallererfahrung weisen dem nichtmotorisierten Verkehr eine höhere Relevanz in Bezug auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten zu.

Die Untersuchung der Einschätzung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und Unfallererfahrung haben gezeigt, dass der Faktor mit dem höchsten Einfluss (die Einsehbarkeit in andere Knotenpunktzufahrten) von allen Teilgruppen einheitlich bewertet wird. Bezüglich der Unfall- und der Fahrerfahrung wird vor allem der Einfluss ungeschützter Verkehrsteilnehmer signifikant unterschiedlich eingeschätzt. Frauen weisen hauptsächlich dynamischen Einflüssen (Geschwindigkeit und Verkehrsaufkommen) eine größere Bedeutung bei der Beurteilung der Gefährlichkeit zu. Auch für Fahrer mit wenig Fahrerfahrung hat das Verkehrsaufkommen am Knotenpunkt einen signifikant höheren Einfluss auf die Gefährlichkeit.

5.3.1.2 Beurteilung von Fahrmanövern und Konfliktkonstellationen

Zur Einschätzung der subjektiv empfundenen Gefahr möglicher Konfliktkonstellationen wurden den Teilnehmern insgesamt acht verschiedene Fahrsituationen am Knotenpunkt beschrieben und schematisch dargestellt. Der Ausgangspunkt der Beurteilung war jeweils eine vorfahrtgeregelte Kreuzung, welche aus der wartepflichtigen Zufahrt betrachtet wurde. Die Befragungsteilnehmer sollten die Unfallgefahr der entsprechenden Konfliktkonstellationen bewerten. Die einzelnen Situationen unterschieden sich dabei durch die Art des durchzuführenden Fahrmanövers, sowie die Art und die Bewegungsrichtung des potentiellen Konfliktpartners. Es wurden dabei die in *Kapitel 4.2* beschriebenen Knotenpunktunfallgruppen (siehe auch Bild 4.2) zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse der Einschätzung der Teilnehmer zeigen, dass Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern generell gefährlicher beurteilt werden als Fahrsituationen mit anderen motorisierten Fahrzeugen. Konflikte beim Abbiegen, in denen sich Radfahrer und Fußgänger in

gleicher Richtung bewegen (*KUG 13* und *23*) wird dabei im Mittel der höchste Gefahrenlevel zugewiesen. Etwas weniger gefährlich werden Situationen mit kreuzenden Radfahrern und Fußgängern (*KUG 32* und *42*) eingeschätzt. Entgegenkommende Radfahrer und Fußgänger beim Abbiegen (*KUG 12* und *22*) werden gefährlicher eingeschätzt als alle Konfliktkonstellationen mit anderen motorisierten Fahrzeugen. Der Vergleich der Konfliktkonstellationen mit motorisierten Beteiligten zeigt, dass dem entgegenkommenden Fahrzeugverkehr beim Linksabbiegen (*KUG 11*) die geringste Unfallgefahr zugewiesen wird. Geringfügig gefährlicher werden kreuzende Fahrzeuge von rechts und links (*KUG 31* und *41*) bewertet (siehe Bild 5.9).

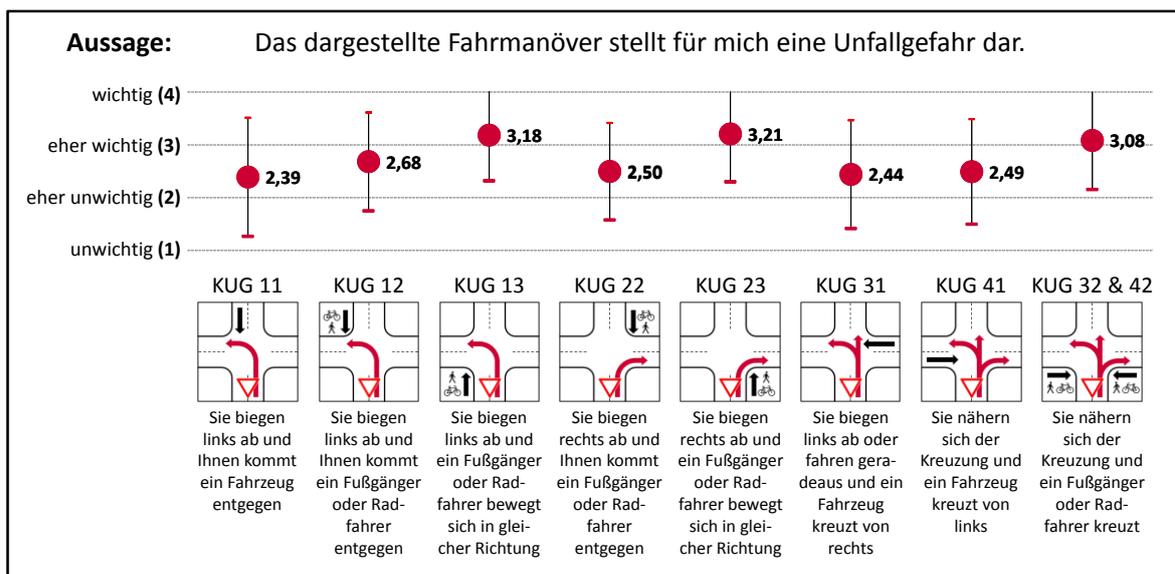


Bild 5.9: Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt

Insgesamt ist erkennbar, dass die subjektiven Einschätzungen der Teilnehmer zum Teil den Erkenntnissen aus der Unfallanalyse widersprechen. Die im Knotenpunktunfallgeschehen zwischen zwei motorisierten Beteiligten vorwiegend auftretende Konfliktsituation „Linksabbieger und geradeausfahrender Gegenverkehr“ (*KUG 11*) wird aus subjektiver Sicht als am wenigsten gefährlich beurteilt. Unfallsituationen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Radfahrer und Fußgänger) werden als besonders gefährlich eingeschätzt, obwohl in diesen Situationen geringere Verletzungsschweren für die Fahrzeuginsassen zu erwarten sind. Als Grund für diese Beurteilung wird weniger die Gefahr gesehen bei einem Unfall dieser Konstellation als Fahrzeuginsasse selbst verletzt zu werden. Stattdessen lässt sich vermuten, dass die bei Unfällen mit Radfahrern und Fußgängern zu verzeichnenden, wesentlich höheren mittleren Unfallschweren, das Urteil über die Gefährlichkeit dieser Konfliktkonstellation beeinflussen.

Einfluss des Alters / der Fahrerfahrung auf die Einschätzung von Unfallgefahren von Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt - Prüfung der Hypothese H4

Der Vergleich der Einschätzung der Unfallgefahr der einzelnen Konfliktkonstellationen zwischen der Gruppe der „jungen Fahrer“ und der Gruppe der „erfahrenen Fahrer“ zeigt insgesamt nur geringe Abweichungen. Die unterschiedlichen Konstellationen werden annähernd gleich beurteilt und es lassen sich keine eindeutigen Tendenzen erkennen. Lediglich bei der Einschätzung des Konfliktes zwischen dem Rechtsabbieger und dem parallel fahrendem Radfahrer bzw. Fußgänger (KUG 23) lässt sich ein signifikanter Unterschied nachweisen. Erfahrene Verkehrsteilnehmer schätzen die Unfallgefahr in dieser Situation gefährlicher (Signifikanzniveau 0,027) ein als dies junge Fahrer tun. Bei allen anderen Konflikten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (siehe Bild 5.10). Daher muss die Hypothese H4 für alle Fahrmanöver mit Ausnahme der KUG 23 verworfen werden.

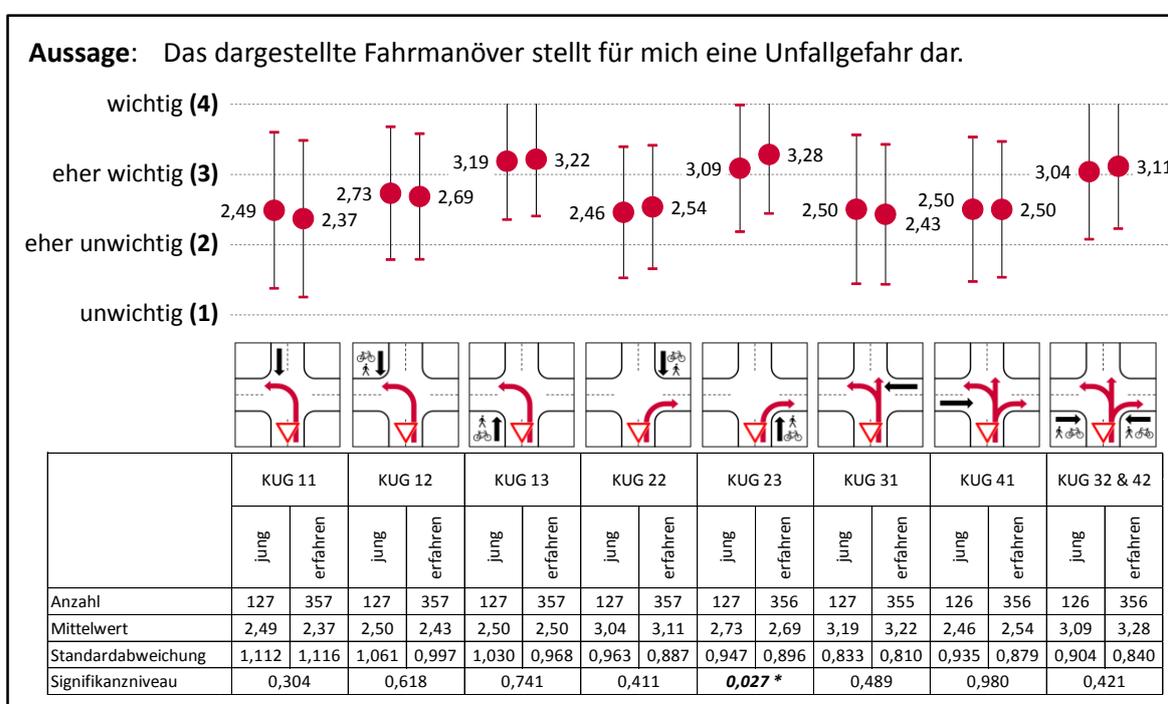


Bild 5.10: Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt in Abhängigkeit von Alter bzw. Fahrerfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)

Einfluss des Geschlechts auf die Einschätzung von Unfallgefahren von Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt - Prüfung der Hypothese H5

Die Beurteilung der Konfliktsituationen durch Frauen und Männer zeigt ein zweigeteiltes Ergebnis. Die mit geringerer Unfallgefahr eingeschätzten Konfliktsituationen mit anderen motorisierten Beteiligten (kreuzende Fahrzeuge von rechts - KUG 31 oder links - KUG 41 sowie entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen - KUG 11) werden von Frauen

gefährlicher eingeschätzt als von männlichen Teilnehmern. Wohingegen die tendenziell gefährlich beurteilten Konfliktkonstellationen mit Radfahrern und Fußgängern zumeist von Männern als gefährlicher angesehen werden. Für die Unterschiede in der Bewertung konnte nur für den Konflikt zwischen Rechtsabbieger und parallel fahrendem Radfahrern bzw. Fußgängern (*KUG 23*) eine signifikant höhere Bewertung (Signifikanzniveau 0,014) der Gefährlichkeit durch männliche Fahrer festgestellt werden. In allen anderen Fahrsituationen zeigen sich nur geringe nicht signifikante Unterschiede in den Beurteilungen. Die *Hypothese H5* kann demnach nur für den Konflikt „Rechtsabbiegen und Radfahrer bzw. Fußgänger in gleicher Fahrtrichtung“ (*KUG 23*) bestätigt werden (siehe Bild 5.11).

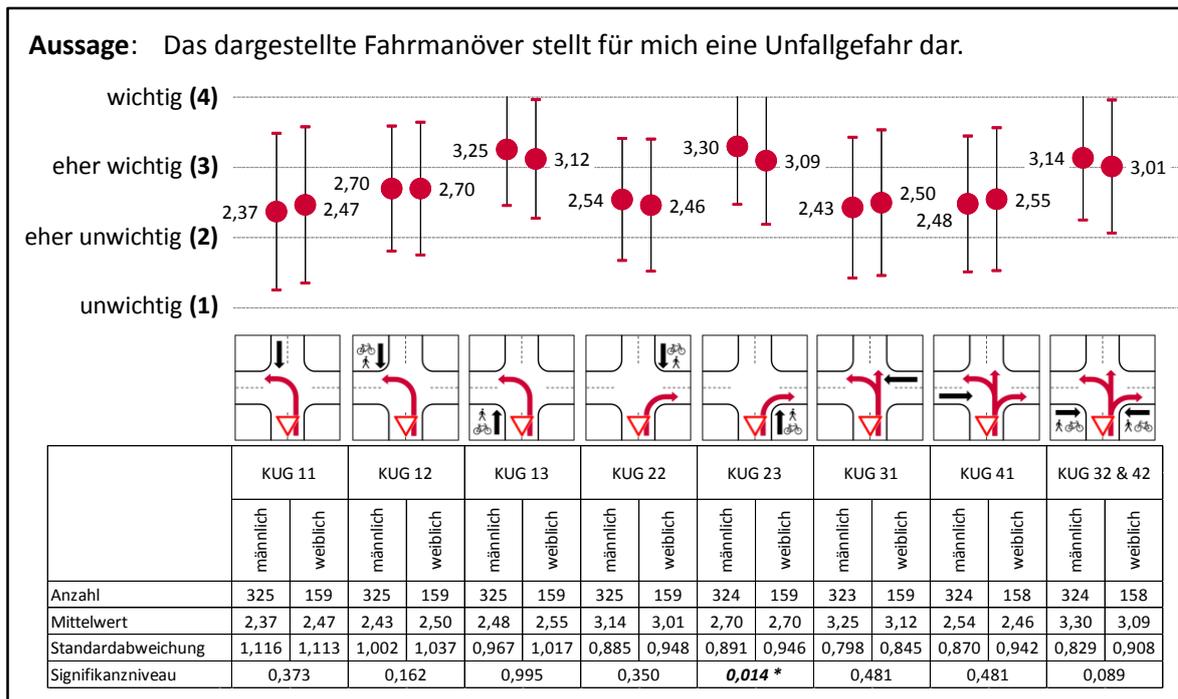


Bild 5.11: Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt in Abhängigkeit vom Geschlecht (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)

Einfluss der Unfallerfahrung auf die Einschätzung von Unfallgefahren von Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt - Prüfung der Hypothese H6

Hinsichtlich der Beurteilung der Unfallgefahr durch Teilnehmer mit und ohne Unfallerfahrung zeigt sich ein sehr diffuses Bild. Es lassen sich zum Teil geringe, jedoch nicht signifikante Unterschiede in der Bewertung der Konfliktsituationen feststellen. Die Unfallgefahr durch entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen (*KUG 11*), sowie durch kreuzende Fahrzeuge von rechts (*KUG 31*) wird von Fahrern mit Unfallerfahrung geringer eingeschätzt. Konfliktsituationen mit entgegenkommenden (*KUG 12*) sowie kreuzenden Radfahrern und Fußgängern (*KUG 32* und *42*) werden von Befragungsteilnehmern, die bereits an einem Unfall beteiligt waren, gefährlicher beurteilt. Bei der Einschätzung von Konfliktsi-

tuationen mit parallel fahrenden Radfahrern beim Abbiegen (*KUG 13* und *23*) und kreuzenden Fahrzeugen von links (*KUG 41*) zeigen sich hingegen kaum Unterschiede (siehe Bild 5.12).

Insgesamt können aus den Ergebnissen keine eindeutigen Tendenzen für eine unterschiedliche Bewertung der Unfallgefahr der einzelnen Fahrsituationen in Abhängigkeit der Unfallererfahrung der Befragungsteilnehmer festgestellt werden. Aufgrund der geringen Unterschiede sowie fehlender Signifikanz der unterschiedlichen Ergebnisse kann *Hypothese H6* nicht bestätigt werden.

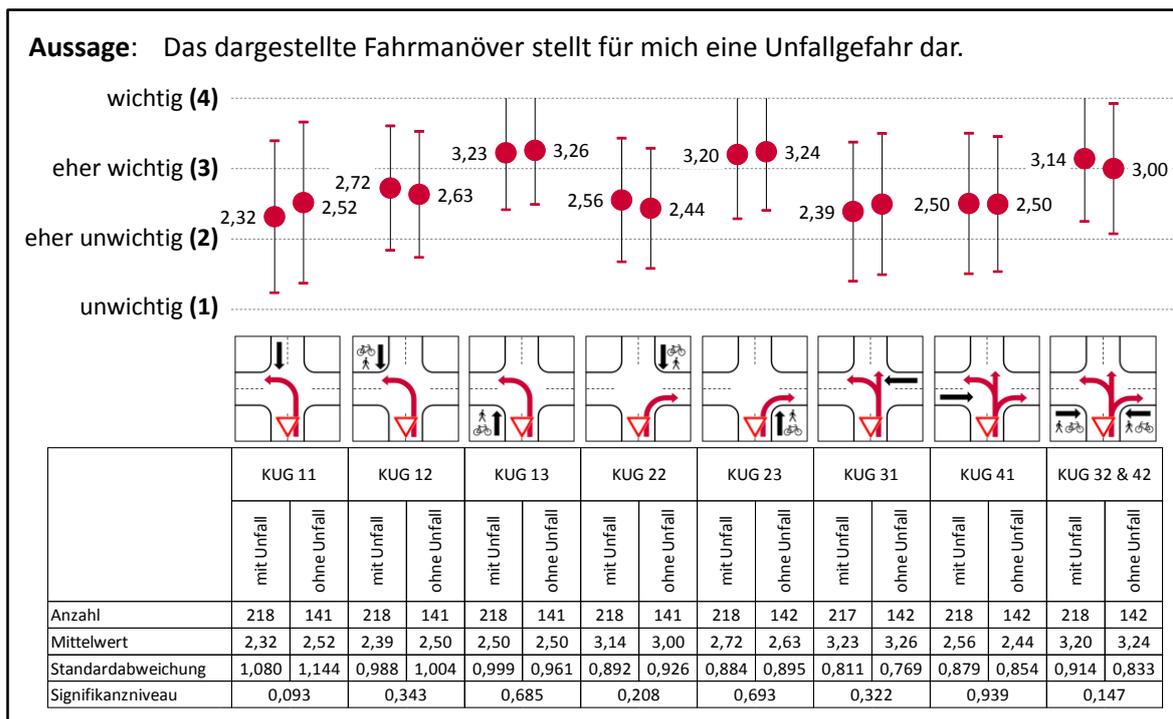


Bild 5.12: Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt in Abhängigkeit der Unfallererfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Einschätzung der einzelnen Konfliktsituationen durch die verschiedenen Teilnehmergruppen weniger stark variiert als dies bei der Beurteilung der Einflüsse der Umgebungsfaktoren (siehe *Kapitel 5.3.1.1*) der Fall ist. Signifikante Unterschiede lassen sich nur für die Konfliktsituation zwischen Rechtsabbiegern und Radfahrern bzw. Fußgängern, die sich in gleicher Richtung bewegen (*KUG 23*) feststellen. Dieser Situation wird sowohl von Männern, als auch von erfahrenen Verkehrsteilnehmern eine größere Unfallgefahr zugeschrieben als dies Frauen oder junge Fahrer tun.

5.3.2 Bewertung unfallträchtiger Knotenpunktgestaltungen

In diesem Abschnitt werden die Erkenntnisse aus den Befragungen zu den verschiedenen vorgestellten Knotenpunktsituationen (dritter Teil des Fragebogens siehe Bild 5.1) zusammengefasst. Eine detaillierte Auflistung der Beurteilungen der Teilnehmer ist in *Anhang 8* aufgeführt.

5.3.2.1 Gesamteinschätzung von Knotenpunktsituationen

Die vorgestellten Knotenpunkte werden von den Befragungsteilnehmern allgemein als gut verständlich eingeschätzt. Situation A (Linksabbiegen an einer LSA-Kreuzung mit separater Linksabbiegerphase) wird bezüglich der Übersichtlichkeit am besten beurteilt, jedoch unverständlicher als die anderen Situationen bewertet. Situation D (Geradeausfahren an einer „rechts vor links“-geregelter Kreuzung) wird am unübersichtlichsten beurteilt. Darüber hinaus ist es die Situation, die gefährlicher eingeschätzt wird als alle anderen. Insgesamt zeigen sich jedoch bei der Beurteilung der Gefährlichkeit der einzelnen Knotenpunkte ähnliche Ergebnisse. Der Knotenpunkt mit Schilderregelung (Situation B und C) wird weniger unverständlich eingeschätzt als Knotenpunkte mit anderen Verkehrsregelungen. Die Einschätzungen der Situationen B und C, bzw. E und F, welche jeweils den gleichen Knotenpunkt darstellen, weisen insgesamt nur geringe Unterschiede in den Beurteilungen auf. Demnach rufen verschiedene Fahrmanöver (Rechts- und Linksabbiegen) an ein und demselben Knotenpunkt keine wesentlich unterschiedlichen Einschätzungen bei den Befragungsteilnehmern hervor (siehe Bild 5.13).

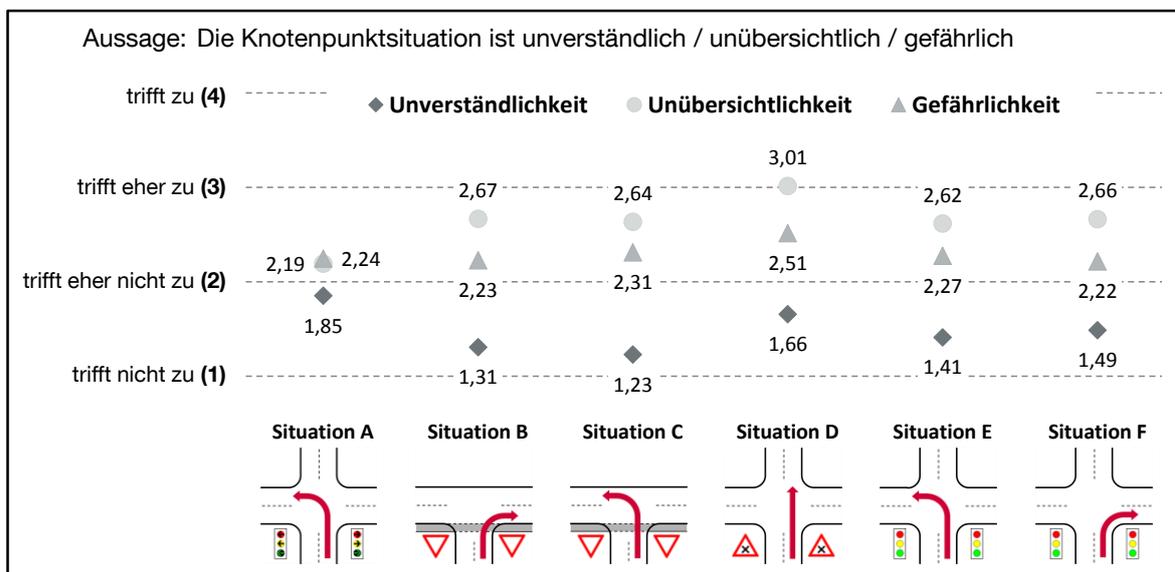


Bild 5.13: Beurteilung gefährlicher Knotenpunktgestaltungen aus dem Untersuchungsgebiet

Die Einschätzung der Verständlichkeit der einzelnen Knotenpunkte durch die Teilnehmergruppen „junge Fahrer“ und „erfahrene Fahrer“ weisen insgesamt nur geringe Unterschiede auf. Die Knotenpunkte werden dabei von jungen Fahrern überwiegend als unüber-

sichtlicher und gefährlicher bewertet. Die geschlechterspezifische Betrachtung der Beurteilungsergebnisse zeigt, dass Frauen die vorgestellten Knotenpunkte unverständlicher einschätzen. Die vorgestellte Situation an der Einmündung (Situation B und C) sowie die „rechts vor links“-geregelter Kreuzung (Situation D) werden von männlichen Teilnehmern unübersichtlicher und gefährlicher beurteilt als durch weibliche Teilnehmerinnen. Für Teilnehmer mit und ohne Unfallfahrung konnten keine wesentlichen Unterschiede bei der Beurteilung der verschiedenen Knotenpunktsituationen festgestellt werden.

5.3.2.2 Konflikte am Knotenpunkt

Nach der allgemeinen Einschätzung der vorgestellten Knotenpunkte sind die zu erwartenden Konflikte bei der Durchführung des jeweils vorgegebenen Fahrmanövers von den Teilnehmern erfragt worden. Dabei wurden insgesamt häufiger Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern als mit anderen Fahrzeugen genannt. So werden beim Linksabbiegen an lichtsignalgeregelten Kreuzungen (Situationen A und E) vor allem Gefahren durch parallel fahrende oder entgegenkommende Radfahrer erwartet. Mehr als zwei Drittel der Befragten rechnen in diesen Fahrsituationen mit Gefahren durch parallel fahrende oder entgegenkommende Radfahrer. Die Gefährdung durch entgegenkommende Fahrzeuge wird im Vergleich dazu geringer eingeschätzt. An Knotenpunkten mit separater Phase für Linksabbieger (Situation A) rechnen die Teilnehmer zwar seltener mit Konflikten durch entgegenkommende Fahrzeuge als an Knotenpunkten ohne separate Linksabbieger-Phase (Situation E). Jedoch erwartet die Hälfte der befragten Verkehrsteilnehmer in Situation A weiterhin einen Konflikt mit dem entgegenkommenden Fahrzeug, obwohl dieser durch die separate Linksabbiegerphase unterbunden wird und nur durch einen Rotlichtverstoß des entgegenkommenden Geradeausfahrers hervorgerufen werden kann. Dies zeigt, dass die objektiv vorhandene Unfallgefahr (11 % der Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet entsprechen der in der Befragung dargestellten Situation A) aus subjektiver Fahrersicht nicht unterschätzt wird.

Kreuzende Radfahrer und Fußgänger (*KUG 32* oder *42*) werden bei Linksabbiegemanövern an lichtsignalgeregelten Kreuzungen seltener als Unfallgegner erwartet als kreuzende Fahrzeuge (*KUG 31* oder *41*). Demnach wird von Radfahrern und Fußgängern ein Rotlichtverstoß mit einer höheren Wahrscheinlichkeit erwartet als von anderen Fahrzeugführern.

Die Beurteilung des Geradeausfahrens an einer „rechts vor links“-geregelter Kreuzung (Situation D) zeigt, dass hier von den Teilnehmern Konflikte mit kreuzenden Fahrzeugen häufiger erwartet werden als mit kreuzenden Radfahrern oder Fußgängern. Junge Fahrer nennen dabei häufiger Gefahren durch von rechts kommende Fahrzeuge (*KUG 31*), was in diesem Kontext einer Missachtung der Vorfahrtsregelung entspricht. Erfahrene Fahrer erwarten Gefahren aus beiden Richtungen in ähnlicher Häufigkeit.

Beim Rechtseinbiegen aus einer Einmündung in eine Vorfahrtsstraße (Situation B) werden Fahrzeuge von links (*KUG 41*) und Radfahrer von rechts (*KUG 32*) als häufigste Konfliktgegner erwartet. Hingegen werden beim Rechtsabbiegen an einer lichtsignalgeregelten

Kreuzung (Situation F) häufiger Konflikte mit parallel fahrenden oder entgegenkommenden Radfahrern (*KUG 22 und 23*) erwartet als Konfliktkonstellationen mit kreuzenden Radfahrern (*KUG 32 und 42*). Es ist anzunehmen, dass die Vorfahrtsregelung durch die LSA (aufgrund der Regelung kreuzender Verkehrsströme in getrennten Phasen) diese unterschiedlichen Einschätzungen hervorruft. Auffällig ist, dass etwa jeder vierte Befragungsteilnehmer an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten mit Konflikten rechnet, welche durch kreuzende Radfahrer und Fußgänger hervorgerufen werden. Die häufige Nennung kreuzender Verkehrsteilnehmer als Konfliktgegner an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten lässt erkennen, dass Gefahren durch Rotlichtverstöße subjektiv sehr hoch eingeschätzt werden.

5.3.2.3 Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit

Von den verschiedenen Umgebungsfaktoren, welche als Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit der einzelnen Knotenpunktsituationen genannt werden, wird die Übersicht des Knotenpunktes und die Einsehbarkeit anderer Knotenpunktzufahrten am häufigsten aufgeführt. Mehr als drei Viertel der Befragten nennen die eingeschränkte Sicht in benachbarte Zufahrten als Grund für die Gefährlichkeit am Knotenpunkt. Nur Situation A (Linksabbiegen an einer LSA-Kreuzung mit separater Linksabbiegerphase) stellt dabei eine Ausnahme dar. Aufgrund der großflächigen Knotenpunktgestaltung spielen hier andere Faktoren (wie bspw. das Verkehrsaufkommen sowie der kreuzende Fußgänger- und Radverkehr) eine wesentlich wichtigere Rolle bei der Einschätzung der Gefährlichkeit.

Auffällig ist, dass die Art der Vorfahrtsregelung für das Geradeausfahren an einer „rechts vor links“-geregelten Kreuzung (Situation D) verhältnismäßig häufig als Grund für die Gefährlichkeit des Knotenpunktes genannt wird. Jeder vierte Teilnehmer (26 %) ist der Meinung, die „rechts vor links“-Regelung trägt zur Gefährlichkeit des Knotenpunktes bei. Die Art der vorliegenden Vorfahrtsregelung wird in allen anderen untersuchten Knotenpunktsituationen nur sehr selten als Ursache von Gefahren am Knotenpunkt beschrieben. Bei der Beurteilung von Abbiegemanövern an lichtsignalgeregelten Kreuzungen (Situationen A, E und F) werden Radfahrer und Fußgänger, die sich parallel zum Fahrzeug bewegen, von 60 bis 70 % der Teilnehmer als wichtiger Einflussfaktor auf die Gefährlichkeit des Knotenpunktes genannt. Diese werden damit in ähnlicher Häufigkeit als maßgebender Einflussfaktor auf die Gefährlichkeit des Knotenpunktes genannt, wie die Einsehbarkeit der anderen Knotenpunktzufahrten.

5.3.2.4 Änderungsvorschläge

Zur Verbesserung der Sicherheit in den dargestellten Knotenpunktsituationen wird besonders häufig die Einrichtung eines Parkverbotes genannt. Mit Ausnahme der Situation A wird diese Maßnahme in allen vorgestellten Knotenpunktsituationen jeweils am häufigsten genannt. Dies stellt einen weiteren Hinweis dar, dass den Befragungsteilnehmern die Übersichtlichkeit an Knotenpunkten (in diesem Fall die Vermeidung möglicher Sichteinschränkungen durch parkende Fahrzeuge) besonders wichtig ist. Darüber hinaus werden in fast

allen Situationen Verbesserungen durch die Anpassung der Straßenmarkierungen erwartet. Dabei geben 66 % der Probanden an, dass die Verdeutlichung des Fahrstreifenverlaufes im Knotenpunktbereich beim Linksabbiegen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen kann. Von der Verdeutlichung der Markierung von Rad- und Fußgängerüberwegen an vorfahrtsgeregelten Knotenpunkten erwartet ein Drittel der befragten Verkehrsteilnehmer eine Steigerung des Sicherheitsniveaus.

Ein Rückbau der LSA und der Ersatz durch eine schildergeregelte Vorfahrt wird in Situationen an LSA-Knotenpunkten (Situationen A, E und F) nur selten als mögliche Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt angesehen. Hingegen erwarten mehr als ein Fünftel der Befragungsteilnehmer eine Erhöhung der Sicherheit an Einmündungen durch das Ersetzen des Vorfahrt achten-Schildes durch ein STOP-Schild. Eine Änderung der Vorfahrtsregelung an der „rechts vor links“-geregelten Kreuzung (Situation D) wird von mehr als 40 % der Probanden als Möglichkeit zur Verbesserung der Verkehrssicherheit angesehen.

Situationsabhängig sind zwischen 16 und 43 % der Befragungsteilnehmer der Meinung der Umbau der vorgestellten Knotenpunkte zu einem Kreisverkehr trägt zu einer verbesserten Verkehrssicherheit bei. Diese Einschätzung spiegelt die Tatsache wider, dass Kreisverkehre im Allgemeinen eine höhere Verkehrssicherheit aufweisen als Einmündungen und Kreuzungen [SPAHN 2009, ADAC 2011]. Die Steigerung der Sicherheit am Knotenpunkt durch andere bauliche Änderungen, wie Fahrbahnverbreiterungen oder zusätzliche Mittelinseln wird nur sehr selten angegeben.

5.3.2.5 Assistenzwünsche

In der Befragung wurden neben den Änderungswünschen an der Infrastruktur auch die Unterstützungswünsche der Probanden in den dargestellten Knotenpunktsituationen erfasst. Dazu wurde nach der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionalitäten (die Information über andere relevante Verkehrsteilnehmer, die Warnung vor potentiellen Konfliktgegnern und der Eingriff des Systems zur Vermeidung einer bevorstehenden Kollision) in den dargestellten Knotenpunktsituationen gefragt. Die Notwendigkeit der Unterstützung durch ein Assistenzsystem sollte anhand einer vierteiligen Skala („unwichtig“ - „eher unwichtig“ - „eher wichtig“ - „wichtig“) beurteilt werden. Die Ablehnung der jeweiligen Funktion des Assistenzsystems konnte ebenfalls zum Ausdruck gebracht werden („diese Funktion möchte ich nicht“).

Insgesamt zeigt sich ein sehr homogenes Bild der Einschätzungen der Befragungsteilnehmer. Mehr als 60 % der Teilnehmer wünschen sich eine informierende Assistenz in den dargestellten Knotenpunktsituationen. Sogar mehr als 80 % der Befragten sehen warnende Systeme als wichtig an. Dies kann dabei unabhängig von der Art des betrachteten Knotenpunktes und den jeweiligen Konfliktkonstellationen festgehalten werden.

Die Zustimmung zu eingreifenden Systemen fällt insgesamt geringer aus. Immerhin sehen mehr als 40 % der Befragungsteilnehmer je nach Situation und Konfliktkonstellation Assistenzsysteme mit eingreifender Funktion (Brems- und/oder Lenkeingriff) als wichtig an. Der Anteil der Teilnehmer, die eingreifende Systeme ablehnen ist in allen Situationen und Konfliktkonstellationen höher als für informierende bzw. warnende Systeme. Insgesamt ist erkennbar, dass bei Konflikten mit Radfahrern und Fußgängern der Unterstützungswunsch stärker ausgeprägt ist als bei Konflikten mit anderen Fahrzeugen. Zwischen den verschiedenen Fahrmanövern (Rechtsabbiegen, Linksabbiegen und Geradeausfahren) konnte kein wesentlicher Unterschied in der Beurteilung der Assistenzwünsche festgestellt werden.

5.3.3 Gefährliche Knotenpunkte aus eigener Fahrerfahrung

Neben der Beurteilung vorgegebener Knotenpunktsituationen wurde den Teilnehmern in der Umfrage die Möglichkeit gegeben gefährliche Knotenpunkte aus der eigener Fahrerfahrung zu beschreiben (vierter Teil der Umfrage, siehe Bild 5.1). Insgesamt 256 Personen (53 % aller Befragungsteilnehmer) haben Angaben zu gefährlichen Knotenpunkten gemacht und in 220 Fällen davon (45 % aller Teilnehmer) konnte aus den Beschreibungen der Teilnehmer ein genauer Knotenpunkt identifiziert werden. Dabei beschrieben 126 Teilnehmer gefährliche Kreuzungen (57 % der zuordenbaren Knotenpunkte) und 87-mal wurden Einmündungen (40 % der zuordenbaren Knotenpunkte) genannt. Kreisverkehre sind relativ selten (1,4 %) als gefährliche Knotenpunkte genannt worden (siehe Bild 5.14).

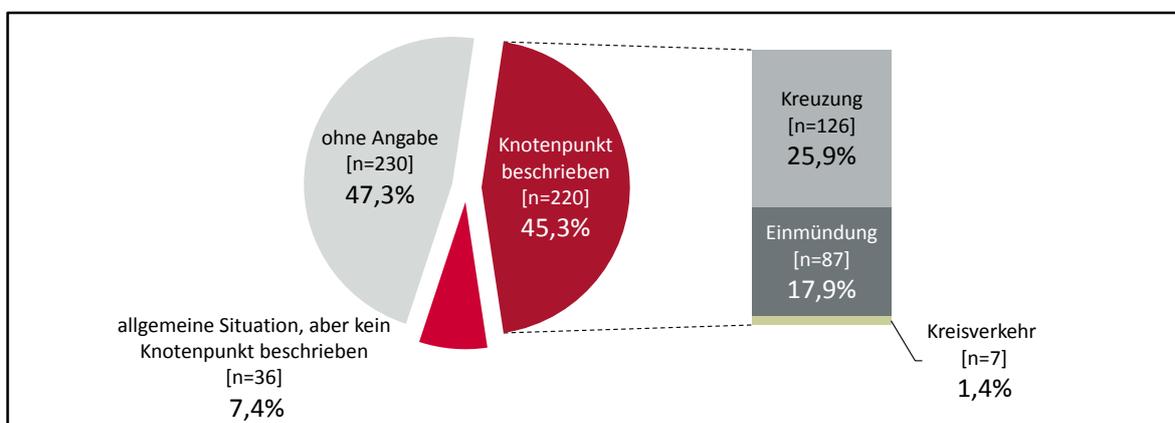


Bild 5.14: Gefährliche Knotenpunkte im eigenen Umfeld - Verteilung der Knotenpunktart

Für alle identifizierten Knotenpunkte wurden anhand der verfügbaren Luftbilder die gleichen Informationen zur geometrischen Gestaltung erhoben, wie für die Knotenpunkte innerhalb des Untersuchungsgebietes (vgl. *Kapitel 3.2* und *Anhang 1*). Insgesamt stellen 29 % der genannten Knotenpunkte lichtsignalgeregelte Kreuzungen und 27 % vorfahrts-geregelte Einmündungen dar. Knotenpunkte mit STOP-Schild-Regelung werden von 9 % der Teilnehmer und damit im Vergleich zur Häufigkeit im Straßennetz des Untersuchungsgebietes wesentlich häufiger beschrieben. Ebenso werden Knotenpunkte mit abknickender Vorfahrtsstraße (6 %) verhältnismäßig oft genannt (siehe Tab. 5.3). Insgesamt werden Kreuzungen von jungen Befragungsteilnehmer (im Alter unter 25 Jahren) häufiger (71 %)

als gefährliche Knotenpunkte beschrieben, als dies bei erfahrenen Fahrern (56 %) der Fall ist. Die Verteilung der Vorfahrtsregelung der genannten Knotenpunkte unterscheidet sich nicht wesentlich hinsichtlich des Geschlechtes, der Altersgruppe und der Unfallererfahrung der Befragungsteilnehmer.

Der Großteil der beschriebenen Knotenpunkte (84 %) befindet sich innerhalb von Ortschaften, mehr als die Hälfte davon innerhalb von Wohngebieten. Der überwiegende Teil der Knotenpunkte (78 %) entspricht der *Grundform I* (Einmündungen und Kreuzungen zwischen zwei einbahnigen Straßen) und 50 % aller genannten Einmündungen sowie 70 % der beschriebenen Kreuzungen weisen ein annähernd rechtwinkliges Layout auf. Bei der Gestaltung der genannten Einmündungen und Kreuzungen zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Übersichtlichkeit der Zufahrten. So ist die Sicht bei der Annäherung an die beschriebenen Kreuzungen zumeist (54 %) durch Gebäude beeinträchtigt. Die Anfahrt an genannte Einmündungen stellt sich insgesamt übersichtlicher dar, an mehr als 30 % der Einmündungen herrscht freie Sicht in die benachbarten Zufahrten. Die Hälfte der beschriebenen Knotenpunkte weist markierte Überwege für Radfahrer und Fußgänger auf.

Knotenart Ortslage Vorfahrtsregelung	Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	alle Knotenpunkte	Anteil Gesamtantworten			
					Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	alle Knotenpunkte
innerorts	61	118	7	186	27,7%	53,6%	3,2%	84,5%
Lichtsignalanlage	10	61		71	4,5%	27,7%		32,3%
Schilderregelung	42	48	7	97	19,1%	21,8%	3,2%	44,1%
davon:								
STOP-Schild	2	14		16	0,9%	6,4%		7,3%
Vorfahrt achten	34	28	7	69	15,5%	12,7%	3,2%	31,4%
abknickende Vorfahrt	6	6		12	2,7%	2,7%		5,5%
rechts vor links	9	9		18	4,1%	4,1%		8,2%
außerorts	26	8		34	11,8%	3,6%		15,5%
Lichtsignalanlage	8	3		11	3,6%	1,4%		5,0%
Schilderregelung	18	5		23	8,2%	2,3%		10,5%
davon:								
STOP-Schild	2	2		4	0,9%	0,9%		1,8%
Vorfahrt achten	16	2		18	7,3%	0,9%		8,2%
abknickende Vorfahrt		1		1		0,5%		0,5%
rechts vor links								
innerorts und außerorts	87	126	7	220	39,5%	57,3%	3,2%	
Lichtsignalanlage	18	64		82	8,2%	29,1%		37,3%
Schilderregelung	60	53	7	120	27,3%	24,1%	3,2%	54,5%
davon:								
STOP-Schild	4	16		20	1,8%	7,3%		9,1%
Vorfahrt achten	50	30	7	87	22,7%	13,6%	3,2%	39,5%
abknickende Vorfahrt	6	7		13	2,7%	3,2%		5,9%
rechts vor links	9	9		18	4,1%	4,1%		8,2%

Tab. 5.3: Verteilung der beschriebenen gefährlichen Knotenpunkte aus der eigenen Fahrerfahrung [n=220] nach Knotenpunktart, Ortslage und Vorfahrtsregelung

Für die von den Teilnehmern genannten Knotenpunkte werden zumeist Konflikte mit anderen Fahrzeugen als Grund für die Gefährlichkeit des Knotenpunktes aufgeführt. Jeweils mehr als 40 % nennen Situationen mit kreuzenden Fahrzeugen von rechts und links (KUG 31 und 41) als potentielle Gefahrenquellen, wobei an Kreuzungen Fahrzeugen von links (KUG 41; 51 %) ein höheres Gefahrenpotential zugesprochen wird als Situationen mit kreuzenden Fahrzeugen von rechts (KUG 31; 41 %). Mehr als ein Viertel der Befragungsteilnehmer sehen Situationen mit entgegenkommenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen (KUG 11) an Einmündungen (26 %) bzw. Kreuzungen (31 %) als gefährlich an. Problemsituationen mit schwächeren Verkehrsteilnehmern werden vor allem durch kreuzende Radfahrer und Fußgänger gesehen (KUG 32 und 42; mit mehr als 30 % an Einmündungen und mit mehr als 20 % an Kreuzungen). An Einmündungen werden besonders oft Konflikte mit kreuzenden Radfahrern und Fußgängern (34 % Gefahr von rechts - KUG 32; 32 % Gefahr von links - KUG 42) genannt. Parallel fahrende Radfahrer beim Rechtsabbiegen (KUG 23) stellen an Kreuzungen (35 %) häufiger Probleme dar als an Einmündungen (16 %), ebenso wie Radfahrer und Fußgänger, die die Fahrbahn auf der gegenüberliegenden Seite einer Kreuzung überqueren (23 % Gefahr von links - KUG 43, 17 % Gefahr von rechts - KUG 33) (siehe Bild 5.15).

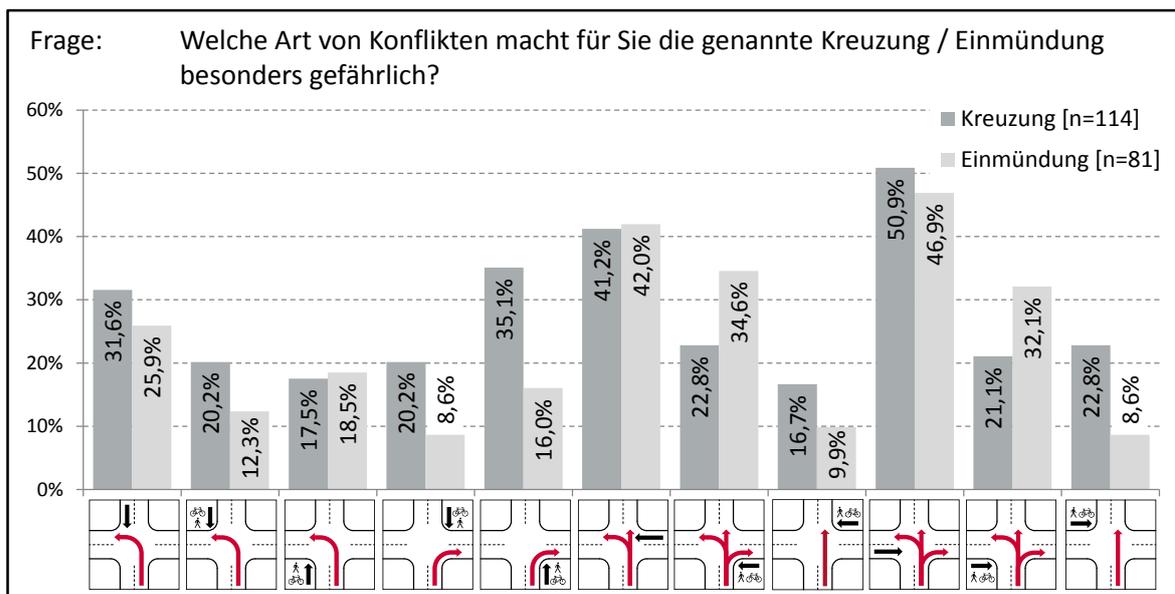


Bild 5.15: Häufigkeit von Konfliktkonstellationen an Kreuzungen und Einmündungen im eigenen Umfeld der Befragungsteilnehmer

Aus der Darstellung der Knotenpunkte aus der eigenen Fahrerfahrung lässt sich erkennen, dass in vielen Fällen die Einsehbarkeit in andere Zufahrten beim Befahren des Knotenpunktes ausschlaggebend für die Gefährlichkeit des Knotenpunktes angesehen wird. Etwa ein Drittel der Probanden weisen in den Erläuterungen auf Probleme aufgrund von Einschränkungen der Sicht am Knotenpunkt hin. Dabei werden Sichtprobleme besonders häufig an Knotenpunkten mit Schilder- sowie „rechts vor links“-Regelung genannt.

Eine detaillierte Übersicht der Auswertungen der von den Befragungsteilnehmern beschriebenen gefährlichen Knotenpunkte im Straßennetz ist im *Anhang 9* aufgeführt.

5.4 Zwischenfazit - Fahrerbefragung

Mit Hilfe der Verkehrsteilnehmer-Befragung konnte die subjektive Sichtweise der Fahrer auf gefährliche Situationen am Knotenpunkt erfasst werden. Aufgrund der Durchführung als Online-Umfrage und der damit verbundenen Einschränkungen des Teilnehmerkreises stellen die Ergebnisse der Befragung kein repräsentatives Abbild der Einschätzungen der deutschen Verkehrsteilnehmer dar. Dies muss bei der Beurteilung der beschriebenen Zusammenhänge beachtet werden.

Insgesamt zeigt sich, dass Konflikte mit Radfahrern und Fußgängern gefährlicher eingeschätzt werden als Konflikt-Konstellationen mit anderen Fahrzeugen. Unabhängig von der genauen Verkehrssituation wird allen untersuchten Umgebungsfaktoren (Vorfahrtsregelung, Verkehrsaufkommen, Geschwindigkeitsniveau der anderen Verkehrsteilnehmer, Einsehbarkeit der anderen Knotenpunktzufahrten sowie die Gestaltung von Fußgänger und Radüberwegen und dem vorhandenen Fußgänger- und Radfahrerverkehr) eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten zugesprochen. Besonders stark wird hierbei der Einfluss der Sichtbedingungen auf die Gefährlichkeit eines Knotenpunktes eingeschätzt. Frauen weisen dabei dem Einfluss der Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer und des umgebenden Verkehrsaufkommens bei der Einschätzung der Gefährlichkeit von Fahrsituationen am Knotenpunkt eine größere Bedeutung zu als Männer. Mit zunehmender Fahrerfahrung wird der Einfluss von nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern auf die Verkehrssicherheit eines Knotenpunktes wichtiger eingeschätzt, dem Einfluss des Verkehrsaufkommens wird im Gegensatz dazu geringere Bedeutung zugesprochen.

Bei Interaktionen mit Radfahrern und Fußgängern am Knotenpunkt wird die Unfallgefahr wesentlich höher eingeschätzt als bei der Begegnung mit anderen Fahrzeugen. Konflikten mit parallel fahrenden Radfahrern wird dabei die höchste potentielle Unfallgefahr zugewiesen. Kreuzende Radfahrer und Fußgänger rufen bei den Befragten eine geringere subjektive Gefährdung hervor. Die geringste Gefahr geht demnach aus subjektiver Sicht von entgegenkommenden Fahrzeugen beim Linksabbiegen aus. Die Beurteilung der verschiedenen Fahrmanöver am Knotenpunkt zeigen nur geringe Unterschiede bezüglich des Geschlechts, der Fahrerfahrung und der Unfallfahrung.

Die in der Befragung dargestellten Knotenpunkte werden überwiegend als ungefährlich aber tendenziell unübersichtlich beurteilt. Als Gründe für die Gefährlichkeit werden in den meisten Fällen die Sichtbedingungen in die benachbarten Knotenpunktzufahrten aufgeführt. Dem Fußgänger- und Radverkehr am Knotenpunkt wird in den meisten Situationen ebenfalls ein großer Einfluss auf die Gefährlichkeit von Fahrmanövern am Knotenpunkt zugewiesen. Verbesserungen der Verkehrssicherheit werden von den Befragten durch die Verdeutlichung von Fahrbahnmarkierungen und der Markierung von Überwegen sowie der Einschränkung von Parkmöglichkeiten in den Knotenpunktzufahrten erwartet.

Für die Teilnehmer sind bei der Unterstützung durch Assistenzsysteme Warnungen wesentlich wichtiger als Informationen über andere Verkehrsteilnehmer oder Systeme, die in

den Fahrtablauf eingreifen. Etwa die Hälfte aller Befragten wünscht sich eine warnende Assistenz in den verschiedenen Situationen. Ein Fünftel der Befragungsteilnehmer lehnt eingreifende Systeme ab. Werden aktive Systeme gewünscht, dann vor allem für die Konflikte mit parallel fahrenden Radfahrern beim Abbiegen.

Aus der eigenen Fahrumgebung werden von den Befragungsteilnehmern vor allem lichtsignalgeregelte Kreuzungen und vorfahrtsgeregelte Einmündungen als gefährliche Knotenpunkte beschrieben. Knotenpunktgestaltungen, welche tendenziell selten im Straßennetz vorkommen (wie STOP-Schild-geregelte Knotenpunkte oder Knotenpunkte mit abknickender Vorfahrt) werden verhältnismäßig häufiger als gefährliche Knotenpunkte genannt. Die Hälfte aller beschriebenen Knotenpunkte weist markierte Überwege für Radfahrer und Fußgänger auf. Ein Großteil der Befragten sieht die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Situationen mit kreuzenden Fahrzeugen begründet. Gefährdungen beim Abbiegen durch Radfahrer oder Fußgänger, die sich parallel zum Fahrzeug bewegen, werden vermehrt an Kreuzungen genannt, wohingegen kreuzenden Radfahrer und Fußgänger aus Sicht der Befragungsteilnehmer an Einmündungen höhere Gefahren hervorrufen.

6 Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt

Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene Blickwinkel auf die Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen betrachtet. Um eine möglichst zielgerichtete Verbesserung der Verkehrssicherheit zu unterstützen, werden in diesem Kapitel zunächst die Situationen dargestellt, in denen die Verkehrsteilnehmer Unterstützung benötigen. Anschließend werden abgeleitet davon die wichtigsten Anforderungen für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen aufgeführt. Aussagen zur Verteilung des Unfallgeschehens beziehen sich zunächst nur auf die im Rahmen der GIDAS-Datenbank erfassten Unfälle an Knotenpunkten, welche den in *Kapitel 4.2* aufgeführten Kriterien entsprechen. Zur Ableitung von Aussagen zum gesamtdeutschen Unfallgeschehen müssen die Randbedingungen der GIDAS-Erhebungsmethodik (siehe *Kapitel 4.1.1*) bei der Hochrechnung berücksichtigt werden. Für die dargestellten Zusammenhänge zwischen dem Unfallgeschehen und der Gestaltung der Infrastruktur ist die Ableitung von generellen, Gesamtdeutschland betreffenden Aussagen nur unter Anwendung eines entsprechenden Hochrechnungsverfahrens möglich. Ein solches Verfahren müsste unter anderem auch die Struktur des Untersuchungsgebietes berücksichtigen. Kriterien, die dabei eine Rolle spielen sind z. B. die Gestaltung des Straßennetzes, die Verteilung der Verkehrsbelastungen der einzelnen Strecken sowie auch geographische Besonderheiten wie die Höhenlage und damit verbundene Steigungs- und Kurvigkeitsklassen der einzelnen Straßen.

Zur Ableitung von Aussagen zur Verkehrssicherheit an Knotenpunkten werden im Folgenden die Häufigkeiten einzelner Knotenpunktgestaltungen im Unfallgeschehen (siehe *Kapitel 4.3.1*) und die Verteilung dieser Infrastrukturausprägungen im gesamten Untersuchungsgebiet (siehe *Kapitel 3.3*) gegenübergestellt. So können vorhandene Häufungen im Unfallgeschehen mit den Ergebnissen der Verkehrsteilnehmerbefragung (siehe *Kapitel 5.3*) verglichen werden und Zusammenhänge zwischen den objektiv vorhandenen und den subjektiv eingeschätzten Gefahren am Knotenpunkt herausgestellt werden. Darüber hinaus geben die von den Befragungsteilnehmern beschriebenen Knotenpunktsituationen aus der eigenen Fahrerfahrung Hinweise auf eine allgemein notwendige Unterstützung bei Fahrmanövern am Knotenpunkt. Anhand der geschilderten Knotenpunkte und den jeweiligen Gestaltungen können infrastrukturellen Knotenpunktgestaltungen mit wesentlichem Unterstützungsbedarf identifiziert werden. Zusätzlich werden Auffälligkeiten bei den Unfallursachen erläutert und entsprechende Ansätze für die Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten abgeleitet.

6.1 Erkenntnisse der Untersuchungen

Der folgende Abschnitt fasst die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen (Analyse der Knotenpunktgestaltung - *Kapitel 3.3*, Analyse des Knotenpunktunfallgeschehens - *Kapitel 4.3* und Analyse der subjektiven Fahrersicht - *Kapitel 5.3*) zusammen und beschreibt wesentliche Konfliktsituationen am Knotenpunkt und deren Ursachen.

6.1.1 Situationen mit Unterstützungsbedarf

Ausgehend von den Verkehrsabläufen an Knotenpunkten lassen sich auftretende Konflikte prinzipiell auf zwei verschiedene Ausgangssituationen zurückführen:

- eigene unbeabsichtigte Fehler (darunter zählen Fehleinschätzungen hervorgerufen durch Unachtsamkeit oder Ablenkung sowie Sichtverdeckungen relevanter Verkehrsteilnehmer) sowie eigene bewusste Regelverstöße (Missachten der Vorfahrt, Rotlichtmissachtung) und
- das (Fehl)verhalten anderer Verkehrsteilnehmer (z. B. falsche Einschätzung von Abstand und / oder Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer, Nichtbeachtung der Vorfahrtsregelung, Nutzung des Radweges in falscher Fahrtrichtung) sowie die entsprechende (ggf. falsche) Reaktion auf dieses Verhalten.

Um sowohl mit der Gestaltung der Infrastruktur als auch der Entwicklung von Assistenzsystemen entsprechende unfallvermeidende Wirkungen im Verkehrsgeschehen hervorrufen zu können, sollten daher möglichst beide Ausgangssituationen adressiert werden. Aus der Detailanalyse des Knotenpunktunfallgeschehens im Untersuchungsgebiet lassen sich häufig auftretende Problemsituationen eindeutig erkennen. Handlungsbedarf besteht daher vor allem bei folgenden Konfliktsituationen:

- Begegnungen zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Geradeausfahrern an lichtsignalgeregelten Kreuzungen,
- Probleme mit querenden Radfahrern aus beiden Richtungen und kreuzenden Fahrzeugen von links vor allem an schildergeregelten Einmündungen,
- Konflikte mit von rechts kommenden Verkehrsteilnehmern an „rechts vor links“-geregelten Kreuzungen,
- Probleme zwischen Rechtsabbiegern und parallel fahrenden Radfahrern an lichtsignalgeregelten Kreuzungen.

Insgesamt stellen Unfälle mit Radfahrerbeteiligung einen erheblichen Anteil der Personenschadensunfälle an Einmündungen und Kreuzungen innerhalb des untersuchten Unfalldatensatzes dar und sollten daher bei Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten unbedingt berücksichtigt werden. Unabhängig davon lässt sich die Notwendigkeit der Unterstützung bei Konflikten mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (vor

allem mit Radfahrern) auch aus den Ergebnissen der Verkehrsteilnehmerbefragung erkennen. Die Befragungsteilnehmer wünschen sich Unterstützung durch Assistenzsysteme besonders bei:

- kreuzenden Fahrradfahrern vor dem Knotenpunkt,
- parallel in gleicher Richtung fahrenden Radfahrern beim Rechtsabbiegen.

Für die im Rahmen dieser Arbeit unterschiedenen Knotenpunktunfallgruppen können aus den durchgeführten Unfalluntersuchungen Verteilungen der charakteristischen Werte des Unfallgeschehens abgeleitet werden. Anhand dieser lassen sich erste Ansatzpunkte für die Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten durch infrastrukturelle Maßnahmen als auch relevante Ziele und Wirkungsweisen von Assistenzsystemen erkennen. Im *Anhang 10* sind diese in Steckbrief-Form übersichtlich dargestellt.

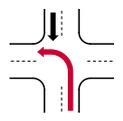
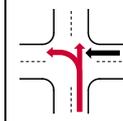
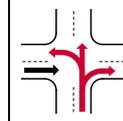
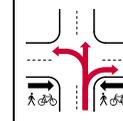
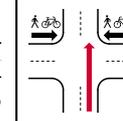
6.1.2 Ursachen von Problemsituationen

Aus den analysierten Unfalldaten lassen sich Schwerpunkte der Unfallursachen erkennen, die als Ansatzpunkte für die Verbesserung der Sicherheit an Knotenpunkten herangezogen werden können. So kann eine Vielzahl von Unfällen auf die folgenden grundlegenden Problemstellungen zurückgeführt werden:

- die Sichtverdeckung der relevanten Verkehrsteilnehmer (die notwendigen Informationen zur Einschätzung der Situation sind für den Fahrer nicht oder nur teilweise verfügbar),
- ein falscher Aufmerksamkeitsfokus des Fahrers (die notwendigen Informationen sind dem Fahrer zugänglich, werden aber bei der Beurteilung der Situation nicht berücksichtigt),
- Ablenkung und Unaufmerksamkeit des Fahrers (der Fahrer wird durch unterschiedliche Einflüsse davon abgehalten alle relevanten Informationen der Verkehrssituation zu erfassen),
- die fehlerhafte Einschätzung von Abstand und Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer (der Fahrer überschätzt den Abstand bzw. unterschätzt die Geschwindigkeit relevanter Verkehrsteilnehmer),
- die Missachtung der Vorfahrtsregelung und der Lichtsignalanlage (bewusster oder unbewusster Verstoß gegen die festgelegten Regelungen).

Innerhalb den einzelnen Knotenpunktunfallgruppen (KUG siehe Bild 4.2) haben diese verschiedenen Ursachen unterschiedliche Relevanz. In der folgenden Übersicht ist die Häufigkeit der grundlegenden Probleme als Ursache der jeweiligen Knotenpunktgruppe qualitativ dargestellt (siehe Tab. 6.1). Ursachen, welche für die einzelne KUG nur selten Grund des Konfliktes sind werden dabei mit "o" gekennzeichnet. Im Gegensatz dazu bezeichnet "++" die Ursachen, welche besonders häufig für die Knotenpunktunfälle der entsprechen-

den KUG verantwortlich sind. Mit “+“ werden entsprechende Problemstellungen gekennzeichnet, die sich in ihrer Häufigkeit zwischen den beiden erstgenannten Ausprägungen einordnen lassen.

							
	KUG 11	KUG 12 & 13	KUG 22 & 23	KUG 31	KUG 41	KUG 32 & 42	KUG 33 & 43
Sichtverdeckung	0	+	+	+	+	++	0
falscher Aufmerksamkeitsfokus	+	++	++	+	+	++	++
Ablenkung und Unaufmerksamkeit	+	+	+	+	+	+	+
Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit	++	0	0	+	+	+	0
Missachtung Vorfahrtsregelung	+	0	0	++	++	0	0

Tab. 6.1: Zuordnung von Knotenpunktunfallgruppen und grundlegenden Probleme

6.2 Ansätze zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt

Grundsätzlich orientieren sich Maßnahmen der Beeinflussung des Verkehrsverhaltens an den sogenannten „4 E“, die auch für die Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten entsprechende Möglichkeiten bieten (vgl. BMVBS [2010]):

- „*enforcement*“ - ordnungsrechtliche und überwachende Maßnahmen (z. B. durch Verkehrsregeln oder Ge- und Verbote zur Gewährleistung eines sicheren Verkehrsablaufs),
- „*engineering*“ - technische Maßnahmen (Planung und Bau sicherer Verkehrswege, sichere Steuerung des Verkehrsablaufs durch verkehrstechnische Systeme, sichere Gestaltung von Verkehrsmitteln),
- „*education*“ - Ausbildungs- und Informationsmaßnahmen (Aufklärungskampagnen sowie Marketing und Öffentlichkeitsarbeit),
- „*encouragement*“ / „*economy*“ - ökonomische Maßnahmen (Anreizsysteme zur Nutzung neuer Systeme, wie z. B. Subventionen oder steuerliche Vergünstigungen).

Aus den durchgeführten Analysen lassen sich verschiedene Anforderungen ableiten, die zur Verbesserung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten beitragen können. Zur Unterstützung des Fahrers in gefährlichen Situationen können zum einen Anpassungen in der Infrastruktur und zum anderen die Nutzung von Assistenzsystemen im Fahrzeug beitragen. In Tab. 6.2 ist die Einschätzung der Einflussmöglichkeiten durch Anpassungen der Infrastruktur und die Wirkung von Assistenzsystemen auf die hauptsächlichen Ursachen von

Knotenpunktunfällen aufgeführt (“o“ - kaum / geringe Einflussmöglichkeit; “+“ - mäßige Einflussmöglichkeit; “++“ - starke Einflussmöglichkeit).

	Sicht- verdeckung	falscher Aufmerksam- keitsfokus	Ablenkung und Unaufmerk- samkeit	Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit	Missachtung Vorfahrts- regelung
Infrastruktur	++	o	+	o	+
Assistenzsystem	+	++	+	++	+

Tab. 6.2: Einflussmöglichkeiten durch Anpassungen der Infrastruktur und Nutzung von Assistenzsystem auf grundlegende Ursachen von Knotenpunktunfällen

In den folgenden Abschnitten werden neben Aspekten der baulichen und verkehrstechnischen Gestaltung der Infrastruktur (*Kapitel 6.2.2*) vor allem funktionale Anforderungen an die Gestaltung und Wirkungsweise von Assistenzsystemen (*Kapitel 6.2.3*) dargelegt. Zunächst wird in *Kapitel 6.2.1* auf die Herausforderungen eingegangen, welchen sich der Fahrer beim Befahren eines Knotenpunktes stellen muss und welche bei der Entwicklung von zukünftigen Unterstützungsansätzen berücksichtigt werden müssen.

6.2.1 Herausforderungen für den Fahrer

Die Bewältigung von Fahrsituationen im Knotenpunktbereich stellt hohe Anforderungen an die Verkehrsteilnehmer. Besonders in diesen Situationen wird der Fahrer von einer Vielzahl unterschiedlicher Informationen beeinflusst. Diese müssen hinsichtlich ihrer Relevanz für die aktuelle Aufgabe gefiltert, verarbeitet und eine entsprechende Handlungsentscheidung getroffen werden. Besonders vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung nimmt die Bedeutung von Knotenpunktsituationen zukünftig erheblich zu. Aufgrund der steigenden Lebenserwartung und dem erhöhten Führerscheinbesitz im hohen Alter, ist zu erwarten, dass der Anteil älterer Verkehrsteilnehmer weiter steigt (vgl. SCHLAG 2008). Die Unfallstatistik weist auf eine erhöhte Unfallsauffälligkeit der älteren Verkehrsteilnehmer an Kreuzungen und Einmündungen, sowie weiteren Gefahrenpotentialen beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren sowie dem Ein- und Ausfahren hin [DESTATIS 2013B]. Mit steigendem Alter ist eine geringere Fähigkeit zu geteilter Aufmerksamkeit und des erfolgreichen Absolvierens von Mehrfachaufgaben, wie sie beim Autofahren häufig notwendig sind, zu verzeichnen [STAPLIN ET AL. 1998]. Diese Entwicklungen machen eine bewusste Auseinandersetzung der älteren Kraftfahrer mit den zu erwartenden Veränderungen des Verhaltens im Straßenverkehr notwendig. Eine Motivation zur regelmäßigen Überprüfung der motorischen und kognitiven Leistungsfähigkeit ist vor allem im Hinblick auf die Situation in Deutschland, wo der Fahrerlaubnis nach bestandener Prüfung lebenslang erteilt wird, besonders wichtig.

Weiterhin ist es notwendig dem Fahrer die höhere Wahrscheinlichkeit von Ablenkungen von der eigentlichen Fahraufgabe durch die vermehrte Nutzung von technischen Systemen

in den Fahrzeugen (wie z. B. Fahrerassistenz- und -informationssysteme, Navigationssysteme mit den unterschiedlichsten optischen und akustischen Signalen sowie Medienwiedergabegeräte und Mobiltelefone) bewusst zu machen und entsprechend zu sensibilisieren.

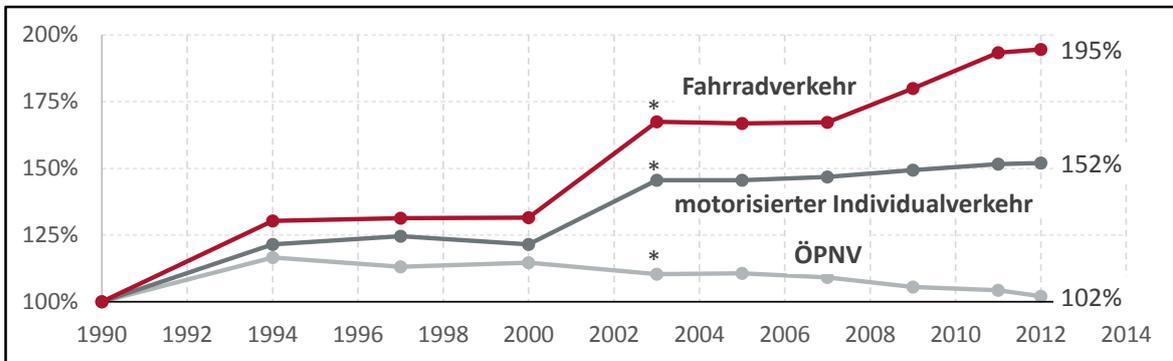


Bild 6.1: Entwicklung der Verkehrsleistung einzelner Verkehrsarten 1990 - 2012 (prozentuale Veränderung der Personenkilometer pro Tag, Basisjahr 1990 = 100 %, * - geänderte Erhebungsmethodik ab 2003) [DIW 2014]

Eine weitere Herausforderung an den Fahrer stellt der stetig steigende Radverkehrsanteil im Straßenverkehr dar (siehe Bild 6.1). Durch die höhere Zahl an Radfahrern im Straßenverkehr können vermehrt Konflikte in Situationen entstehen, die der Fahrer in der Vergangenheit, aufgrund des geringeren Radverkehrsaufkommens, nicht (oder zumindest wesentlich seltener), zu erwarten hatte. Hier ist vor allem an Knotenpunkten eine erhöhte Aufmerksamkeit gefordert.

6.2.2 Anforderungen an die Infrastruktur

Die Verkehrssicherheit ist neben der Verkehrseffizienz, der Wirtschaftlichkeit, stadtplanerischen Aspekten und der Umweltverträglichkeit nur eines von vielen Zielen bei der Gestaltung von Knotenpunkten. In den Regelwerken werden diese Forderungen bereits intensiv berücksichtigt. Bei der konkreten baulichen Umsetzung kann die gewählte Lösungsvariante daher immer nur ein Kompromiss zwischen den zum Teil konkurrierenden Zielaspekten darstellen.

Ausgangspunkt für die sichere Bewältigung eines Knotenpunktes stellt das rechtzeitige Erkennen des Knotenpunktes an sich dar. Für die Wahrnehmbarkeit eines Knotenpunktes spielen neben dem optischen Eindruck des Straßenverlaufes auch das Vorhandensein und die Sichtbarkeit von Vorwegweisern und Hinweisschildern eine wichtige Rolle. Die Art der Vorfahrtsregelung, sowie die eigene Vorfahrtssituation müssen durch den Fahrer korrekt erkannt und verarbeitet werden können.

Anzustreben ist dabei eine Gestaltung der Infrastruktur, die den Anforderungen der jeweiligen Nutzer gerecht wird und das Handeln der Verkehrsteilnehmer so beeinflusst, dass dieser sich intuitiv richtig verhält. Hierbei können Konzepte wie das der „selbsterklärenden

Straße“ (SER - self-explaining roads, THEEUWES / GODHELP [1995], BEKIARIS ET AL. [2011]) sowie der „fehlerverzeihenden Straße“ (FOR - forgiving road environments; BEKIARIS ET AL. [2011]) hilfreiche Ansätze zur Vermeidung von Fehlern der Verkehrsteilnehmer und damit zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen. Diese Gestaltungsprinzipien haben zunehmend Eingang in die Überarbeitung aktueller Regelwerke (z. B. der „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ - RAL [FGSV 2012c]) gefunden. Die Anwendung dieser Prinzipien stellt jedoch in komplexen Umgebungen wie an Knotenpunkten eine größere Herausforderung dar. Der Verkehrsablauf an Knotenpunkten ist im Wesentlichen durch die Interaktion zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmern geprägt. Daher steht die Lenkung der Aufmerksamkeit des Fahrers auf die für jeweilige Verkehrssituation relevanten Bereiche des Straßenumfeldes (z. B. Gegenfahrbahn beim Linksabbiegen oder kreuzende Rad- bzw. Fußgängerüberwege beim Geradeausfahren) im Mittelpunkt und entsprechende Informationen oder Hinweise sollten ebenfalls in diesen Bereichen vorgesehen werden.

Die Unfallanalysen zeigen deutlich, dass besonderes Augenmerk auf die sichere Führung von Linksabbiegern gelegt werden muss. Problematisch stellen sich hier vor allem lichtsignalgeregelte Knotenpunkte dar, bei denen Gefahren vor allem durch Konflikte zwischen den bedingt verträglichen Verkehrsströmen der Linksabbieger und den entgegenkommenden Geradeausfahrern entstehen. Auftretende Gefahrsituationen lassen sich dabei auch durch verkehrstechnische Maßnahmen entschärfen. Die Anpassung der Lichtsignalsteuerung am Knotenpunkt vom Zweiphasen- auf ein Vierphasensystem mit separater Linksabbieger-Phase trägt dazu bei Konfliktsituationen zwischen linksabbiegenden und entgegenkommenden Verkehrsteilnehmern komplett zu vermeiden. Dieses System bedingt jedoch separate Linksabbiegefahrstreifen, welche sich aufgrund des erhöhten Platzbedarfs für diese Abbiegestreifen nur an Knotenpunkten mit ausreichend großer Verkehrsfläche umsetzen lässt.

Im Folgenden wird lediglich auf die in Tab. 6.2 dargestellten hauptsächlichen Probleme von Knotenpunktunfällen eingegangen, welche durch Anpassungen in der Infrastruktur beeinflussbar sind.

6.2.2.1 Vermeidung der Sichtverdeckung relevanter Verkehrsteilnehmer

Eingeschränkte Sicht und fehlende Übersicht führt häufig zu Problemsituationen am Knotenpunkt, wobei Konflikte mit schwächeren Verkehrsteilnehmern vermehrt davon betroffen sind. Diese treten hierbei vor allem an schildergeregelten Knotenpunkten mit Parkmöglichkeiten am Fahrbahnrand auf. Maßnahmen, die die Sicht auf kreuzende Radfahrer und Fußgänger erhöhen, stellen einen Ansatzpunkt zur Verbesserung der Situation dar. Für den Entwurf und Bau neuer Knotenpunkte sind durch die entsprechenden Richtlinien Anforderungen an die freizuhaltenden Sichtbeziehungen bei der Annäherung an sowie der Einfahrt in den Knotenpunkt festgeschrieben [FGSV 1988, FGSV 2006]. Neben der Berücksichtigung der Aspekte der Einsehbarkeit und eventuell vorhandener Sichtverdeckungen bei Neubau oder Umgestaltung von Verkehrsanlagen sollte darüber hinaus auch bei Anlagen

im Bestand eine regelmäßige Überprüfung der vor-Ort-Situation durchgeführt werden. Hierauf zielen u.a. derzeitige Bestrebungen des Arbeitskreises 2.7.1 der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) mit der Formulierung von „Empfehlungen für die Durchführung eines Bestandsaudits von Straßen“ ab. Ziel ist es hierbei, bestehende Straßen in standardisierter und formalisierter Form hinsichtlich sämtlicher Aspekte der Verkehrssicherheit zu analysieren. Im Unterschied zu bereits vorhandenen Merkblättern zur Unfalluntersuchung [FGSV 2001, FGSV 2012B] und zur Sicherheitsanalyse von Straßennetzen [FGSV 2003], welche die Netzbereiche mit Unfallauffälligkeiten berücksichtigen, werden hier Straßennetzelemente adressiert, von denen besondere Unsicherheiten vermutet werden bzw. bei denen eine wesentliche Änderung der Funktion und damit des Verkehrsaufkommens zu erwarten ist. Somit besteht die Möglichkeit vorhandene Gefahren zu beseitigen bevor der Straßenabschnitt durch Unfallhäufungen auffällig wird.

Möglichkeiten zur Verbesserung der Übersichtlichkeit ergeben sich durch bauliche Anpassungen wie beispielsweise das Anbringen von Verkehrsspiegeln, die einen besseren Blick auf kreuzende Radfahrer und Fußgänger ermöglichen. Weiterhin bietet die Detektion von Radfahrern und Fußgängern durch entsprechende Sensoren der Infrastruktur die Chance den Fahrer bei der Annäherung an den Knotenpunkt auf kreuzende schwächere Verkehrsteilnehmer hinzuweisen.

6.2.2.2 Vermeidung von Ablenkung und Unaufmerksamkeit

Ein erheblicher Anteil der betrachteten Unfälle ereignet sich an Knotenpunkten, die dem Fahrer bekannt sind. Er kennt die Vorfahrts- und Umgebungssituation. Ein häufiges Befahren des Knotenpunktes kann dazu führen, dass der Fahrer in diesen Fällen einem routinemäßigen Verhalten folgt. Ablenkung und Unaufmerksamkeit können in diesen Verkehrssituationen daher häufiger auftreten. Um die Entstehung von Unfällen aufgrund dieser Fehler zu beeinflussen, müssen Ablenkungen unterbunden werden und die störenden Einflüsse, wenn möglich, vermieden oder zumindest minimiert werden, um dem Fahrer zu ermöglichen die Aufmerksamkeit auf das Verkehrsgeschehen zu richten. Ablenkungen können dabei durch unterschiedliche Ursachen hervorgerufen werden:

- innerhalb des Fahrzeuges (z. B. Nutzung des Telefons, Bedienung von Geräten wie Radio oder Navigationssystem, andere Insassen, Tiere im Fahrzeug, ...) oder
- aus dem Verkehrsraum (z. B. Plakate, Werbetafeln, Schaufenster, andere Personen am Straßenrand, ...).

Infrastrukturseitig lassen sich in diesem Zusammenhang nur die Einflüsse durch Ablenkungen aus dem Verkehrsraum beeinflussen. Demnach ist eine möglichst „ablenkungsfreie“ oder zumindest „ablenkungsarme“ Gestaltung des Straßenumfeldes im Knotenpunktbereich anzustreben. Dies kann beispielsweise durch die Vermeidung von großflächigen Werbeschilddern oder auffälligen (ggf. beleuchteten) Reklametafeln in unmittelbarer Nähe des Knotenpunktes erreicht werden.

Durch die Verbesserung der Fahrbahnmarkierungen, insbesondere durch eindeutige und einheitliche Markierung von Fußgänger- und Radüberwegen, kann Konflikten mit schwächeren Verkehrsteilnehmern vorgebeugt werden. Eine entsprechend farbliche Hervorhebung des querenden Radwegs kann den Fahrer an dieser Stelle auf kreuzende Radfahrer aufmerksam machen. Auf derartige Möglichkeiten wird in bestehenden Richtlinien und Regelwerken bereits hingewiesen (vgl. FGSV 2010). In ähnlicher Weise kann durch das Aufbringen von Quermarkierungen an den Fahrstreifenrändern im Annäherungsbereich zum Knotenpunkt, vor allem außerorts, die Möglichkeit geschaffen werden eine erhöhte Aufmerksamkeit des Fahrers hervorzurufen.

6.2.2.3 Vermeidung der Missachtung der Vorfahrt

Zur Vermeidung von Vorfahrtsmissachtungen ist eine Verdeutlichung der Vorfahrtssituation für den Fahrer unumgänglich. Bei der Positionierung der vorfahrtsregelnden Verkehrszeichen sollte daher auf eine entsprechend gut erkennbare Position geachtet werden:

- Vermeidung der Verdeckung von Verkehrszeichen durch den Bewuchs von Bäumen oder Sträuchern in unmittelbarer Nähe,
- Freihalten der Sicht auf das Verkehrszeichen aufgrund parkender Fahrzeuge am Straßenrand (Platzierung außerhalb des Parkbereiches bzw. Einschränkung des Parkbereiches vor dem Knotenpunkt),
- Vorsehen von Hinweisschildern in der Zufahrt zum Knotenpunkt zur Ankündigung der Vorfahrtsregelung (ggf. unter Verwendung von Zusatzschildern mit Angabe der Entfernung zum Knotenpunkt).

Zusätzlich bieten entsprechende Markierungen auf der Fahrbahn (z. B. Verkehrszeichen 205 „Vorfahrt gewähren“ bzw. Verkehrszeichen 206 „Halt. Vorfahrt gewähren“ oder der Markierung von querenden Rad- und Fußwegen) eine wirkungsvolle und auch kostengünstige Möglichkeit auf die jeweils geltende Vorfahrtssituation hinzuweisen.

Ein „aktives Vorfahrt-Achten-Schild“, welches durch optische Signale (z. B. gelbes Blicklicht) auf vorhandenen vorfahrtsberechtigten Verkehr hinweist (vgl. BRYER [2011]), kann dafür genutzt werden, die Aufmerksamkeit des Fahrers auf die Vorfahrt der anderen Verkehrsteilnehmer zu lenken und so dazu beitragen, eine unbewusste Missachtung der Vorfahrtsregelung zu vermeiden.

6.2.3 Anforderungen an Assistenzsysteme

Neben einer entsprechend eindeutigen Gestaltung der Infrastruktur (die sog. "selbsterklärende Straße") besteht die Möglichkeit den Fahrer bei der Bewältigung von Fahrsituationen am Knotenpunkt durch Assistenzsysteme im Fahrzeug zu unterstützen. Auch hier sind das Erkennen des Knotenpunktes, der Art der Vorfahrtsregelung, sowie der eigenen Vorfahrtssituation die ersten wichtigen Schritte. Weiterhin ist ein Abgleich zwischen dem geplanten und möglichen Fahrmanöver sowie die Überprüfung des genutzten Fahrstreifens für das

geplante Fahrmanöver notwendig. Diese Informationen können dabei auf verschiedenen Arten generiert und im Anschluss dem Fahrer bereitgestellt werden:

- *fahrzeugsbasiert* - Zur Erkennung der Informationen werden Sensoren an Bord des Fahrzeuges genutzt. Mögliche Anwendungen könnten dabei sein: die Detektion vorfahrtsregelnder Verkehrszeichen, die Erkennung des genutzten Fahrstreifens durch Interpretation vorhandener Pfeilmarkierungen auf der Fahrbahn oder die Detektion von Haltelinien.
- *kartenbasiert* - Die Informationen sind bereits im Fahrzeug durch erweiterte Navigationsdaten hinterlegt und werden entsprechend der erkannten Fahrzeugposition und Bewegungsrichtung zugeordnet. Als zusätzliche Informationen sind dabei vorstellbar: die Vorfahrtsregelung am Knotenpunkt und der genutzten Knotenpunktzufahrt. Weiterhin können vorhandene Überwege für Radfahrer und Fußgänger vermerkt sein. Hierfür sind eine zuverlässige und hochgenaue Bestimmung der Fahrzeugposition sowie aktuelle Navigationsdaten notwendig.
- *kommunikationsbasiert* - Die relevanten Informationen werden dem System durch Sendestationen der Infrastruktur zur Verfügung gestellt. Ein möglicher Anwendungsfall hierfür ist die Weitergabe der aktuellen Phase der Lichtsignalanlage und der verbleibenden Zeit bis zum Phasenwechsel an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten (Ampelphasenassistent). Auch hier sind die genaue Bestimmung der Fahrzeugposition und die Ermittlung der Bewegungsrichtung zur Zuweisung der richtigen Informationen besonders wichtig.

Bei der Weitergabe der vorhandenen Informationen über die Fahrzeugumgebung an den Fahrer ist die Berücksichtigung des jeweiligen Fahrerzustandes von großer Bedeutung. Es muss sichergestellt werden, dass die relevanten Informationen den Fahrer rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden und dieser durch die Bereitstellung nicht unnötig von seiner Fahraufgabe abgelenkt wird. Weiterhin ist eine Überprüfung des Informationszustandes des Fahrers sinnvoll, um durch Weitergabe von Informationen, die der Fahrer bereits wahrgenommen hat, eine gegebenenfalls zusätzliche Ablenkung zu vermeiden. Insgesamt ist es angebracht, bei der Implementierung von Fahrerassistenzsystemen eine Art „Informationsmanagementsystem“ zu integrieren, welches bei der Darstellung und Weitergabe von Informationen an den Fahrer organisiert und dabei folgende Aspekte berücksichtigt:

- derzeitige situationsabhängige Belastung durch andere Aufgaben,
- Ablenkungswirkung der Anzeige,
- Ortskenntnis des Fahrers,
- Prüfung, ob der Fahrer die geänderten Umgebungsbedingungen wahrgenommen hat (Unaufmerksamkeits- und Veränderungsblindheit; siehe *Kapitel 2.3.5*)

Aus den Erkenntnissen vorhandener Untersuchungen (vgl. LANGE 2007, DAMBIER 2010, VOLLRATH ET AL. 2006) lassen sich für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen auf Grundlage des menschlichen Verhaltens folgende Ansatzpunkte finden (siehe auch Tab. 6.2):

- Vermeidung der Sichtverdeckung der relevanten Verkehrsteilnehmer,
- Vermeidung eines falscher Aufmerksamkeitsfokus des Fahrers,
- Vermeidung von Ablenkung und Unaufmerksamkeit,
- Vermeidung von Rotlichtverstößen und der Missachtung der Vorfahrt,
- Vermeidung der fehlerhaften Einschätzung von Abstand und Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer.

In den folgenden Abschnitten werden für die genannten Aspekte wichtige Anforderungen an die Funktionalität von Assistenzsystemen abgeleitet.

6.2.3.1 Vermeidung der Sichtverdeckung relevanter Verkehrsteilnehmer

Nur in einem geringen Teil der Knotenpunkte im Straßennetz sind die benachbarten Zufahrten frei einsehbar. In den meisten Fällen ist mit Sichteinschränkungen durch Gebäude oder Bewuchs zu rechnen. Weiterhin sind nur ca. 60 % aller Knotenpunkte im Straßennetz annähernd rechtwinklig aufgebaut (siehe *Kapitel 3.3*). Ein Assistenzsystem mit Wirkungsbereich am Knotenpunkt muss daher in der Lage sein, andere Verkehrsteilnehmer rechtzeitig zu detektieren und deren Fahrtabsichten zu erkennen, um die Relevanz für das geplante Fahrmanöver frühzeitig ermitteln zu können und um Fehler bei der Befahrung des Knotenpunktes zu vermeiden. Um möglichst viele Knotenpunkte adressieren zu können, müssen Sensoren im Fahrzeug entsprechend große Erfassungsbereiche ermöglichen und dabei nicht nur rechtwinklige Knotenpunkte abdecken. Da sich diese Informationen allein durch Fahrzeugsensoren nur in den Fällen mit freier Sicht sicherstellen lassen, ist von der Nutzung kooperativer Systeme (V2V oder V2I) ein entsprechend höherer Wirkungsgrad zu erwarten.

Andererseits führen übersichtliche und frei einsehbare Verkehrssituationen zu einem hohen subjektiven Sicherheitsgefühl, welches den Theorien der Risikowahrnehmung (vgl. WILDE 1982, KLEBELSBERG 1982A, NÄÄTÄNEN / SUMMALA 1976) zufolge zu einem riskanteren Fahrverhalten führen kann. Insgesamt stellt die Entwicklung von Assistenzsystemen die Herausforderung dar, einen entsprechenden Kompromiss zwischen der Steigerung des subjektiven Sicherheitsgefühls des Fahrers und der Vermeidung von risikobehafteten Situationen zu finden.

6.2.3.2 Vermeidung einer falschen Aufmerksamkeitsausrichtung des Fahrers

Wie in anderen Situationen im Straßenverkehr muss auch an Knotenpunkten das Verhalten der umgebenden Verkehrsteilnehmer bei der Planung und Durchführung der eigenen Fahrmanöver berücksichtigt werden. Die Unterstützung des Fahrers bei der Fokussierung auf die relevanten Verkehrsteilnehmer nimmt dabei einen wichtigen Stellenwert ein. Informationen aus der Umgebung können vom Fahrer nur dann sicher aufgenommen werden, wenn sein Blick und seine Aufmerksamkeit in die entsprechende Richtung gerichtet sind. Die

Kontrolle der Fahrerblickrichtung stellt ein notwendiges Indiz dafür dar, ob die relevanten Umgebungsinformationen vom Fahrer aufgenommen werden können. Allein die Tatsache, dass der Fahrer seinen Blick in die richtige Richtung lenkt reicht in vielen Fällen jedoch nicht aus. Vor allem bei Unfällen mit Zweirädern (Motorrad oder Fahrrad) werden diese oftmals aufgrund von Unaufmerksamkeits- oder Veränderungsblindheit („looked but failed to see“, siehe *Kapitel 2.3.5*) übersehen.

In Abhängigkeit der Entfernung zum Knotenpunkt bzw. zum entsprechenden möglichen Kollisionspunkt bieten sich Systeme an, die aktiv auf die jeweils relevanten Verkehrsteilnehmer in geeigneter Form hinweisen oder ggf. eine Warnung vor sich nähernden Gefahren bereitstellen. Von einem generellen Hinweis auf umgebende Verkehrsteilnehmer ist abzuraten, da mit einer sinkenden Akzeptanz des Systems zu rechnen ist, wenn der Fahrer vermehrt auf Verkehrsteilnehmer in der Umgebung aufmerksam gemacht wird, die er bereits wahrgenommen und in der Planung des weiteren Fahrtablaufes berücksichtigt hat.

Da sich Unfälle mit kreuzenden Radfahrern und Fußgängern häufig an Knotenpunkten mit markierten Überwegen ereignen, kann die frühzeitige Erkennung der Überwege eine Sensibilisierung des Fahrers bezüglich vorhandener Radfahrer und Fußgänger bewirken und somit zur Vermeidung der Konflikte beitragen. Die Detektion der Überwege kann dabei zum einen über Sensoren im Fahrzeug erfolgen, zum anderen bietet sich die Möglichkeit die Lage vorhandener Überwege als Zusatzinformation in den Navigationsdaten abzulegen, sodass der Fahrer bereits vor dem Eintreffen am Knotenpunkt frühzeitig auf diese Situationen vorbereitet werden kann. Da es sich in einem erheblichen Anteil der Unfälle mit kreuzenden Radfahrern von rechts, um Radfahrer handelt, die sich verkehrswidrig entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung des Radweges bewegen und in vielen Fällen nicht vom Fahrer erwartet werden, lässt der entsprechende Hinweis des Systems auf die Relevanz des Radfahrers große Effekte vermuten.

6.2.3.3 Vermeidung von Ablenkung und Unaufmerksamkeit

Wie bereits in *Kapitel 6.2.2.2* beschrieben ereignen sich viele Unfälle an Knotenpunkten, die dem Fahrer bekannt sind. Die Kenntnis der Vorfahrts- und Umgebungssituation und das häufige Befahren des Knotenpunktes können dazu führen, dass der Fahrer einem routinemäßigen Verhalten folgt und die Wahrscheinlichkeit von Ablenkungen bzw. Unaufmerksamkeit steigt. Von den beiden Ursachen von Ablenkungen (1) innerhalb des Fahrzeuges - durch Telefonieren, Bedienung von Geräten wie Radio oder Navigationssystem während des Fahrens, durch Mitfahrer oder Tiere - und (2) aus dem Verkehrsraum - durch Plakate, Werbetafeln, Schaufenster, andere Personen am Straßenrand - beschränken sich die Einflussmöglichkeiten von Assistenzsystemen dabei auf Ablenkungen, die mit der Fahrzeugbedienung in Verbindung stehen. Ablenkende Interaktionen des Fahrers mit anderen Insassen sind kaum durch Systeme zu beeinflussen und durch Sensoren derzeit nicht eindeutig zu detektieren. Im selben Maße stellt die Unterbindung dieser Ablenkungen eine

schwierige Aufgabe dar. Möglichkeiten der Einflussnahme durch Fahrzeugsysteme bestehen im weitesten Sinne durch die Vermeidung bzw. Minimierung der ablenkenden Einflüsse. So kann beispielsweise durch die Lautstärkeabsenkung des Radios oder der Musikanlage bei der Annäherung an einen Knotenpunkt die Aufmerksamkeit auf das Verkehrsgeschehen gelenkt werden. Dabei muss jedoch auch darauf geachtet werden, dass durch diese Änderung des Fahrerumfeldes keine neue Ablenkung des Fahrers hervorgerufen wird. Weiterhin können während des Befahrens von Knotenpunkten durch das Unterbinden von Telefonaten oder die Vermeidung der Weitergabe von Hinweisen, die nicht für die Bewältigung der aktuellen Fahrsituation notwendig sind, Ablenkungen vermieden werden.

6.2.3.4 Vermeidung von Rotlichtverstößen und der Missachtung der Vorfahrt

Bewusste oder unbewusste Rotlichtverstöße stellen den Grund von insgesamt 30 % der Unfälle an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten dar (siehe *Kapitel 4.3.2*). Durch einen entsprechenden Hinweis auf die aktuelle Phase der Lichtsignalanlage kann dazu beigetragen werden riskantes Fahrverhalten bei Annäherung und in der Folge Unfälle durch Missachtung der LSA zu vermeiden. Hierzu muss zunächst das Vorhandensein einer Lichtsignalanlage bekannt sein. Für die Detektion können zum einen Fahrzeugsensoren (vor allem Kameras) verwendet werden, die mit Hilfe von Bilderkennungsalgorithmen die charakteristische Form der Signalgeber der Lichtsignalanlage erkennen und den aktuellen Schaltzustand interpretieren. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass Informationen über den Schaltzustand sowie die Dauer bis zum Phasenwechsel direkt von der Lichtsignalanlage an die Fahrzeuge in der Umgebung mittels V2X-Kommunikation versendet werden. Dieses Vorgehen bedingt für eine richtige Interpretation der Information und eine zielgerichtete Beeinflussung des Fahrers die genaue Verortung des Fahrzeuges im Straßennetz mit der Kenntnis der aktuellen Fahrtrichtung, des genutzten Fahrstreifens und des geplanten Fahrmanövers. Hieraus ergeben sich verschiedene Möglichkeiten auf den Fahrer Einfluss zu nehmen:

- die frühzeitige Information des Fahrers über seine Wartepflicht bzw. die aktuelle Signalphase sowie ggf. der Dauer bis zum Phasenwechsel,
- die Warnung vor dem bevorstehenden Verstoß bei weiterer Annäherung und ausbleibender Reaktion,
- ein Eingriff des Systems, um das Einfahren in den Knotenpunkt zu vermeiden, für den Fall, dass keine Reaktion auf die Warnung erfolgt.

Verstößt der Fahrer bewusst gegen existierende Regeln (Anfahren während der Rotphase an einem lichtsignalgeregelten Knotenpunkt oder Einfahren in den Knotenpunkt aus einer wartepflichtigen Zufahrt bei vorhandenem Verkehr auf der bevorrechtigten Straße), so ist davon auszugehen, dass die relevanten Informationen über die Verkehrssituation beim Fahrer vorhanden sind und auch prinzipiell wahrgenommen werden können. Eine Warnung

lässt in einer solchen Situation kaum Wirkung erwarten. Ein Assistenzsystem muss daher durch aktive Unterstützung des Fahrers das Anfahren vermeiden.

Im Vergleich zum Rotlichtverstoß lassen sich Vorfahrtsmissachtungen an schildergeregelten Knotenpunkten weniger eindeutig durch Systeme detektieren. Das richtige Verhalten ist dabei neben der vorgeschriebenen Vorfahrtsregelung auch von anderen vorhandenen Verkehrsteilnehmern abhängig. Es ist hierbei notwendig, aus den Bewegungsgrößen des Fahrzeuges die Handlungsabsichten des Fahrers abzuleiten. Dabei muss darauf geachtet werden, dass das System durch Informationen und Warnungen das subjektive Sicherheitsempfinden des Fahrers nicht in dem Maße erhöht, dass ein „blindes Vertrauen“ auf das System hervorgerufen wird.

Neben der Detektion des eigenen Verstoßes kann die Verbreitung der Information über diesen Verstoß an andere Verkehrsteilnehmer in der Knotenpunktsituation dazu beitragen, dass der drohende Unfall auch durch das andere (eigentlich bevorrechtigte) Fahrzeug vermieden werden kann (vgl. FAKLER ET AL. 2010). In diesen Situationen kann die Information über einen vorliegenden Verstoß zum einen von Infrastruktur (V2I) oder direkt von anderen Fahrzeugen (V2V) weitergeleitet werden.

6.2.3.5 Vermeidung der fehlerhaften Einschätzung von Abstand und Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer

Gerade bei Konflikten zwischen zwei Fahrzeugen werden die Unfallgegner in einem Großteil der Unfälle vom Fahrer im Vorfeld nicht bewusst wahrgenommen (siehe *Kapitel 4.3.4*). Ein Hauptaugenmerk für die Unterstützung des Fahrers durch ein Assistenzsystem muss daher zum einen auf der Hervorhebung der relevanten Verkehrsteilnehmer liegen. Zum anderen ist eine Unterstützung bei der Entscheidung notwendig, ob die verfügbaren Zeitlücken ausreichen, um das geplante Fahrmanöver durchzuführen. Für die richtige Situationsinterpretation ist dabei unter anderem die Kenntnis der Vorfahrtslage notwendig. Wird festgestellt, dass das Fahrzeug vorfahrtsberechtigt ist, so muss die Einhaltung der Wartepflicht der anderen Verkehrsteilnehmer durch das System kontrolliert werden. Hierzu müssen Position, Annäherungsrichtung und die Geschwindigkeit der anderen Verkehrsteilnehmer bekannt sein. Zur Einschätzung der Nutzbarkeit vorhandener Zeitlücken ist die Kenntnis der herrschenden Umgebungsbedingungen, vor allem der Witterung und des Straßenzustands, von Vorteil.

Hierzu könnten zur Detektion des kreuzenden Verkehrs nach rechts und links gerichtete Sensoren in der Fahrzeugfront genutzt werden. Weitere Sensoren in den Außenspiegeln, die den rückwärtigen Verkehrsraum überwachen, könnten in Abbiegesituationen parallel fahrende Radfahrer detektieren und entsprechende Informationen oder ggf. Warnungen generieren. Darüber hinaus bieten sich kommunikationsbasierte Systemlösungen an, welche Sensoren der Infrastruktur nutzen, um die Bewegung vorhandener Verkehrsteilnehmer zu erfassen und entsprechende Informationen an das Fahrzeug übermitteln.

Weitere positive Effekte lassen sich durch eine Kopplung der Detektion anderer Verkehrsteilnehmer mit dem Bremssystem des Fahrzeuges erwarten. Bei Betätigung des Bremspedals wird eine Aktivierungszeit benötigt, um eine Wirkung des Bremssystems hervorzurufen (Zeitspanne zwischen der Betätigung des Bremspedals und der ersten Bremswirkung am Rad). Bei Erkennen anderer Verkehrsteilnehmer in der Knotenpunktsituation kann diese Aktivierungszeit dadurch gesenkt werden, indem das Bremssystem vorbereitet wird. Steigt die Wahrscheinlichkeit einer Kollision, so steht sofort die komplette Bremskraft zur Verfügung, die maximale Bremsverzögerung wird frühzeitiger erreicht, der Bremsweg kann so wirkungsvoll verkürzt und der Unfall vermieden (oder zumindest in seiner Unfallschwere vermindert) werden.

Das Linksabbiegen stellt das Fahrmanöver mit den meisten potentiellen Konfliktpunkten dar. In der subjektiven Einschätzung der Fahrer wird die Gefährlichkeit dieses Fahrmanövers insgesamt unterschätzt (siehe *Kapitel 5.3.1.2*). Eine Detektion des Abstandes und der Geschwindigkeit entgegenkommender Geradeausfahrer durch fahrzeugintegrierte Sensoren kann sich jedoch in verschiedenen Fällen als problematisch darstellen. Gerade an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten mit separaten Linksabbiegefahrstreifen in Gegenrichtung kann die Sicht auf die relevanten geradeausfahrenden Verkehrsteilnehmer durch entgegenkommende Linksabbieger verdeckt sein. Eine zuverlässige Verfolgung der Fahrzeugbewegungen des Gegenverkehrs ist dadurch nicht durchgängig gegeben. Vor allen in diesen Situationen ist eine Unterstützung des Fahrers durch Informationen oder Warnungen auf Basis von kommunikativen Systemen (V2V oder V2X) hilfreich.

6.3 Fazit

Der Verbesserung der Verkehrssicherheit und der Vermeidung gefährlicher Situationen am Knotenpunkt kann sich generell durch unterschiedliche Ansätze genähert werden. In Tab. 6.3 sind die im vorangegangenen *Kapitel 6.2* beschriebenen Möglichkeiten der Beeinflussung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten durch Anpassungen an den verschiedenen Stellen des Systems Mensch-Straße-Fahrzeug zusammengefasst.

Einerseits ermöglichen Anpassungen der infrastrukturellen Umgebungsbedingungen (z. B. die Beseitigung vorhandener Sichtbeeinträchtigungen) eine Vermeidung von Gefahrensituationen am Knotenpunkt. Besonders an großflächigen Knotenpunkten der Grundform II und III (Knotenpunkte von mehrstreifigen und/oder zweibahnigen Straßen), auf welche knapp 40 % der Unfallstellen im betrachteten Knotenpunktunfallgeschehen entfallen, ergeben sich durch die Verdeutlichung vorhandener Querungsmöglichkeiten von Fußgängern und Radfahrern durch entsprechende Markierungen auf der Fahrbahn oder die Anpassung der Steuerung der Lichtsignalanlage durch Berücksichtigung einer separaten Linksabbieger-Phase entsprechende Möglichkeiten vorhandene Konfliktsituationen zu vermeiden.

Auf der anderen Seite bietet sich durch die Nutzung von Assistenzsystemen im Fahrzeug die Chance den Fahrer in gefährlichen Situationen zielgerichtet auf die bestehende Gefahr

aufmerksam zu machen. Grundlage einer solchen fahrzeugsystembasierten Unterstützung ist die eindeutige Erkennung und Interpretation der entsprechenden Fahrsituation. Eine Unterstützung durch fahrzeuginterne Sensorik ist dabei nur in übersichtlichen Situationen (ohne verdeckende Elemente durch die vorhandene Infrastruktur oder andere Fahrzeuge in der unmittelbaren Umgebung) zuverlässig möglich.

	Straße (Infrastruktur)	Fahrzeug (Assistenzsystem)	Mensch (Fahrer)
Sichtverdeckung	<ul style="list-style-type: none"> • Freihalten der Zufahrten von parkenden Fahrzeugen • Verkehrsspiegel 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung anderer Verkehrsteilnehmer (Sensoren im Fahrzeug oder V2X-Kommunikation) • Hinweis auf verdeckte Verkehrsteilnehmer (V2X-Kommunikation) 	
falscher Aufmerksamkeits- fokus	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Werbeschildern und Reklametafeln in Knotenpunktzufahrten 	<ul style="list-style-type: none"> • frühzeitige Erkennung von Überwegen (Sensoren im Fahrzeug oder V2I-Kommunikation) • aktiver Hinweis auf relevante Verkehrsteilnehmer 	<ul style="list-style-type: none"> • regelmäßig Überprüfung der motorischen und kognitiven Leistungsfähigkeit
Ablenkung und Unaufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • farbliche Markierung von Übergangsstellen (Radfahrer und Fußgänger) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung ablenkender Einflüsse durch die Bedienung von Fahrzeugsystemen • Unterbindung der Weitergabe von nicht relevanten Informationen zur Bewältigung der Fahraufgabe 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisierung über die erhöhte Ablenkungswahrscheinlichkeit durch Fahrerinformationssysteme
Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Quermarkierungen an den Fahrstreifenrändern in Knotenpunktzufahrt 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung anderer Verkehrsteilnehmer (Sensoren im Fahrzeug oder V2X-Kommunikation) • Kopplung der Sensorik mit dem Bremssystem des Fahrzeugs • Information über nutzbare Zeitlücken 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisierung über zunehmenden Radverkehr
Missachtung der Vorfahrtsregelung	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung der Verdeckung von Verkehrszeichen • Hinweisschilder in den Knotenpunktzufahrten • Markierung Vorfahrtszeichen auf der Fahrbahn 	<ul style="list-style-type: none"> • frühzeitige Information des Fahrers über seine Wartepflicht • Warnung vor bevorstehenden Verstoß bei ausbleibender Reaktion • aktiver Eingriff des Systems zur Vermeidung des Einfahrens in den Knotenpunkt • Information anderer Verkehrsteilnehmer über den Verstoß 	

Tab. 6.3: Mögliche Ansätze zur Adressierung grundlegende Ursachen von Knotenpunkunfällen durch Maßnahmen im System Mensch-Straße-Fahrzeug

Die Analysen der Knotenpunkte im Straßennetz des Untersuchungsgebietes haben gezeigt, dass nur etwa die Hälfte aller Knotenpunkte rechtwinklig aufgebaut ist und in der Anfahrt zum Knotenpunkt nur ca. 10 % aller Zufahrten freie Sicht in die jeweils benachbarten Straßen (ohne Beeinträchtigungen durch Gebäude oder Bewuchs) aufweisen. Aus der Unfalldatenanalyse zeigt sich, dass die Sicht auf den Unfallgegner bei der Annäherung an den Knotenpunkt zumeist durch Bewuchs oder Bebauung beeinträchtigt ist. Nur in einem Viertel der Unfälle ist der Unfallgegner bei der Annäherung an den Knotenpunkt für den Unfallverursacher frei einsehbar. Sichtverdeckungen und Abschattungen durch Gebäude,

Bewuchs und parkende Fahrzeuge erschweren die durchgängige Verfolgung der Bewegungen anderer Verkehrsteilnehmer durch fahrzeugbasierte Erfassungssysteme. Für die vollständige und zuverlässige Beobachtung des umgebenden Verkehrs sind somit zusätzliche Informationen durch Sensoren aus der Infrastruktur oder die Informationen anderer Fahrzeuge sinnvoll. Hierbei spielt die Ermittlung von Abstand und Geschwindigkeit der anderen Verkehrsteilnehmer eine wesentliche Rolle für die Interpretation der Situation sowie der Einschätzung des Risikolevels. Die Nutzung von kommunikationsbasierten Systemen (V2V oder V2I) kann an dieser Stelle durch die Weitergabe von Positions- und Geschwindigkeitsinformationen, vor allem in Situationen ohne direkten Sichtkontakt zwischen den beteiligten Verkehrsteilnehmern, einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung von Unfällen leisten.

Ein weiterer Ansatzpunkt von Assistenzsystemen stellt die Unterstützung des Fahrers bei der Fokussierung auf die situationsrelevanten Informationen dar. Im Vordergrund steht die Aufmerksamkeit des Fahrers zu gewährleisten und nach Möglichkeit Ablenkungen zu vermeiden. Je nach Art der Konfliktsituation müssen dabei die unterschiedlichen relevanten Verkehrsteilnehmer und die zugehörigen Informationen, wie deren jeweilige Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit sowie die Vorfahrtsregelung am Knotenpunkt, identifiziert werden. Ablenkungen können dabei auf verschiedene Art (fahrzeugintern oder -extern) hervorgerufen werden und müssen, um entsprechend beeinflusst werden zu können, ebenfalls detektiert werden. Als Unterstützungsmöglichkeiten durch Assistenzsysteme stellen sich, auch aus subjektiver Sicht des Verkehrsteilnehmers, vor allem Warnungen als besonders wichtig heraus.

7 Resümee

7.1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden neben der Gestaltung von Knotenpunkten im Hinblick auf die Entstehung von Unfällen auch detaillierte Unfalldaten aus der „German In-Depth Accident Study“ (GIDAS) analysiert. Weiterhin wurde im Rahmen einer Umfrage die Einschätzung der Verkehrsteilnehmer von Einflüssen auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten und verschiedenen Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt sowie die Assistenzwünsche und -notwendigkeiten untersucht.

Neben den Verfahren zur Planung und zum Entwurf von Knotenpunkten aus den gültigen Regelwerken wurde der derzeitige Stand des Wissens über Probleme im Verkehrsablauf am Knotenpunkt und deren Ursachen sowie aktuelle Entwicklungen von Assistenzsystemen dargelegt.

Die flächendeckende Analyse der Knotenpunkte hat gezeigt, dass das Straßennetz, mit einem Anteil von mehr als drei Viertel, von Einmündungen dominiert wird. Vermehrt ist die Vorfahrt an Knotenpunkten durch „rechts vor links“ geregelt. Knotenpunkte befinden sich überwiegend innerhalb von Ortschaften. Nur etwas mehr als die Hälfte der Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet weisen ein rechtwinkliges Layout auf und nur in einem kleinen Teil des Straßennetzes ist die Sicht in die benachbarten Knotenpunktfahrten nicht durch Gebäude oder Bewuchs beeinträchtigt (vgl. *Forschungsfrage 1*).

Unter Verwendung der GIDAS-Unfalldatenbank wurde festgestellt, dass sich der überwiegende Teil der Knotenpunktunfälle mit Personenschaden an Kreuzungen ereignet. Schwerpunkte stellen dabei Unfälle zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Geradeausfahrern an lichtsignalgeregelten Kreuzungen, sowie Unfälle zwischen Fahrzeugen und kreuzenden Radfahrern an schildergeregelten Einmündungen dar. An großen Knotenpunkten (Kreuzungen und Einmündungen von zweibahnigen und / oder mehrstreifigen Straßen) ereignen sich in Bezug auf deren Häufigkeit im Straßennetz wesentlich mehr Unfälle als an kleinen Knotenpunkten (Kreuzungen und Einmündungen von einbahnigen Straßen mit einstreifigen Richtungsfahrbahnen). Weiterhin zeigt sich, dass sich Unfälle vermehrt an Knotenpunkten mit mittlerem bis hohem Verkehrsaufkommen ereignen. Bei Unfällen mit kreuzenden Fahrzeugen zeigen sich Unterschiede zwischen der Verteilung an Kreuzungen und Einmündungen. Werden an Kreuzungen mehr Unfälle durch von rechts kommende Fahrzeuge hervorgerufen, so stellen an Einmündungen Fahrzeuge von links eine größere Unfallgefahr dar. Parallel fahrende Radfahrer und Fußgänger beim Abbiegen stellen nur einen geringen Teil der Unfallgegner an Knotenpunkten dar. Insgesamt kann festgestellt werden, dass neben den Fahrzeug-Fahrzeug-Unfällen auch Zusammenstöße zwischen Fahrzeugen und Radfahrern einen erheblichen Anteil am Knotenpunktunfallgeschehen mit Personenschaden haben (vgl. *Forschungsfragen 2* und *3*).

Durch eine Befragung von Verkehrsteilnehmern wurde der Vergleich zwischen der subjektiven Einschätzung von Gefahrensituationen am Knotenpunkt und der objektiven Unfallgefahr auf Grundlage der realen Unfalldaten durchgeführt. Hierbei konnte dargelegt werden, dass für die Beurteilung der Gefährlichkeit von Knotenpunkten vor allem die Einsehbarkeit anderer Zufahrten einen entscheidenden Einflussfaktor darstellt. Bei der Einschätzung der Wichtigkeit der untersuchten Einflussfaktoren konnten zum Teil signifikante Unterschiede bezüglich der Fahrerfahrung, des Geschlechts sowie der Unfallererfahrung der Befragungsteilnehmer festgestellt werden. So nimmt der Einfluss des Rad- und Fußgängerverkehrs auf die subjektive Einschätzung der Gefährlichkeit einer Knotenpunktsituation mit zunehmender Fahrerfahrung zu, der Einfluss des Verkehrsaufkommens hingegen ab. Frauen weisen der Art der Vorfahrtsregelung und der Höhe des Verkehrsaufkommens am Knotenpunkt sowie dem Geschwindigkeitsniveau des umgebenden Verkehrs eine größere Bedeutung bei Beurteilung von gefährlichen Knotenpunkten zu als Männer. Die Tatsache bereits an einem Unfall beteiligt gewesen zu sein, wirkt sich lediglich dahingehend aus, dass dem Radfahrer- und Fußgängerverkehr ein größerer Einfluss auf die Gefährlichkeit einer Knotenpunktsituation zugeschrieben wird (siehe *Forschungsfrage 4*).

Die Befragungsteilnehmer schätzen Verkehrssituationen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Radfahrern und Fußgängern) wesentlich gefährlicher ein als die im Unfallgeschehen mit Personenschaden häufig auftretenden Unfallsituationen zwischen zwei motorisierten Beteiligten (der Konflikt zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Fahrzeugen, sowie Unfälle mit kreuzenden Fahrzeugen). Besonders parallel fahrende Radfahrer beim Abbiegen rufen bei den Teilnehmern die größten Ängste hervor (vgl. *Forschungsfrage 5*).

Unterstützung wünschen sich die Verkehrsteilnehmer hauptsächlich in Form von informierenden und warnenden Systemen. Der Eingriff eines Assistenzsystems wird situationsunabhängig von einem Fünftel der Probanden abgelehnt. Analog zur Einschätzung der Gefährlichkeit von Fahrmanövern am Knotenpunkt wünschen sich die Verkehrsteilnehmer vor allen bei Konflikten mit Radfahrern und Fußgängern Unterstützung durch Assistenzsysteme. Die Verbesserung der Sicherheit von Knotenpunkten wird infrastruktureitig hauptsächlich durch Anpassungen der Markierung von Fahrstreifen und Überwegen erwartet (siehe *Forschungsfrage 6*).

Als Ableitung aus den durchgeführten Analysen wurden Steckbriefe der verschiedenen Knotenpunktunfallgruppen (KUG) erstellt, die übersichtlich deren Charakteristik darstellt und Ansatzpunkte zur Vermeidung der Unfälle durch mögliche Maßnahmen der Infrastruktur und durch Nutzung von Assistenzsystemen liefert (siehe *Anhang 10*).

7.2 Weiterer Forschungsbedarf

Zur genauen Analyse von Verkehrsunfällen spielen Informationen über den Fahrer bzw. dessen Aktionen und Reaktionen eine bedeutende Rolle. Die Erweiterung der Unfalldatensammlungen um fahrerbezogene, psychologische Informationen wie z. B.:

- Ist der Unfallgegner (rechtzeitig) wahrgenommen worden?
- War der Fahrer vor dem Unfall abgelenkt?
- Bestanden Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeit?
- Wann und wie hat der Fahrer reagiert?

können einen wichtigen Beitrag leisten, um die Entstehung von gefährlichen Situationen im Straßenverkehr besser zu verstehen und entsprechende Ansatzpunkte zur Beeinflussung ableiten zu können. Darüber hinaus stellt die Integration von weiteren Erkenntnissen aus der Verkehrspsychologie in die Betrachtungen ein wichtiges Betätigungsfeld weiterführender Forschungsarbeiten dar. Wesentlichen Input für die Verbesserung der Verkehrssicherheit durch die Vermeidung von kritischen Situationen kann die intensive Beschäftigung mit der Entstehung von Konflikten als Vorstufe von Unfällen liefern.

Im Rahmen der Entwicklung von zukünftigen Assistenzsystemen kommt der Betrachtung des Fahrerverhaltens eine immer größere Bedeutung zu. Gerade für komplexe Verkehrssituationen, wie das Fahren im Stadtverkehr und die Bewältigung von Fahrmanövern an Knotenpunkten, ist die Gestaltung und die gezielte Verbesserung der Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug ohne ablenkende oder irritierende Wirkung besonders wichtig. Auch an dieser Stelle sind weitere Fragestellungen detaillierter zu analysieren.

Die Untersuchung der verschiedenen Handlungsmöglichkeiten bei Vorliegen von Gefahrensituationen stellt ein weiteres Forschungsgebiet für weiterführende Arbeiten dar. So ist es angebracht für die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen neben der Vermeidung von Unfällen durch unterstützte oder automatisch initiierte Bremsmanöver auch die Möglichkeit des Ausweichens in freie Räume sowie die Kombination von Ausweich- und Bremsmanövern näher zu betrachten.

Ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in Knotenpunktsituationen ist durch die vermehrte Nutzung von Systemen zu erwarten, welche auf V2X-Technologien basieren. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls weitere Fragen offen, wie z. B.:

- Welchen Einfluss haben die verschiedenen Umgebungsbedingungen auf die Übermittlung der relevanten Informationen?
- Wie zuverlässig ist die V2X-Kommunikation?
- Welche Auswirkungen haben Fahrzeuge mit zusätzlichen Assistenzsystemen auf andere Verkehrsteilnehmer (vor allem Fahrzeuge ohne System)?
- Welchen Effekt hat eine steigende Ausstattungsrate der Fahrzeuge auf den Gesamtverkehr?

Vor allem Fragen nach den Effekten einer zunehmenden Verbreitung von Systemen in der Fahrzeugflotte lassen sich in vielen Fällen nur durch Anwendung von Verkehrssimulationsmodellen beantworten.

Die Zunahme des Radverkehrs im städtischen Straßenverkehr stellt eine weitere Herausforderung für die Entwicklungen in den nächsten Jahren dar. Hierfür bilden Informationen über das Verhalten von Radfahrern, die modellhafte Beschreibung des Radfahrverhaltens mit der Möglichkeit der Prognose von Reaktionen der Radfahrer wichtige Anhaltspunkte für die Ausrichtung und Entwicklung zukünftiger Assistenzsysteme.

Einige der hier aufgeführten Forschungsaspekte werden in dem bis 2016 laufenden Forschungsprojekt „Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement“ [UR:BAN 2012] bereits adressiert und lassen Erkenntnisse für einen besseren Umgang mit Gefahrsituationen im Straßenverkehr erwarten.

Literaturverzeichnis

- AAAM (Association for the Advancement of Automotive Medicine) [2013]: Abbreviated Injury Scale. www.aaam1.org/ais/index.php; abgerufen am 03. Dezember 2013
- AARU (Audi Accident Research Unit) [2011]: Codebook GIDAS Unfallursachenerfassung. Arbeitspapier; Stand 07. November 2011
- ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) [2011]: Kreisverkehre -sicher und leistungsfähig. ADAC e. V. - Zur Sache; Resort Verkehr; 2011
- AKTIV [2010]: Aktiv - gemeinsam Zukunft erfahren. Ergebnisse; 2010
- BEKIARIS, E.; GAITANIDOU, E. [2011]: Towards Forgiving and Self-Explaining Roads. in: BEKIARIS, E. (Hrsg.); WIETHOFF, M. (Hrsg.); GAITANIDOU, E. (Hrsg.): Infrastructure and Safety in a Collaborative World. Springer; Heidelberg; 2011
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) [2010]: Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit in Deutschland. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Berlin; 21. Juli 2010
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) [2011A]: ASB Anweisung Straßeninformationsbank - Teilsystem: Netzdaten. Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr; Berlin; 09. März 2011
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) [2011B]: Verkehrssicherheitsprogramm 2011. Referat LA 26; Berlin; 2011
- BRYER, T. [2011]: Stop-Controlled Intersection Safety: Through Route Activated Warning Signs. FHWA-SA-11-015; Federal Highway Administration; 2011
- BUBB, H. [2008]: Produktergonomie. Vorlesungsskript; Technische Universität München; 2008
- BURG, H.; GRATZER, W.; MOSER, A.; STEFFAN, H. [2009]: Kollisionsmechanik. in: BURG, H. (Hrsg.); MOSER, A. (Hrsg.): Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. 2. Auflage; Vieweg+Teubner; Wiesbaden; 2009
- CHIN, H. C.; QUDDUS, M. A. [2003]: Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections. Accident Analysis and Prevention; Vol. 35 No. 2; S. 253 - 259; 2003

- DAMBIER, M. [2010]: Adaptive Information Flow Control - Recognition and Prediction of Factors Contributing to Driver's Stress. Dissertation; Universität der Bundeswehr München; 2010
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) [2013A]: Unfallgeschehen auf deutschen Straßen 2012. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 10. Juli 2013 in Berlin; Wiesbaden; 2013
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) [2013B]: Verkehrsunfälle 2012. Fachserie 8 Reihe 7; Wiesbaden; 2013
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) [2015]: Wirtschaftsrechnungen. Private Haushalte in der Informationsgesellschaft - Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien; Fachserie 15 Reihe 4; Wiesbaden; 2015
- DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) [2002]: DIN 10075-1 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1; Beuth; Berlin; 2002
- DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) [2014]: Verkehr in Zahlen 2014/2015. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI); 43. Jahrgang; DVV Media Group; Hamburg; 2014
- DONGES, E. [1982]: Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. Automobil-Industrie, Jahrgang 27 Nr. 2; S. 182 - 190; 1982
- DVR (Deutscher Verkehrssicherheitsrat) [2010]: Deutsches Projekt gewinnt ersten Preis – Europaweiter Ideenwettbewerb „ShLOW! – Show me how slow“. DVR-report Magazin für Verkehrssicherheit; 40. Jahrgang; Nr. 1/2010; S. 22 – 23; 2010
- ELVIK, R. [2005]: Laws of accident causation. Proceedings 18th ICTCT-Workshop; Helsinki; 2005
- ELVIK, R.; HOYE, A.; VAA, T.; SORENSEN, M. [2009]: The handbook of road safety measures. 2nd edition; Emerald Group Publishing Ltd.; Bingley; 2009
- ERKE, H., ZIMOLONG, B. [1978]: Verkehrskonflikte im Innerortsbereich: Eine Untersuchung zur Verkehrskonflikt-Technik. Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr; Heft 15; Bundesanstalt für Straßenwesen; Köln; 1978
- EU (Kommission der Europäischen Gemeinschaften) [2001]: Weißbuch Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft. Europäische Kommission; KOM(2001) 370; Brüssel; 12. September 2001

- EU (Kommission der Europäischen Gemeinschaften) [2014]: Road Safety evolution in EU. European Commission - mobility and transport; ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/observatory/historical_evol.pdf; März 2014; zuletzt geprüft am 20. Dezember 2014
- FAKLER, O.; SCHENDZIELORZ, T.; PETIT, F.; SPENCE, A.; TORRES, C.; PEYRET, F.; GLASER, S.; POSSANI, A.; BELLOTTI, F.; FEENSTRA, P.; KIEVIT, M.; WILSCHUT, E.; VISINTAINER, F. [2010]: SAFESPOT Deliverable 5.6.5, SP5 - CoSSIB Cooperative system applications infrastructure based, Evaluation Final Report. SAFESPOT; 2010
- FASTENMEIER, W. [1995]: Autofahrer und Verkehrssituation: neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme. Deutscher Psychologen-Verlag; Bonn; 1995
- FASTENMEIER, W. [2005]: Das Fahrverhalten in Kreuzungen: Welche Fehler begehen ältere Autofahrer? Deutscher Psychologentag; Bundesverband deutscher Psychologinnen und Psychologen; Potsdam; 2005
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [1988]: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS) Teil: Knotenpunkte (RAS-K) Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Straßenentwurf; Köln; 1988
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2001]: Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit; Köln; 2001
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2002]: Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen - ESAS. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Straßenentwurf; Köln; 2002
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2003]: Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen - ESN. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit; Köln; 2003
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2006]: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen - RAS 06. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Straßenentwurf; Köln; 2006
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2009]: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen - HBS. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Kommission „Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“; überarbeitete Fassung 2009; Köln; 2009

- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2010]: Empfehlungen für Radverkehrsanlagen - ERA. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Straßenentwurf; Köln; 2010
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2012A]: Begriffsbestimmungen - Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Querschnittsausschuss Begriffsbestimmung; Köln; 2012
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2012B]: Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen - M Uko. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement; Köln; 2012
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [2012C]: Richtlinien für die Anlage von Landstraßen – RAL. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Straßenentwurf; Köln; 2012
- FRICKE, N.; GLASER, C.; DE FILLIPS, M. [2006]: Passive und Aktive Sicherheitsmaßnahmen im Kraftfahrzeug. MMI-Interaktiv; Jahrgang 10 Nr. 10; S. 39 - 47; 2006
- FÜRSTENBERG, K.; HOPSTOCK, M.; OBOYSKI, A.; RÖSSLER, B.; CHEN, J.; DEUTSCHLE, S.; BENSON, C.; WEINGART, J.; DE LARA, A. [2007]: INTERSAFE Final Report, Project Evaluation and Effectiveness of the Intersection Safety System. 2007
- FULLER, R. [2005]: Towards a general theory of driver behavior. Accident Analysis and Prevention Vol. 37; S. 461 - 472; 2005
- GETTMAN, D.; HEAD, L. [2003]: Surrogate Safety Measures from Traffic Simulation Models, Final Report. FHWA-RD-03-050; Federal Highway Administration; 2003
- GIDAS (German In-Depth Accident Study) [2012A]: GIDAS Codebook 2011. passend zum Abzug 111231_GIDAS2011; Dresden & Hannover; 2012
- GIDAS (German In-Depth Accident Study) [2012B]: GIDAS Methodik. www.gidas.org/files/GIDAS.pdf; zuletzt geprüft am 17. September 2012
- GDV (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.) [1998]: Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps. Köln; 1998
- GRÜNDL, M. [2004]: Fehler und Fehlverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen. Dissertation; Universität Regensburg; 2005

- HACKER W. [1998]: Fehlhandlungen und Handlungsfehler. in: HACKER, W. (Hrsg.): Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten; Huber-Verlag; Bern; 1998
- HALE A. R.; STOOP, J., HOMMELS, J. [1990]: Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transport systems. Ergonomics Vol. 33 No. 10/11; S. 1377 - 1387; 1990
- HANNAWALD, L.; LIERS, H. [2013]: Analysis of GIDAS accident data and potential of cooperative ADAS at intersections. Proceedings Abschlusspräsentation Ko-FAS Forschungsinitiative; 2013
- HARSENHORST DE VELDE, J.; LOURENS, P. [1988]: Classification of Driver Errors and Analysis of Driver Performance Parameters. Technical Report 87-25; Traffic Research Center, University of Groningen; 1988
- HAUTZINGER, H.; STOCK, W.; MAYER, K.; SCHMIDT, J.; HEIDEMANN, D. [2005]: Fahrleistungserhebung 2002 - Inländerfahrleistung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik; Heft V 120; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bergisch Gladbach; 2005
- HAUTZINGER, H.; PFEIFFER, M.; SCHMIDT, J. [2006]: Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am Unfallort. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik; Heft F 59; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bergisch Gladbach; 2006
- HCM [2010]: Highway Capacity Manual. Volume 1: Concepts; Transportation Research Board; Washington; 2010
- HONDA [2005]: Honda Completes Development of ASV-3 Advanced Safety Vehicles. Press Release, Tokyo; 02. September 2005
- HONDA [2009]: Honda to Exhibit its Latest Advanced Safety Vehicles. Press Release, Tokyo; 19. Februar 2009
- HORREY, W. J., WICKENS, C. D., CONSALUS, K. P. [2006]: Modeling driver' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. Journal of experimental Psychology - Applied; Vol. 12 No. 2; S. 67 - 78; 2006
- KIRSCHFINK, H.; KOCHS, A.; WEIDNER, B.; HETTWER, J. [2007]: Integrierte kommunale Verkehrsnetzdokumentation. Schlussbericht Forschungsbericht FE 77.480/2004; 2007
- KLANNER, F. [2008]: Entwicklung eines kommunikationsbasierten Querverkehrsassistenten im Fahrzeug. Dissertation; Technische Universität Darmstadt; 2008

- KLEBELSBERG, D. [1982A]: Die Bedeutung von subjektiver und objektiver Sicherheit - Fahrverhalten als Risikoverhalten. in: DAIMLER-BENZ (Hrsg.): Verkehrssicherheit. Fahrverhalten und die Bedeutung der Risikotheorien für die Sicherheit im Straßenverkehr; Daimler-Benz; Berlin; 1982
- KLEBELSBERG, D. [1982B]: Verkehrspsychologie. Springer Verlag; 1982
- KO-FAS [2013]: Forschungsinitiative Ko-FAS. www.ko-fas.de; zuletzt geprüft am 11. Mai 2014
- KOPF, M. [2005]: Was nützt es dem Fahrer, wenn Fahrerinformations- und -assistenzsysteme etwas über ihn wissen? in: MAURER, M. (Hrsg.); STILLER, C. (Hrsg.): Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung; Springer Verlag; S. 117 – 140; 2005
- KULMALA, R. [1995]: Safety at rural three and four-arm junctions. Development and application of accident prediction models; VTT 233; Technical Research Centre of Finland; Espo; 1995
- LANDESHAUPTSTADT HANNOVER [2009]: Verkehrsmengenkarte Hannover 2009 - Stadtgebiet; Hannover; 2009
- LANGE, C. [2007]: Wirkung von Fahrerassistenz auf der Führungsebene in Abhängigkeit der Modalität und des Automatisierungsgrades. Dissertation; Technische Universität München; 2007
- LANGHAM, M. [2006]: What do drivers do at intersections? Proceedings 71st Road Safety Congress; 2006
- LARSEN, L. [2004]: Methods of multidisciplinary in-depth-analyses of road traffic accidents. Journal of Hazardous Materials Vol. 111 Issue 1-3; S. 115 - 122; 2004
- LGLN (LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG) [2011]: NiedersachsenVierwer. Geodatenportal Niedersachsen (GDI-NI). Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung - Landesvermessung und Geobasisinformation; www.lgn.niedersachsen.de; 2011
- MAGES, M. [2008]: Top-Down-Funktionsentwicklung eines Einbiege- und Kreuzenassistenten. Dissertation; Technische Universität Darmstadt; 2008
- MANGEL, T. [2012]: Inter-Vehicle Communication at Intersections: An Evaluation of Ad-Hoc and Cellular Communication. Dissertation; Karlsruher Institut für Technologie (KIT); 2012
- MAURER, M. [2008]: Flexible Automatisierung von Straßenfahrzeugen mit Rechnersehen. Dissertation; Universität der Bundeswehr München; 2000

- MCKNIGHT, A.; ADAMS, B. [1970]: Driver Education Task Analysis: Volume 1 – Task descriptions. DOT-HS-800-367, HumRRO-70 103; National Highway Traffic Safety Administration; Washington D.C.; 1970
- MEITINGER, K.-H. [2008]: Top-Down-Entwicklung von Aktiven Sicherheitssystemen für Kreuzungen. Dissertation; Technische Universität München; 2008
- MOCK-HECKER, R. [1994]: Wissensbasierte Erkennung kritischer Verkehrssituationen – Erkennung von Plankonflikten. Fortschrittbericht VDI; Reihe 12 Nr. 209; VDI-Verlag; Düsseldorf; 1994
- MÜLLER, H. J.; KRUMMENACHER, J.; SCHUBERT, T. [2014]: Aufmerksamkeit und Handlungssteuerung: Grundlagen für die Anwendung. Springer; Berlin; 2014
- NÄÄTÄNEN, R.; SUMMALA, H. [1976]: Road user behaviour and traffic accidents. North Holland, Amsterdam; 1976
- NABUUSI, B. B.; BRIJS, T.; HERMANS, E. [2008]: A review of accident prediction models for road intersections. Report No. RA-MOW-2008-004; Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken, Spoor Verkeersveiligheid; Diepenbeek; 2008
- NAVTEQ [2010]: Relational Database Format (RDF) Reference Guide. Version 2.2, Quartal 3 2010; NAVTEQ; 2010
- NIEMANN, H.; GAUGGEL, S. [2010]: Störungen der Aufmerksamkeit. in: FROMMELT, P. (Hrsg.); LÖSSLEIN, H. (Hrsg.): Neuro-Rehabilitation – Ein Praxisbuch für interdisziplinäre Teams; Springer; Berlin; 2010
- NORMAN, D. A. [1981]: Categorization of Action Slips. Psychological Review, Vol. 88 No. 1; S. 1 - 15; 1981
- OEHME, A.; KOLREP, H.; PERSON, F.; BYL, C. [2014]: Taxonomie von Fehlhandlungen bei der Fahrzeugführung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik; Heft F 95; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bergisch Gladbach; 2014
- PFLEGER, E.; BERGER, W.; PICHLER, C. [1994]: Unfallursachenforschung bei Unfallhäufungsstellen Fallbeispiele für Informationsdefizite. in: MARX, E. (Hrsg.): Informationsaufnahme des Verkehrsteilnehmers; Heft 24; Beiträge zur 3. Fachtagung Verkehrssicherheit am 5. November 1992 in Wien; Institut für Verkehrswesen; Universität für Bodenkultur Wien; 1994
- PLAVŠIĆ, M. [2010]: Analysis and Modelling of Driver Behavior for Assistance Systems at road Intersections. Dissertation, Technische Universität München; 2010
- PLOCH, M.; MANNERING, F. [1996]: Negative Binomial Analysis of Intersection Accident Frequencies. Journal of Transportation Engineering; Vol. 122 No. 2; S. 105 - 113; 1996

- RASMUSSEN, J. [1982]: Human Errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, Vol. 4 No. 2-4; S. 311 – 333; 1982
- RASMUSSEN, J. [1983]: Skills, Rules and Knowledge; Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*; Vol. SMC-13 Issue 3; S. 257 – 266; 1983
- REASON, J. [1992]: *Human Error*. Cambridge University Press; New York; 1992
- REICHART, G. [2001]: Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen. Dissertation; Technische Universität München; Fortschritts-Berichte VDI Reihe 22 Nr. 7; VDI-Verlag; Düsseldorf; 2001
- REINISCH, R. [2010]: Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz. Dissertation; Technische Universität Darmstadt; 2010
- RÖSLER, D. [2010]: Fahrrelevanz von Elementen des Straßenverkehrs - Beschreibung, Erfassung und Anwendung -. Dissertation; Technische Universität Chemnitz; 2010
- SAMMER, G. [2011]: Einführung in die Straßenverkehrstechnik und Verkehrssteuerung. Vorlesungsskript; Universität für Bodenkultur Wien; 2011
- SCHLAG, B. [1996]: Fahrverhaltensbeobachtungen bei jüngeren und älteren Kraftfahrern. Verkehrswachtforum Band 2; Deutsche Verkehrswacht e. V.; Meckenheim; 1996
- SCHLAG, B. [2008]: Älter werden und Auto fahren. *Report Psychologie*, Vol. 33; Nr. 2/2008, S. 72 - 84; 2008
- SCHMIDT, C. [2010]: Hardware-in-the-Loop gestützte Entwicklungsplattform für Fahrerassistenzsysteme - Analyse und Generierung kritischer Verkehrsszenarien. Dissertation; Universität Kassel; 2010
- SCHNEIDER, J. [2009]: Modellierung und Erkennung von Fahrsituationen und Fahrmanövern für sicherheitsrelevante Fahrerassistenzsysteme. Dissertation; Technische Universität Chemnitz; 2009
- SIM^{TD} D11.3 [2009]: Deliverable D11.3. Spezifikationsdokument sim^{TD} Funktion F.2.2.4 Kreuzungs-/Querverkehrsassistent. Interner Projektbericht; 2009
- SIM^{TD} W43.2 [2013A]: Working Document. Ergebnisse Feldversuch - Teil F_2.2.4 Kreuzungs- / Querverkehrsassistent. Interner Projektbericht; 2013
- SIM^{TD} W43.2 [2013B]: Working Document. Technische Auswertung, Teil F_2.2.4 Kreuzungs- / Querverkehrsassistent. Interner Projektbericht; 2013

- SPAHN, V. [2009]: Ist der Kreisverkehr sicherer als die Lichtsignalanlage? Straßenverkehrstechnik; Jahrgang 53; Nr. 5/2009; S. 286 - 291; 2009
- STAPLIN, L.; BALL, K.; PARK, D.; DECINA, L. E.; LOCOCO, K. H.; GISH, K. W.; KOTWAL, B. [1998]: Synthesis of Human Factors Research on Older Drivers, Volume I: Older Driver Research Synthesis. FHWA-RD-97-094; Federal Highway Administration; 1998
- STAUBACH, M. [2010]: Identifikation menschlicher Einflüsse auf Verkehrsunfälle als Grundlage zur Beurteilung Fahrerassistenzsystem-Potentialen. Dissertation; Technische Universität Dresden; 2010
- SUMMALA, H. [1996]: Accident risk and driver behavior. Safety Science; Vol. 22 No. 1 - 3; S. 103 - 117; 1996
- THEEUWES, J.; GODTHELP, H. [1995]: Self-explaining roads. Safety Science; Vol. 19; S. 217 - 225; 1995
- SCHWEIGERT, M. [2003]: Fahrerblickverhalten und Nebenaufgaben. Dissertation; Technische Universität München; 2003
- UCHIDA, N.; FUJITA, K.; KATAYAMA, T. [1999]: Detection of vehicle crossing path at intersection. in: GALE, A. ET AL. (Hrsg.): Vision in Vehicles VII; Elsevier Science Publisher; Amsterdam; 1999
- UR:BAN [2012]: Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement. Projektbeschreibung. www.urban-online.org/cms/upload/download/de/Broschueren/projektbeschreibung_urban.pdf; zuletzt geprüft am 18. Oktober 2014
- VAN DER HORST, A. [1990]: A time-based Analysis of Road User Behavior in normal and critical Encounters. Dissertation; Technische Universiteit Delft; 1990
- VÖHRINGER-KUHNT, T. [2010]: Modellierung der Blickzuwendung auf Informationssysteme im Kfz. Zeitschrift für Verkehrssicherheit; Jahrgang 56; Heft 1/2010; S. 10 - 16; 2010
- VOLLRATH, M.; BRÜNGER-KOCH, M.; SCHIEßL, C.; WAIBEL, F. [2004]: INVENT Kreuzungsverhalten – Normalverhalten, Beanspruchung und kritische Situationen bei Kreuzungsfahrten. Endbericht INVENT; Braunschweig; 2004
- VOLLRATH, M.; BRIEST, S.; SCHIESSL, C.; DREWES, J.; BECKER, U. [2006]: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik; Heft F 60; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bergisch Gladbach; 2006

- VON BENDA, H.; GRAF HOYOS, C.; SCHAIBLE-RAPP, A. [1983]: Klassifikation und Gefährlichkeit von Straßenverkehrssituationen. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen Bereich Unfallforschung; Nr. 89; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bergisch Gladbach; 1983
- VORNDRAN, I. [2012]: Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2011. In: DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (Hrsg.): Wirtschaft und Statistik Juli 2012; Statistisches Bundesamt; Wiesbaden; 2012
- WEBER, S.; ERNSTBERGER, A.; NERLICH, M.; WINKLE, T.; GRAAB, B.; DONNER, E.; CHIPELLINO, U. [2010]: Was können Fahrerassistenzsysteme im realen Unfallgeschehen leisten? 9. Deutscher Verkehrsexpertentag 2010; Gesellschaft für Ursachenforschung bei Verkehrsunfällen e.V.; Köln; 2010
- WICKENS, C. D.; GOH, J.; HELLEBURG, J.; HORREY, W. J.; TALLEUR, D. A. [2003]: Attentional models of multi-task pilot performance using advanced display technology. Human factors, Vol. 45 No. 3, S. 360 – 380; 2003
- WILDE, G. [1982]: The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. Risk Analysis, Vol. 2 Issue 4, S. 209 – 225; 1982
- WILTSCHKO, T. [2003A]: Mikroskopische Unfallanalyse zur Identifikation von Wirkfeldern zukünftiger Fahrerassistenzsysteme. Proceedings 19. Verkehrswissenschaftliche Tage Dresden; Dresden; 2003
- WILTSCHKO, T. [2003B]: Sichere Information durch infrastrukturgestützte Fahrerassistenzsysteme zur Steigerung der Verkehrssicherheit an Straßenknotenpunkten. Dissertation; Universität Stuttgart; 2003
- ZIMBARDO, P. [1995]: Psychologie. 6. Auflage; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg; 1995

Glossar

Abbiege(fahr)streifen - Der ausschließlich für Abbiegeverkehr bestimmter Fahrstreifen (Rechtsabbiegefahrstreifen, Linksabbiegefahrstreifen). [FGSV 2012A]

Abbiegen - Das Ausfahren eines Fahrzeuges aus einer bevorrechtigten Straße oder Richtung in eine andere Straße oder Fahrtrichtung. [FGSV 2012A]

AIS (Abbreviated Injury Scale) - Die einer Einzelverletzung anhand einer 7-stufigen Bewertungsskala (AIS 0 bis AIS 6) auf Grundlage der Sterblichkeitsrate bzw. der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelverletzung. [AAAM 2013]

Anfahrtsicht - Die Sichtweite auf bevorrechtigte Fahrzeuge, die ein wartepflichtiger Fahrer eines stehenden Fahrzeuges benötigt, um gefahrlos einbiegen, kreuzen oder einfädeln zu können. [FGSV 2012A]

Annäherungsphase - Das Segment der Fahrsituation am Knotenpunkt, das der Identifikation des Knotenpunktes an sich und der vorliegenden Vorfahrtsregelung dient. [PLAVSIC 2010]

Annäherungssicht - Die Sichtweite auf bevorrechtigte Fahrzeuge, die ein wartepflichtiger Fahrer bei der Annäherung an einen Konfliktbereich benötigt, um nach Möglichkeit ohne Halt einbiegen, kreuzen oder einfädeln zu können. [FGSV 2012A]

Aufmerksamkeit - Die Fähigkeit des Menschen, aus der Vielzahl der Sinneseindrücke und Informationen diejenigen auszuwählen, die sein Interesse finden und für die Planung und Durchführung von Handlungen von Bedeutung sind. [NIEMANN ET AL. 2010]

Beanspruchung (psychische) - Die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand. [DIN 10075-2]

Bedienfehler - Die fehlerhafte motorische Ausführung einer Handlung. [GRÜNDL 2004]

Beinaheunfall - Eine Gefahrensituation, in denen sich Verkehrsteilnehmer räumlich und zeitlich so annähern, dass eine erhöhte Kollisionsgefahr besteht, welche nur durch einen Eingriff von mindestens einem der Verkehrsteilnehmer verhindert werden kann. [ERKE ET AL. 1978]

Belastung (psychische) - Die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken. [DIN 10075-2]

- Beteiligten-MAIS* - Die maximale Verletzungsschwere aller Personen eines Beteiligten. Die Verletzungsschwere eine Person wird dabei anhand Kategorisierung der Schwere der Einzelverletzungen nach der *Abbreviated Injury Scale (AIS)* vorgenommen.
- Diagnosefehler* - Die fehlende entsprechende Bewertung wahrgenommener relevanten Informationen. [GRÜNDL 2004]
- Energy Equivalent Speed (EES)* - Die energie-äquivalente Geschwindigkeit, welche als Maß für die Deformationsenergie gilt, die bei einer beliebigen Verformung eines Fahrzeugs von der Struktur aufgenommen wird. [BURG ET AL. 2009] Die energie-äquivalente Geschwindigkeit ist eine theoretische Größe, die dazu dient, das Maß an Deformationsarbeit, das ein Fahrzeug bei einem Zusammenstoß geleistet hat, zu beschreiben. Sie ist gleichzusetzen mit der Kollisionsgeschwindigkeit, die für ein Fahrzeug bei einer Kollision gegen eine undeformierbare starre Barriere (bei der in der Kollision sämtliche Energie in Verformungsarbeit umgesetzt wird) notwendig ist, um das gleiche Schadensbild zu erreichen. [GIDAS 2012A]
- Einbiegen* - Das Einfahren eines wartepflichtigen Fahrzeuges in eine andere Straße oder Fahrtrichtung. [FGSV 2012A]
- Einmündung* - Ein Knotenpunkt, bei dem eine Straße an eine durchgehende Straße angeschlossen ist. [FGSV 2012A]
- Einmündungsunfall* - Ein Unfall, der sich an einer Einmündung ereignet hat und dessen Unfallablauf einem der relevanten Unfalltypen (siehe *Anhang 3*) entspricht. [FGSV 2012A]
- Fahrbahn* - Der aus Fahrstreifen und Randstreifen bestehender, zusammenhängend befestigter Teil der Straße. [FGSV 2012A]
- Fahrbahnleiter* - Eine gestreckte Verkehrsinsel, die auf kurzen Strecken entgegengesetzt gerichtete Fahrzeugströme einer Straße voneinander trennt. [FGSV 2012A]
- Fahrersituation* - Die tatsächlich vom Fahrer wahrgenommene Sichtweise des Fahrers auf die Fahr- und Verkehrssituation. [REICHART 2001]
- Fahrerzustand* - Die Zusammenfassung aller fahrrelevanten Informationen über die vorliegende Situation und die verschiedenen Einflussfaktoren auf den mit der Fahraufgabe beschäftigten Fahrer. [KOPF 2005]
- Fahrfehler* - Eine vom „normalen“ Fahrverhalten abweichende Handlung, welche in der Regel folgenlos (ohne Unfallereignis) bleibt. [ERKE ET AL. 1978]
- Fahrsituation* - Der aus Fahrersicht prinzipiell wahrnehmbaren Ausschnitt der Verkehrssituation in Abhängigkeit des geplanten Fahrmanövers sowie des umgebenden Verkehrs. [REICHART 2001]

- Fahrstreifen* - Der Teil der Fahrbahn, der für die Fortbewegung einer Fahrzeugreihe bestimmt ist. [FGSV 2012A]
- Fehler* - Die Handlung, die nicht (oder nicht ausreichend) an die vorliegende Situation angepasst ist, so dass Schäden für Fahrer, Fahrzeug und/oder Umwelt entstehen. [VOLLRATH ET AL. 2006]
- Fehler in der Auswahl der Vorgehensweise* - Die Durchführung einer Handlung, womit das gesetzte Ziel nicht erreichbar ist. [GRÜNDL 2004]
- Fehler, struktureller oder mechanischer* – Die fehlende Möglichkeit des Fahrers einen Handlungsfehler zu vermeiden. [GRÜNDL 2004]
- Fehlhandlung* - Die Handlung, welche für einen Handlungsfehler verantwortlich ist [HACKER 1988]
- Führungsebene* - Die Ebene des Drei-Ebenen-Modells der Fahrzeugführung die Aufgaben für die Umsetzung der gewählten Fahrtroute (Folgen des Straßenverlaufes, Überhol- und Fahrstreifenwechsellvorgänge sowie Fahrmanöver am Knotenpunkt) umfasst. [DONGES 1982]
- Geschwindigkeitsänderung (Delta-v)* - Der Betrag der Differenz von Anfangs- und Endgeschwindigkeitsvektoren eines Verkehrsteilnehmers während eines bestimmten Zeitabschnittes innerhalb eines gewählten Koordinatensystems. Überwiegend verwendet bei Fahrzeugen als Differenz von Einlauf- und Auslaufgeschwindigkeitsvektoren. [BURG ET AL. 2009] Delta-v ist die vektorielle Geschwindigkeitsdifferenz (Auslauf minus Einlauf) während der Kollision. [GIDAS 2012A]
- Grenzzeitlücke* - Der minimale zeitliche Abstand zwischen dem Heck eines querenden Fahrzeugs und der Front des Folgefahrzeugs. [FGSV 2012A]
- Haltesicht* - Die Entfernung, die ein Fahrer benötigt, um an der durch die Vorrangregelung bestimmten Stelle halten zu können. [FGSV 2012A]
- Handlung, fertigkeitbasierte* - Die Handlungsstrategie mit der geringsten kognitiven Beanspruchung. Darunter sind eher unbewusst ablaufende Prozesse zu zählen, die als Reaktion auf entsprechende Signale aus der Umgebung automatisch ablaufen. [RASMUSSEN 1983]
- Handlung, regelbasierte* - Die Handlungsstrategie zur Lösung von bekannten Aufgaben, welche anhand fester Regeln durch gespeicherte Handlungsabläufe absolviert werden können. [RASMUSSEN 1983]
- Handlung, wissensbasierte* - Die Handlungsstrategie, welche die höchste kognitive Leistung beansprucht. Dies umfasst Handlungen zur Bewältigung von Aufgaben, die

unbekannt sind und für deren Bewältigung nicht auf Erfahrungen zurückgegriffen werden kann. [RASMUSSEN 1983]

Handlungsfehler - Die Ausführung einer fehlerhaften Handlung. [HACKER 1988]

Informationsfehler - Die fehlende Wahrnehmung wichtiger Informationen, die zur sicheren Bewältigung der Situation notwendig sind. [GRÜNDL 2004]

Kognition - Der allgemeine Begriff für alle Formen des Erkennens und Wissens. Dazu gehören etwa: Aufmerksam sein, Erinnern, Urteilen, Vorstellen, Antizipieren, Planen, Entscheiden, Problemlösen und das Mitteilen von Ideen. Es umfasst auch die Prozesse der mentalen Repräsentation. [ZIMBARDO 1995]

Kollisionsgeschwindigkeit (VK) - Die Geschwindigkeit eines Verkehrsteilnehmers zum Zeitpunkt des Erstkontakts mit einem anderen Fahrzeug, Lebewesen oder Objekt. [BURG ET AL. 2009]

Knotenpunkt - Eine bauliche Anlage, die der Verknüpfung von Verkehrswegen dient (hierunter zählen Kreuzungen und Einmündungen). [FGSV 2012A]

Knotenpunktgrundform - Die generelle Entwurfsmöglichkeit für kompakte und aufgelöste Knotenpunkte. Diese enthalten nur grundformbildende Entwurfselemente, d. h. keine Aussagen zu Abbiegestreifen, Inseln, Eckenausrundungen und Lichtsignalanlagen sowie zur Führung von Fußgängern, Radfahrern und öffentlichen Personennahverkehrsmitteln.

Knotenpunktunfall - Ein Unfall, der sich an einem Knotenpunkt (Einmündung, Kreuzung oder Kreisverkehr) ereignet hat und dessen Unfallablauf einem der relevanten Unfalltypen (siehe *Anhang 3*) entspricht.

Knotenpunktzufahrt - Der Teil eines Knotenpunktarmes, auf dem sich der Straßenverkehr dem Knotenpunkt nähert. [FGSV 2012A]

Kreisverkehr(splatz) - Ein plangleicher Knotenpunkt mit Verbindung der Knotenpunktarme über eine ringförmige Fahrbahn, die entgegen dem Uhrzeigersinn durchfahren wird. [FGSV 2012A]

Kreuzung - Ein Knotenpunkt mit mehr als drei Knotenpunktarmen, die von zwei durchgehend befahrbaren Straßen gebildet werden. [FGSV 2012A]

Kreuzungsunfall - Ein Unfall, der sich an einer Kreuzung ereignet hat und dessen Unfallablauf einem der relevanten Unfalltypen (siehe *Anhang 3*) entspricht.

Kreuzung, komplexe - Ein Knotenpunkt mit mehr als vier Knotenpunktarmen.

Kritikalität - Das Maß für die Gefährlichkeit einer Verkehrssituation, in der ein Eingriff eines Fahrerassistenzsystems erforderlich ist. [SCHMIDT 2010]

MAIS (Maximal Abbreviated Injury Scale) - Die Verletzungsschwere als Maximum der AIS-Werte aller Einzelverletzungen einer Person. [AAAM 2013]

Mittelstreifen - Der Trennstreifen zwischen entgegengesetzt befahrenen Richtungsfahrbahnen einer Straße. [FGSV 2012A]

Navigationsebene - Die oberste Ebene des Drei-Ebenen-Modells der Fahrzeugführung. Zu den wichtigsten Aufgaben der Navigation zählt die Wahl der entsprechenden Fahrtroute zum Erreichen des gewünschten Zieles. [DONGES 1982]

Planfreier Knotenpunkt - Ein Knotenpunkt, bei dem Kreuzungsvorgänge zwischen Fahrzeugströmen durch Über- oder Unterführungsbauwerke ganz oder teilweise vermieden werden. [FGSV 2012A]

Plangleicher Knotenpunkt - Ein Knotenpunkt, bei dem der Verkehr nur in einer Ebene abgewickelt wird. [FGSV 2012A]

Querungsphase I - Das Segment einer Fahrsituation am Knotenpunkt, in dem die die Hauptaufgabe des Fahrers die Beachtung der kreuzenden Fahrzeuge von rechts und links sowie deren Fahrtabsichten und die anschließende Entscheidung über eine entsprechende Zeitlücke im Querverkehr darstellt. [PLAVSIC 2010]

Querungsphase II - Das Segment einer Fahrsituation am Knotenpunkt, in dem die Identifikation und entsprechende Interaktion mit kreuzenden Radfahrern und Fußgängern im Mittelpunkt steht. [PLAVSIC 2010]

Radfahrerfurt - Die für den Radverkehr an einer Lichtsignalanlage oder an einer Stelle mit Bevorrechtigung des Radverkehrs durch Markierung auf der Fahrbahn gekennzeichnete Überquerungsstelle. [FGSV 2012A]

Radfahrschleuse - Eine Einrichtung, durch die vor einem Knotenpunkt Radfahrer mit Hilfe einer Lichtsignalanlage aus einem Radweg gesichert ausfahren und einen für die Weiterfahrt geeigneten Fahrstreifen aufsuchen können. [FGSV 2012A]

Radfahrstreifen - Der von der Fahrbahn abmarkierter und durch Verkehrszeichen ausgewiesener Teil der Straße mit Benutzungspflicht für Radfahrer. [FGSV 2012A]

Radweg, selbständiger; Radweg, selbständig geführter - Der von anderen Verkehrswegen unabhängig trassierter Radweg. [FGSV 2012A]

Radweg, straßenbegleitender - Der durch Trennstreifen oder Bord mit Seitentrennstreifen von der Fahrbahn getrennte Radweg. [FGSV 2012A]

- Schutzstreifen* - Der durch eine Leitlinie gekennzeichnete Seitenbereich der Fahrbahn oder des Fahrstreifens, der bevorzugt dem Radverkehr vorbehalten ist und der von Kraftfahrzeugen nach Möglichkeit nicht befahren werden sollte. [FGSV 2012A]
- Stabilisierungsebene* - Die Ebene des Drei-Ebenen-Modells der Fahrzeugführung die die Fahreranforderungen für die Längs- und Querführung des Fahrzeuges zusammengefasst. [DONGES 1982]
- Straße, einbahnige* - Eine Straße mit zwei Richtungsfahrbahnen, die baulich nicht voneinander getrennt sind. [FGSV 2012A]
- Straße, fehlerverzeihende* - Die Gestaltung von Straßen und deren Umfeld unter Berücksichtigung von Sicherheitsreserven, welche dazu beitragen Fehler des Fahrers zu vermeiden oder die Folgen von Fahrerfehlern zu mindern [BEKIARIS ET AL. 2011]
- Straße, selbsterklärende* - Eine Straße, die so gestaltet ist, dass sie alleine durch ihr Design erwartungskonform ist und damit sicheres Verhalten erzeugt. [THEEUWES / GODTHELP 1995]
- Straße, zweibahnige* - Eine Straße mit zwei baulich getrennten Fahrbahnen, auf denen sich die Verkehrsteilnehmer jeweils nur in einer Richtung bewegen dürfen. [FGSV 2012A]
- Unaufmerksamkeitsblindheit* - Das Nichtbemerken auffälliger Objekte, die sich im Blickfeld einer Person befinden, aufgrund der Aufmerksamkeitsausrichtung auf andere Objekte. [MÜLLER ET AL. 2014]
- Unfall* - Das Ergebnis eines Verhaltensfehlers, der zu einer Kollision mit einem Hindernis oder anderen Verkehrsteilnehmern führt. [ERKE ET AL. 1978]
- Unfallart* - Die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge vom gesamten Unfallablauf zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer. [DESTATIS 2013A]
- Unfalltyp* - Der Verkehrsvorgang bzw. die Konfliktsituation, woraus der Unfall entstanden ist. [GDV 1998] Der Unfalltyp beschreibt die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Art der Konfliktauslösung vor diesem eventuellen Zusammenstoß. [DESTATIS 2013A]

- Unfalltyp 1* - Fahrrunfall - Der Unfall wurde ausgelöst durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug, ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben. Infolge unkontrollierter Fahrzeugbewegungen kann es dann aber zum Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen sein. [GDV 1998]
- Unfalltyp 2* - Abbiege-Unfall - Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer an Kreuzungen, Einmündungen, Grundstücks- oder Parkplatzzufahrten. [GDV 1998]
- Unfalltyp 3* - Einbiegen/Kreuzen-Unfall - Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem vorfahrtberechtigten Fahrzeug an Kreuzungen, Einmündungen oder Ausfahrten von Grundstücken oder Parkplätzen. [GDV 1998]
- Unfalltyp 4* - Überschreiten-Unfall - Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug und einem Fußgänger auf der Fahrbahn, sofern dieser nicht in Längsrichtung ging und sofern das Fahrzeug nicht abgebogen ist. Dies gilt auch, wenn der Fußgänger nicht angefahren wurde. [GDV 1998]
- Unfalltyp 5* - Unfall durch ruhenden Verkehr - Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem Fahrzeug, das parkt/hält bzw. Fahrmanöver im Zusammenhang mit dem Parke/Halten durchführte. [GDV 1998]
- Unfalltyp 6* - Unfall im Längsverkehr - Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen zwei Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten, sofern dieser Konflikt nicht einem anderen Unfalltyp entspricht. [GDV 1998]
- Unfalltyp 7* - Sonstiger Unfall - Unfall, der sich nicht den Typen 1 - 6 zuordnen lässt. [GDV 1998]
- Ursache der Fehlhandlung* - Die der Fehlhandlung zugrunde liegenden psychischen Prozesse. [HACKER 1988]
- Veränderungsblindheit* - Das Nichtbemerken von starken Veränderungen in Situation aufgrund einer Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf andere Bereiche des Blickfeldes zum Zeitpunkt der Veränderung. [MÜLLER ET AL. 2014]
- Verkehrinsel* - Eine von Fahrbahnen allseitig umschlossene, baulich von ihnen abgetrennte Fläche, die nicht zum Befahren durch Kraftfahrzeuge bestimmt ist. [FGSV 2012A]

Verkehrskonflikt - Eine Gefahrensituationen, in denen sich Verkehrsteilnehmer räumlich und zeitlich so annähern, dass eine erhöhte Kollisionsgefahr besteht. [ERKE ET AL. 1978]

Verkehrssituation - Die objektiv gegebene räumliche und zeitliche Konstellation der verkehrsbezogenen Einflussgrößen der Umgebung des Verkehrsteilnehmers. [REICHART 2001]

Verkehrsverstoß - Eine von den Regelungen der Straßenverkehrsordnung (StVO) abweichende Handlung, welche in der Regel folgenlos (ohne Unfallereignis) bleibt. [ERKE ET AL. 1978]

Verlassen-Phase - Das Segment einer Fahrsituation am Knotenpunkt, in dem der Fahrer die Fahrt fortsetzt und nach erfolgreichem Passieren des Knotenpunktes das Beschleunigen auf seine Wunschgeschwindigkeit als Ziel hat. [PLAVSIC 2010]

Verzögerungsphase - Das Segment einer Fahrsituation am Knotenpunkt, in dem der Fahrer die Entscheidung treffen muss, ob und wenn ja wie stark eine Bremsung bei der weiteren Annäherung an den Knotenpunkt notwendig ist. [PLAVSIC 2010]

Zielsetzungsfehler - Die falsche Auswahl eines Zieles, obwohl die Situation richtig eingeschätzt wurde. [GRÜNDL 2004]

Abkürzungsverzeichnis

AARU	A udi A ccident R esearch U nity
ABS	A nti- B lockier- S ystem
ACC	A daptive C ruise C ontrol
AIS	A bbreviated I njury S cale
APM	A ccident P rediction M odel
ASV	A dvanced S afety V ehicle
BMVBS	B undes m inisterium für V erkehr, B au und S tadtentwicklung
DTI	D istance- t o- I ntersection
DTV	D urchschnittlicher T äglicher V erkehr
ESP	E lektronisches S tabilitäts- P rogramm
FAS	F ahrerassistenzsystem
FG	F ußgänger
FGSV	F orschungsgesellschaft für S traßen- und V erkehrswesen
FOR	F orgiving R oad E nvironments
FV	F ehlverhalten
Fzg	F ahrzeug
GIDAS	G erman I n- D epth A ccident S tudy
IRIS	I ntelligent C ooperative I ntersection S afety S ystem
KUG	K notenpunktunfallgruppe
LDM	L ocal D ynamic M ap
LSA	L ichtsignalanlage
MAIS	M aximal A bbreviated I njury S cale
ÖPNV	Ö ffentlicher P ersonennahverkehr
PET	P ost E ncroachment T ime

SER	S elf e xplaining roads (Selbsterklärende Straße)
THW	T ime H eadway
TTB	T ime- t o- B rake
TTC	T ime- t o- C ollision
TTI	T ime- t o- I ntersection
TTR	T ime- t o- R eact
UTYP	U nfall t yp
V2I	V ehicle- t o- I nfrastructure
V2V	V ehicle- t o- V ehicle
V2X	V ehicle- t o-environment

Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1:	Unfallgeschehen mit Personenschaden in Deutschland 2012 nach Charakteristik der Unfallstellen [DESTATIS 2013B]	1
Bild 1.2:	Struktur der vorliegenden Arbeit und Forschungsfragen	6
Bild 2.1:	Grundformen plangleicher Knotenpunkten [FGSV 1988]	8
Bild 2.2:	Vorgeschriebene Mindestabmessungen für Haltesicht, Anfahrtsicht und Annäherungssicht bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h [FGSV 1988]	12
Bild 2.3:	Beispielhafte Darstellung der Unterschiede zwischen (a) Verkehrssituation, (b) Fahrsituation und (c) Fahrersituation [PLAVSIC 2010]	15
Bild 2.4:	Allgemeines Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung [BUBB 2008]	16
Bild 2.5:	Fehlerklassifikation nach dem Modell des Handlungsablaufes nach RASMUSSEN [1982] sowie Beispiele für einzelne Fehlerklassen	20
Bild 2.6:	Informationsfluss bei der Bewältigung von Verkehrssituationen [AARU VERKEHRUNFALLFORSCHUNG]	23
Bild 2.7:	Unterscheidung menschlicher Fehler nach der „5-Step-Methode“ [WEBER ET AL. 2010]	24
Bild 2.8:	Ablauf einer Kreuzungsfahrt nach [MCKNIGHT ET AL. 1970 in MAGES 2008]	25
Bild 2.9:	Segmente der Fahrsituationen „Linksabbiegen“, „Geradeausfahren“ und „Rechtsabbiegen“ am Knotenpunkt (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])	26
Bild 2.10:	Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Annäherungsphase (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])	26
Bild 2.11:	Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Verzögerungsphase (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])	27
Bild 2.12:	Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Querungsphase I (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])	28
Bild 2.13:	Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Querungsphase II (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])	29
Bild 2.14:	Beispielhafte Abfolge und Dauer einzelner Teilaufgaben der Verlassen-Phase (Eigene Darstellung in Anlehnung an PLAVSIC [2010])	29
Bild 2.15:	Strukturierung der Einflussfaktoren auf die Fahrerbelastung (vgl. DAMBIER [2010])	30
Bild 2.16:	Prinzipieller Ablauf zur Berechnung der Komplexität einer Verkehrsszene [REINISCH 2010]	36
Bild 2.17:	Häufigkeit verschiedener Verkehrssituationen im innerstädtischen Straßenverkehr [FASTENMEIER 1995]	40
Bild 2.18:	Mögliche Konfliktpunkte am Knotenpunkt beim Linksabbiegen, Geradeausfahren und Rechtsabbiegen	41
Bild 2.19:	Generisches Unfallentstehungsmodell [REICHART 2001]	42
Bild 2.20:	Häufigkeit der Einflusskategorien bei der Verursachung von Unfällen an Knotenpunkten [STAUBACH 2010]	48
Bild 2.21:	Unfallentwicklung, Fahrzeugbestand und Fahrleistungen in Deutschland im Zeitraum 1970 - 2012 [DESTATIS 2013B]	49

Bild 2.22:	Unfallursachen von Personenschadensunfällen in Deutschland 2012: Anteil der verschiedenen Unfallursachenkategorien (Bild links); altersabhängige Verteilung der Unfallursachen (Bild rechts) [DESTATIS 2013B].....	51
Bild 2.23:	Verteilung menschlicher Unfallursachen nach der „5-Step-Methode“ im Unfallgeschehen [WEBER ET AL. 2010]	52
Bild 2.24:	Unfallursachenanalyse nach der „5-Step-Methode“– Einflussfaktoren und Beispiele für Indikatoren im Unfallgeschehen [WEBER ET AL. 2010]	53
Bild 3.1:	Schematisches Vorgehen zur Ermittlung der charakteristischen Eigenschaften der Knotenpunktgestaltung (rot umrandet) im Untersuchungsgebiet unter Verwendung vorhandener Datenquellen (dunkelgrau).....	69
Bild 3.2:	Lage des Untersuchungsgebietes (rot umrandet) in der Region Hannover	70
Bild 3.3:	Knotenpunkt-Grundformen im Untersuchungsgebiet.....	71
Bild 3.4:	Durchschnittliche Verkehrsmengen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet der Stadt Hannover [n=1.786] in Abhängigkeit der Vorfahrtsregelung.....	73
Bild 3.5:	Sichtmöglichkeiten (links) und zulässige Geschwindigkeiten (rechts) an Kreuzungen innerhalb des Untersuchungsgebietes [n=746].....	74
Bild 3.6:	Klassifizierung der Winkellage der Hauptfahrbahn und den benachbarten Zufahrten von Kreuzungen	75
Bild 3.7:	Sichtmöglichkeiten (links) und zulässige Geschwindigkeiten (rechts) an Einmündungen im Untersuchungsgebiet [n=3.638]	77
Bild 3.8:	Klassifizierung der Winkellage der Hauptfahrbahn und der einmündenden Zufahrt von Einmündungen.....	77
Bild 4.1:	Beteiligtenkonstellation (Unfallverursacher - Unfallgegner) bei dokumentierten Knotenpunktunfällen der GIDAS-Datenbank (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162]	89
Bild 4.2:	Unterscheidung nach Knotenpunktunfallgruppen (KUG) und Beschreibung des schematischen Bewegungsablaufs der Unfallbeteiligten vor der Kollision	90
Bild 4.3:	Knotenpunktunfallgruppen und Beteiligtenkonstellation im GIDAS-Unfalldatensatz (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162]	91
Bild 4.4:	Knotenpunktgrundform (links) und zulässige Höchstgeschwindigkeiten (rechts) von Unfallkreuzungen [n=802] und -einmündungen [n=646] im Untersuchungsgebiet.....	95
Bild 4.5:	Verkehrsbelastung (DTV _w) an Kreuzungen und Einmündungen mit mind. einem Knotenpunktunfall im Untersuchungsgebiet	96
Bild 4.6:	Sichtbedingungen des Unfallverursachers auf den von rechts bzw. von links kommende Unfallgegner an Einmündungen und Kreuzungen (Bild links) und Sichtbedingungen des Unfallverursachers auf den kreuzenden Unfallgegner an Kreuzungen und Einmündungen nach Vorfahrtssituation (Bild rechts) innerhalb des Untersuchungsgebietes.....	97
Bild 4.7:	Einschätzung der Sichtbedingungen an Unfallknotenpunkten zur Nutzung von V2X-Kommunikation [Eigene Darstellung in Anlehnung an HANNAWALD ET AL. 2013].....	98
Bild 4.8:	Verteilung der Knotenpunktunfallgruppen (KUG) an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet.....	99
Bild 4.9:	Verteilung der Beteiligten-Konstellation an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet	100
Bild 4.10:	Verteilung der Unfallkonstellationen an Knotenpunkten beim Linksabbiegen [n=592], Geradeausfahren [n=368] und Rechtsabbiegen [n=515]	101

Bild 4.11:	Verteilung der Unfälle an Kreuzungen im Untersuchungsgebiet [n=802] hinsichtlich Knotenpunktunfallgruppe und Vorfahrtsregelung	102
Bild 4.12:	Verteilung der Unfälle an Einmündungen im Untersuchungsgebiet [n=646] hinsichtlich Knotenpunktunfallgruppe und Vorfahrtsregelung	103
Bild 4.13:	Verteilung der Unfälle zwischen Fahrzeug und Fahrrad [n=691] an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet hinsichtlich Knotenpunktunfallgruppe und Vorfahrtsregelung	104
Bild 4.14:	Amtliche Unfallschwere an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet	105
Bild 4.15:	Verletzungsschwere von Unfallverursacher und -gegner nach AIS-Klassifizierung bei Unfällen an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet	106
Bild 4.16:	Amtliche Unfallschwere der Unfälle verschiedener Knotenpunktunfallgruppen (KUG) im Untersuchungsgebiet.....	107
Bild 4.17:	Kumulative Verteilung der EES-Werte der Unfallverursacher (links) und Unfallgegner (rechts) bei Fahrzeug-Fahrzeug-Unfällen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet	108
Bild 4.18:	Kollisionsgeschwindigkeiten von Unfallverursacher und Unfallgegner bei Unfällen zwischen zwei motorisierten Fahrzeugen an Kreuzungen und Einmündungen im Untersuchungsgebiet (Boxplot 75 %-Quantil, Median, 25 %-Quantil mit Whisker 97,5 %- und 2,5 %-Quantil)	108
Bild 4.19:	Häufigkeit der Kollisionsgeschwindigkeit unfallverursachender motorisierter Fahrzeuge bei Fahrzeug-Fahrrad-Unfällen an Knotenpunkten im Untersuchungsgebiet	109
Bild 4.20:	Altersgruppe und Geschlecht von Unfallverursachern im Knotenpunktunfallgeschehen im Untersuchungsgebiet [n=1.475] (links) [GIDAS-UNFALLDATENBANK 2012] und im gesamtdeutschen Unfallgeschehen mit Personenschaden 2012 [n=299.637] (rechts) [DESTATIS 2013B].....	110
Bild 4.21:	Wahrnehmung des Unfallgegners durch den Unfallverursacher [GIDAS-UNFALLDATENBANK 2012]	111
Bild 4.22:	Amtliche Hauptunfallursachen, Unfallursachen des Unfallverursachers und Unfallgegners bei Knotenpunktunfällen im Untersuchungsgebiet [n=1475 Unfälle].	112
Bild 5.1:	Struktur der Probandenbefragung.....	119
Bild 5.2:	Geschlechter- und Altersverteilung der Befragungsteilnehmer	124
Bild 5.3:	Bearbeitungszeiten des Fragebogens zur Beurteilung der Verkehrssicherheit in Abhängigkeit der ausgewählten Verkehrssituationen A - F (Boxplot 75 %-Quantil, Median, 25 %-Quantil mit Whisker 90 %- und 10 %-Quantil).....	125
Bild 5.4:	Jährliche Fahrleistung (links) und Innerortsanteil der Fahrleistung (rechts) der männlichen und weiblichen Befragungsteilnehmer.....	126
Bild 5.5:	Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten (Mittelwert und Standardabweichung)	127
Bild 5.6:	Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit von Alter bzw. Fahrerfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)	128
Bild 5.7:	Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit vom Geschlecht (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$).....	129

Bild 5.8:	Beurteilung von Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit von Knotenpunkten in Abhängigkeit von der Unfallererfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)	130
Bild 5.9:	Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt	132
Bild 5.10:	Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt in Abhängigkeit von Alter bzw. Fahrerfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)	133
Bild 5.11:	Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt in Abhängigkeit vom Geschlecht (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)	134
Bild 5.12:	Beurteilung der Unfallgefahr verschiedener Konfliktkonstellationen am Knotenpunkt in Abhängigkeit der Unfallererfahrung (* - signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,05$; ** - hoch signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,01$; *** - höchst signifikanter Unterschied mit Signifikanzniveau $\leq 0,001$)	135
Bild 5.13:	Beurteilung gefährlicher Knotenpunktgestaltungen aus dem Untersuchungsgebiet	136
Bild 5.14:	Gefährliche Knotenpunkte im eigenen Umfeld - Verteilung der Knotenpunktart.....	140
Bild 5.15:	Häufigkeit von Konfliktkonstellationen an Kreuzungen und Einmündungen im eigenen Umfeld der Befragungsteilnehmer.....	142
Bild 6.1:	Entwicklung der Verkehrsleistung einzelner Verkehrsarten 1990 - 2012 (prozentuale Veränderung der Personenkilometer pro Tag, Basisjahr 1990 = 100 %, * - geänderte Erhebungsmethodik ab 2003) [DIW 2014].....	150

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Entwurfselemente zur Führung von Radfahrern an Knotenpunkten mit verschiedenen Vorfahrtsregelungen [FGSV 2010]	13
Tab. 2.2:	Kombination von Fahraufgaben- und Handlungsklassifikation mit Beispielen (nach HALE ET AL. [1990] in SCHNEIDER [2009])	17
Tab. 2.3:	Einordnung der Klassen von Fehlhandlungen nach Ort in der Handlung entsprechend der Modelle von NORMAN (1981) und REASON (1992) [VOLLRATH ET AL. 2006]	19
Tab. 2.4:	Fehlhandlungskategorisierung nach [HACKER 1998]	19
Tab. 2.5:	Zuordnung verschiedener Assistenzstrategien in Abhängigkeit der vorliegenden Fehlerart [VOLLRATH ET AL. 2006].....	21
Tab. 2.6:	Komplexitätsgrad in Abhängigkeit von Merkmalen der Verkehrssituation [FASTENMEIER 1995]	37
Tab. 2.7:	Häufigkeit der Ursachen von Fehlhandlungen bei Abbiegeunfällen und Aufteilung auf die einzelnen Handlungsfehler [VOLLRATH ET AL. 2006]	43
Tab. 2.8:	Häufigkeit der Ursachen von Fehlhandlungen bei Einbiegen/Kreuzen Unfällen [VOLLRATH ET AL. 2006]	44
Tab. 2.9:	Fehlverhalten in Unfällen an verschiedenen Unfallorten im Untersuchungsgebiet Stuttgart-Ost [WILTSCHKO 2003A]	46
Tab. 2.10:	Fehlhandlungsklassifikation nach HACKER [STAUBACH 2010].....	47
Tab. 2.11:	Fehlhandlungen bei verschiedenen Fahraufgaben oder in verschiedenen Fahrsituationen und zugehörige Fehlerart (in Anlehnung an VOLLRATH ET AL. 2006)...	57
Tab. 3.1:	Klassifikationskriterien für Verkehrssituationen [v. BENDA ET AL. 1983].....	66
Tab. 3.2:	Klassifikationsmuster für Verkehrssituationen ohne Autobahnfahrten [FASTENMEIER 1995]	67
Tab. 3.3:	Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet [n=4.406] nach Knotenart, Ortslage und Vorfahrtsregelung	72
Tab. 3.4:	Winkellage von Kreuzungen im Untersuchungsgebiet [n=746].....	75
Tab. 3.5:	Winkellage von Einmündungen im Untersuchungsgebiet [n=3.418].....	77
Tab. 4.1:	Hochrechnungsfaktoren zur Anpassung des GIDAS-Unfalldatensatzes an das Unfallgeschehen Deutschlands 2012: Kriterien Wochentag, Uhrzeit und Ortslage....	84
Tab. 4.2:	Hochrechnungsfaktoren zur Anpassung des GIDAS-Unfalldatensatzes an das Unfallgeschehen Deutschlands 2012: Kriterien Unfallschwere, Ortslage und Unfalltyp (links); Kriterium Beteiligtenkonstellation (rechts).....	85
Tab. 4.3:	Getöteten- und Verunglücktenrate im Gesamtunfallgeschehen Deutschland, im Unfallgeschehen Deutschlands mit der Charakteristik Einmündung und Kreuzung [DESTATIS 2013B] sowie im Unfallgeschehen an Knotenpunkten im GIDAS Erhebungsgebiet (Dresden und Hannover) [GIDAS-UNFALLDATENBANK 2012]	87
Tab. 4.4:	GIDAS-Knotenpunktunfälle (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162] nach Knotenpunktart, Ortslage und Unfallschwere	87
Tab. 4.5:	GIDAS-Knotenpunktunfälle (Erhebungsgebiet Dresden und Hannover) [n=6.162] nach Knotenpunktart, Ortslage und Vorfahrtsregelung	88
Tab. 4.6:	Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet [n=1.475] nach Knotenpunktart, Ortslage und Vorfahrtsregelung.....	93

Tab. 4.7:	Knotenpunktunfälle im Untersuchungsgebiet [n=1.475] nach Knotenpunktart, Ortslage und Tageszeit (oben) und nach Knotenpunktart und Witterung (unten).....	94
Tab. 4.8:	Verkehrsbelastungen an Knotenpunkten [n=1.786] und an Unfallstellen mit bekannter Verkehrsbelastung [n=1.070] im Untersuchungsgebiet (Teilgebiet innerhalb der Grenzen der Landeshauptstadt Hannover)	96
Tab. 4.9:	Übersicht der Winkellage von Unfallkreuzungen [n=802] und -einmündungen [n=646] im Untersuchungsgebiet.....	99
Tab. 5.1:	Häufigkeit der untersuchten Knotenpunktsituationen im Straßennetz und Unfallgeschehen des Untersuchungsgebietes	120
Tab. 5.2:	Verteilung der Befragungsteilnehmer [n=466] zur Beurteilung von vorgegebenen Knotenpunktsituationen nach Geschlecht und Fahrerfahrung („jung“ = im Alter unter 25 Jahren; „erfahren“ = im Alter über 25 Jahren).....	125
Tab. 5.3:	Verteilung der beschriebenen gefährlichen Knotenpunkte aus der eigenen Fahrerfahrung [n=220] nach Knotenpunktart, Ortslage und Vorfahrtsregelung.....	141
Tab. 6.1:	Zuordnung von Knotenpunktunfallgruppen und grundlegenden Probleme	148
Tab. 6.2:	Einflussmöglichkeiten durch Anpassungen der Infrastruktur und Nutzung von Assistenzsystem auf grundlegende Ursachen von Knotenpunktunfällen	149
Tab. 6.3:	Mögliche Ansätze zur Adressierung grundlegende Ursachen von Knotenpunktunfällen durch Maßnahmen im System Mensch-Straße-Fahrzeug	160

Anhang

Anlagenverzeichnis

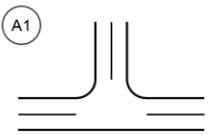
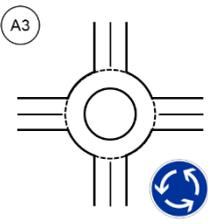
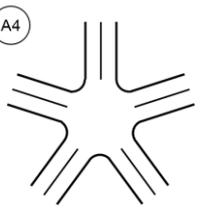
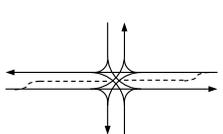
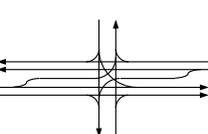
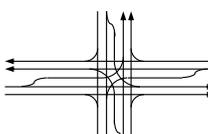
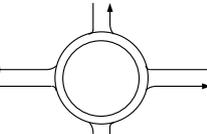
Anhang 1	Kriterien für die Analyse der Gestaltung von Knotenpunkten	195
Anhang 2	Hochrechnungsfaktoren GIDAS und Unfallgeschehen Deutschland 2012	207
Anhang 3	Unfalltypen zur Definition des Knotenpunktunfallgeschehen.....	211
Anhang 4	Filtervorgehen zur Definition des Knotenpunktunfallgeschehen	215
Anhang 5	Knotenpunktunfallgruppen	217
Anhang 6	Untersuchte Verkehrssituationen im Straßennetz.....	219
Anhang 7	Fragebogen Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen	223
Anhang 8	Ergebnisse der Beurteilung von vorgegebenen Knotenpunkttypen mit Unfallhäufung	255
Anhang 9	Ergebnisse der Einschätzung von gefährlichen Knotenpunkten aus eigener Fahrerfahrung.....	275
Anhang 10	Steckbriefe Knotenpunktunfallgruppen	281

Anhang 1 Kriterien für die Analyse der Gestaltung von Knotenpunkten

Als Grundlage zur Informationsbeschaffung wurden Luftbildaufnahmen der Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet herangezogen. Hierbei wurde das verfügbare Luftbildmaterial von GoogleMaps® sowie des NiedersachsenViewers des Landesamtes für Geoinformation und Landesentwicklung (LGLN) genutzt. Die verwendeten Luftbildaufnahmen stammen dabei aus den Jahren 2009 - 2011. Alle zusammengetragenen Detailinformationen des Straßennetzes stellen die momentane Situation des Straßennetzes zum Zeitpunkt der Luftbildaufnahme dar. Auf etwaige Änderungen der Infrastruktur innerhalb des Aufnahmezeitraumes der Unfälle wird nicht eingegangen.

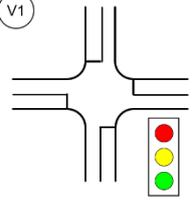
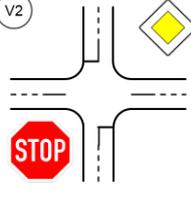
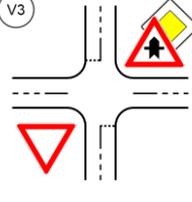
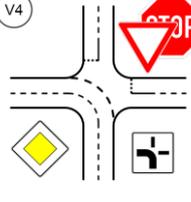
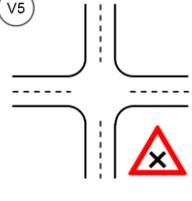
Knotenform

Die Unterscheidung erfolgt in erster Linie nach der Anzahl der Knotenpunktzufahrten (3 Zufahrten = Einmündung, 4 Zufahrten = Kreuzung). Darüber hinaus werden Kreisverkehre separat ausgewiesen. Alle verbleibenden Knotenpunkte mit mehr als 4 Zufahrten sind unter dem Begriff „komplexe Kreuzung“ zusammengefasst. Neben der allgemeinen Knotenform wurden alle Knotenpunkte entsprechend der Klassifizierung nach Richtlinie RAS-K (FGSV [1988]) entsprechend der Fahrbahn- und Fahrstreifenanzahl der kreuzenden Straßen gruppiert.

Allgemeine Knotenform			
Einmündung	Kreuzung	Kreisverkehr	komplexe Kreuzung
 A1	 A2	 A3	 A4
Knotenform nach Richtlinie			
I	II	III	VII
Knotenpunkt von zwei 2-streifigen Straßen	Knotenpunkt von 2-streifiger und 2-bahniger Straße	Knotenpunkt von zwei 2-bahnigen Straßen	Kreisverkehrsplatz an 2-streifigen oder 2-bahnigen Straßen
			

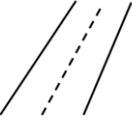
Vorfahrtsregelung

Die Unterscheidung der Vorfahrtsregelung erfolgt hierbei in die Regelungen durch Lichtsignalanlagen, mittels Verkehrsschildern oder die allgemeine „rechts vor links“-Regelung. Bei der Schilderregelung wird darüber hinaus die Art des Vorfahrtszeichens unterschieden (STOP-Schild oder „Vorfahrt achten“-Schild). Die Sonderform der abknickenden Vorfahrt wird separat ausgewiesen. Zusätzlich wird für jede Knotenpunktzufahrt angegeben, ob es sich um die vorfahrtsberechtigigte oder wartepflichtige Zufahrt handelt.

<p>Lichtsignalanlage (LSA)</p> <p>V1</p> 	<p>STOP</p> <p>V2</p> 
<p>Vorfahrt achten</p> <p>V3</p> 	<p>abknickende Vorfahrtsstraße</p> <p>V4</p> 
<p>Rechts vor links</p> <p>V5</p> 	

Umgebung

Diese Variable beschreibt das allgemeine Umfeld des Knotenpunktes. Verwendete Ausprägungen sind hier: ebene Fläche (keine Beeinträchtigungen im Umfeld des Knotenpunktes), bebaute Gebiete (unterschieden nach Wohn- oder Industriebebauung) und Bewuchs (Wald oder Gebüsch). Die getroffenen Angaben dienen als grobe Einschätzung auf Grundlage der Luftbilder.

<p>U1</p> <p>ebene Fläche</p> 	<p>U2</p> <p>Bewuchs (Wald, Gebüsch)</p> 
<p>U3</p> <p>Wohnbebauung</p> 	<p>U4</p> <p>Industriebebauung</p> 

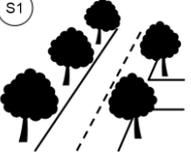
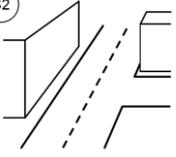
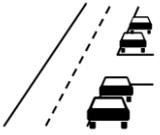
Sichtbarkeit

Dieses Kriterium beschreibt, wie sich die Sichtmöglichkeiten in die benachbarten Zufahrten (rechts oder links) bei Annäherung an den Knotenpunkt darstellen. Die Variable erlaubt Rückschlüsse darauf, ob und in welcher Weise die Sicht auf kreuzende Verkehrsteilnehmer beeinträchtigt sein kann. Es werden dabei die Sichtverhältnisse in die benachbarten Knotenpunktzufahrten bis zu einem Abstand von ca. 10m von der Fahrbahnbegrenzung der kreuzenden oder einmündenden Zufahrt bzw. der Haltelinie berücksichtigt. Die Unterscheidung erfolgt in:

- freie Sicht (ohne Beeinträchtigung)
- Bewuchs (mögliche Sichteinschränkung durch Bäume und/oder Gebüsch)
- Bebauung (Einschränkung des Sichtfeldes durch Gebäude direkt am Knotenpunkt - stationäre Objekte)
- parkende Fahrzeuge (Einschränkung des Sichtfeldes durch geparkte Fahrzeuge am Straßenrand in der betrachteten Zufahrt - temporäre Sichthindernisse)

Da die Einschätzung der Sichtmöglichkeiten lediglich auf Basis von Luftbilddaufnahmen beruht und somit auch nur eine Momentaufnahme der Situation darstellt, stellen die Angaben die generelle Charakteristik der Sichtsituation dar. Vorhandener Bewuchs kann jahreszeitabhängig unterschiedlich starken Einfluss auf die Sichtbarkeit haben. In gleicher Art und Weise weist die Codierung „parkende Fahrzeuge“ nur auf die prinzipielle Parkmöglichkeit

hin, welche natürlich nur dann eine Einschränkung der Sichtbarkeit hervorruft, wenn die Parkmöglichkeit zum Zeitpunkt des Unfalls genutzt wird.

<p>Freie Sicht</p> <p>(S0)</p> 	<p>Bewuchs (Wald, Gebüsch)</p> <p>(S1)</p> 
<p>Bebauung</p> <p>(S2)</p> 	<p>Parkende Fahrzeuge</p> <p>(S3)</p> 

Winkel

Dieses Kriterium beinhaltet die Information, aus welcher Richtung sich der Verkehrsteilnehmer aus der jeweiligen Knotenpunktzufahrt dem Knotenpunkt nähert. Die Unterscheidung erfolgt im 5°-Schritten ausgehend von der Himmelsrichtung Nord (entspricht 0°). Mittels Differenzbildung der Annäherungsrichtung benachbarter Zufahrten ist die Winkelkonstellation des Knotenpunktes bzw. der einzelnen Zufahrten ermittelt worden.

Geschwindigkeit

In diesem Kriterium sind die Angaben der zulässigen Höchstgeschwindigkeit jeder Knotenpunktzufahrt aus den Daten der NAVTEQ-Datenbank berücksichtigt. Es werden dabei drei verschiedene Geschwindigkeitsklassen unterschieden:

- Geschwindigkeitsklasse 1: ≤ 30 km/h („30-er Zonen“ in Wohngebieten, verkehrsberuhigte Bereiche)
- Geschwindigkeitsklasse 2: 50 km/h (Verkehrsstraßen innerorts ohne besondere Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Abschnitte mit explizit vorgeschriebener Höchstgeschwindigkeit)
- Geschwindigkeitsklasse 3: ≥ 50 km/h (alle Knotenpunktzufahrten außerorts und innerörtliche Straßen mit Geschwindigkeitsbeschränkung größer 50 km/h)

Fahrbahn- und -streifenanzahl

Der Ausbaustatus der kreuzenden Straßen wird durch die Anzahl der Fahrbahnen und -streifen deutlich. Zusätzlich wird die Anzahl der Fahrstreifen für die am Knotenpunkt möglichen Fahrmanöver (Rechtsabbiegestreifen, Linksabbiegestreifen, Geradeausfahrstreifen, sowie Mischfahrstreifen in den unterschiedlichen Kombinationen) angegeben.

Zulässige Fahrbeziehungen

Für jede Knotenpunktzufahrt werden die vorgeschriebenen Fahrrichtungen bzw. Fahrverbote festgehalten. Die Unterscheidung erfolgt dabei folgendermaßen:

- 0 – keine Einschränkung der Fahrbeziehung in die betreffende Zufahrt
- 1 – Abbiegeverbot bzw. Einfahrverbot in die betreffende Zufahrt
- 3 – in dieser Richtung ist keine Zufahrt vorhanden

Verkehrsaufkommen

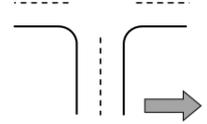
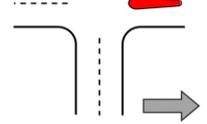
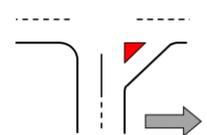
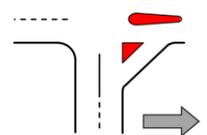
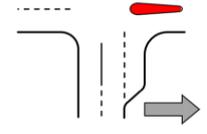
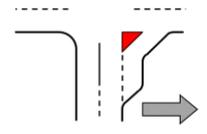
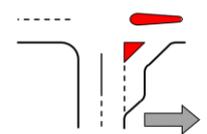
Für Knotenpunkte im Stadtgebiet Hannover wird zur Einordnung der Belastung des Knotenpunktes für jede Knotenpunktzufahrt die durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärke (DTV_w) angegeben. Die entsprechenden Werte sind der Verkehrsmengenkarte der Stadt Hannover (Stand Juni 2009; LANDESHAUPTSTADT HANNOVER [2009]) entnommen. Die Verkehrsmengen werden in folgenden Klassen unterschieden:

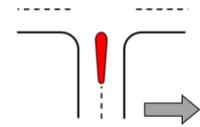
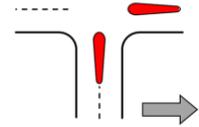
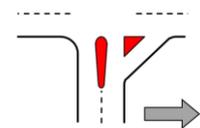
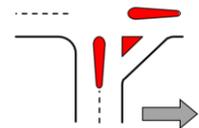
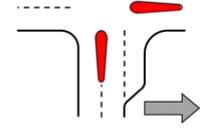
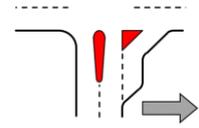
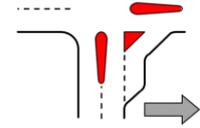
- 1.000 – 5.000 Fahrzeuge/Tag
- 5.000 – 10.000 Fahrzeuge/Tag
- 10.000 – 20.000 Fahrzeuge/Tag
- 20.000 – 50.000 Fahrzeuge/Tag
- > 50.000 Fahrzeuge/Tag

Alle Straßen im Stadtgebiet Hannover ohne direkte Angabe der Verkehrsmenge werden als gering belastet (< 1.000 Fahrzeuge/Tag) ausgewiesen. Für Knotenpunkte außerhalb des Stadtgebietes Hannovers können aufgrund fehlender Daten keine Angaben zur Verkehrsbelastung gemacht werden.

Führung von Rechtsabbiegern (Entwurfselemente für Rechtsabbieger)

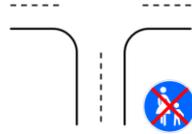
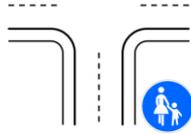
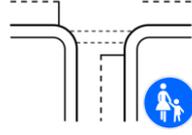
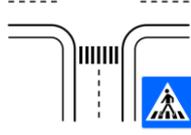
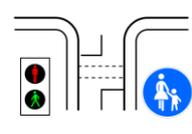
Zur Verbesserung der Führung von Rechtsabbiegeströmen können verschiedene bauliche Maßnahmen durchgeführt werden. Diese betreffen sowohl die Zufahrt, aus der abgebogen wird, als auch die Zufahrt in die der Rechtsabbieger einbiegt. Für jede Knotenpunktzufahrt werden daher die vorhandenen Elemente beschrieben und nach den folgenden Ausprägungen unterschieden:

<p>keine Elemente für Rechtsabbieger</p> <p>RA 0</p> 	<p>Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> <p>RA 1</p> 
<p>Ausfahrkeil mit Dreiecksinsel in betrachteter Zufahrt</p> <p>RA 2</p> 	<p>Ausfahrkeil mit Dreiecksinsel in betrachteter und Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> <p>RA 3</p> 
<p>Rechtsabbiegefahrstreifen mit Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> <p>RA 4</p> 	<p>Rechtsabbiegefahrstreifen mit Dreiecksinsel in betrachteter Zufahrt</p> <p>RA 5</p> 
<p>Rechtsabbiegefahrstreifen mit Dreiecksinsel in betrachteter und Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> <p>RA 6</p> 	

<p>RA10</p> <p>Fahrbahnteiler in betrachteter Zufahrt</p> 	<p>RA11</p> <p>Fahrbahnteiler in betrachteter und rechter Zufahrt</p> 
<p>RA12</p> <p>Ausfahrkeil mit Dreiecksinsel und Fahrbahnteiler in betrachteter Zufahrt</p> 	<p>RA13</p> <p>Ausfahrkeil mit Dreiecksinsel und Fahrbahnteiler in betrachteter und Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> 
<p>RA14</p> <p>Rechtsabbiegefahrstreifen mit Fahrbahnteiler in betrachteter und Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> 	<p>RA15</p> <p>Rechtsabbiegefahrstreifen mit Dreiecksinsel und Fahrbahnteiler in betrachteter Zufahrt</p> 
<p>RA16</p> <p>Rechtsabbiegefahrstreifen mit Dreiecksinsel und Fahrbahnteiler in betrachteter sowie Fahrbahnteiler in rechter Zufahrt</p> 	

Führung von Fußgängern

Neben der Wechselwirkung zwischen verschiedenen Fahrzeugen spielt die Begegnung von Fahrzeugen und Fußgängern am Knotenpunkt ebenfalls eine wichtige Rolle. Das Kriterium Fußgängerführung am Knotenpunkt beschreibt das Vorhandensein sowie die Art des Fußgängerüberweges am Knotenpunkt. Hierbei werden folgende Ausprägungen unterschieden:

<p>F0</p> <p>kein Fußgängerverkehr keine Fußwege</p> 	<p>F1</p> <p>Fußweg ohne markiertem Überweg</p> 
<p>F2</p> <p>Fußweg mit markiertem Überweg</p> 	<p>F3</p> <p>Zebrastrreifen</p> 
<p>F4</p> <p>Fußgänger- Lichtsignalanlage</p> 	

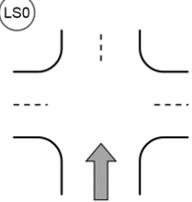
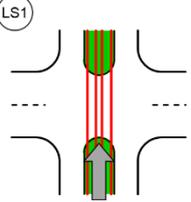
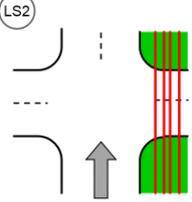
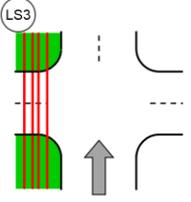
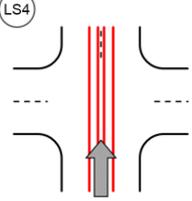
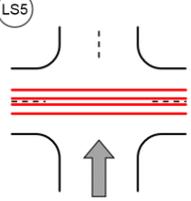
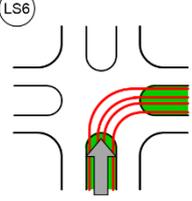
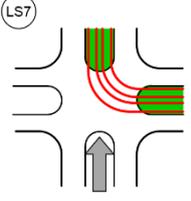
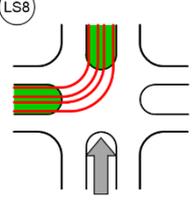
Führung von Radfahrern

Analog zur Fußgängerführung werden mit diesem Kriterium die vorhandenen Radwege und kreuzender Radüberwege unterschieden. Als Formen der Radüberwege werden folgende Ausprägungen unterschieden:

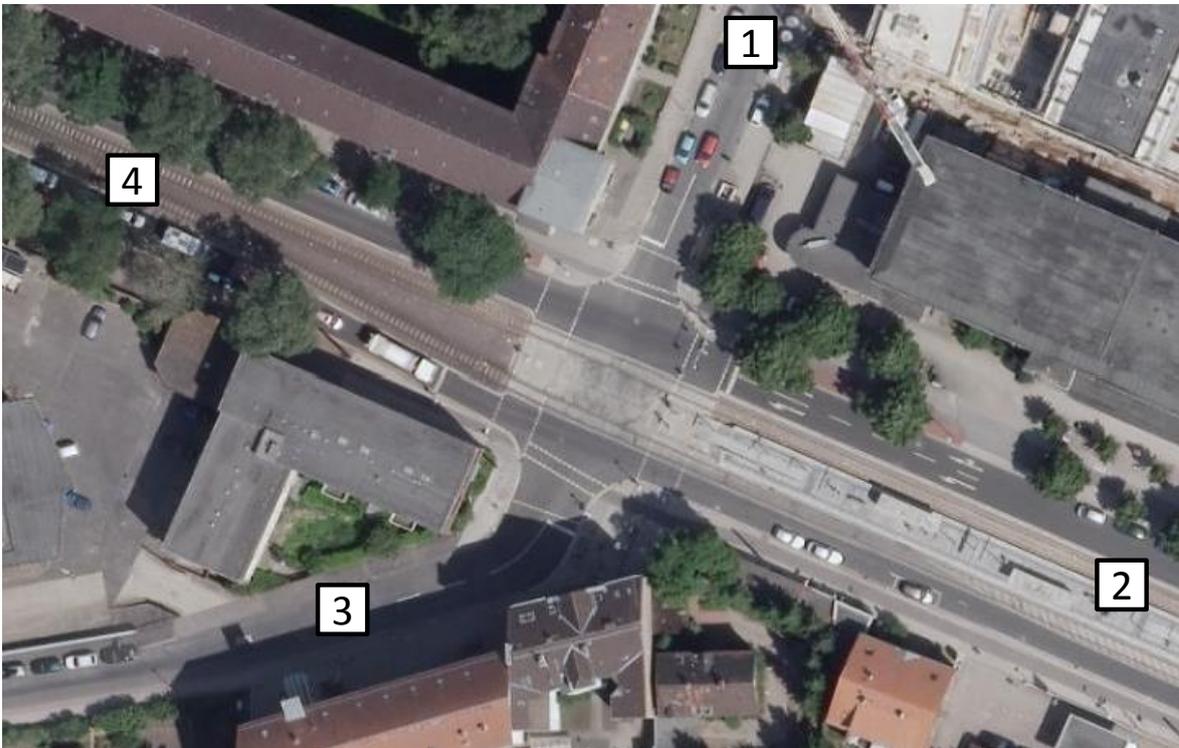
<p>kein separat ausgewiesener Radweg (Radfahrer nutzen Fahrbahn)</p>	<p>markierter Radfahrstreifen oder Schutzstreifen auf der Fahrbahn</p>
<p>Radweg an Fahrbahn angrenzend mit markiertem Überweg</p>	<p>Radweg an Fahrbahn angrenzend mit markierter und abgesetzter Radfahrerfurt</p>
<p>Radweg neben der Fahrbahn und Überweg abgesetzt vor dem Knotenpunkt</p>	

Sonderfahrstreifen (Lage und Verlauf)

Neben dem straßengebundenen Fahrzeugverkehr muss auch der schienengebundene Verkehr an Knotenpunkten geführt werden. Hierzu werden die Lage und der Verlauf der vorhandenen Gleiskörper entsprechend aus Sicht der jeweiligen Knotenpunktzufahrt unterschieden.

<p>kein Sonderfahrstreifen</p> <p>LS0</p> 	<p>Sonderfahrstreifen mittig parallel zum Fahrstreifen im separaten Gleiskörper geführt</p> <p>LS1</p> 
<p>Sonderfahrstreifen rechts parallel zum Fahrstreifen im separaten Gleiskörper geführt</p> <p>LS2</p> 	<p>Sonderfahrstreifen links parallel zum Fahrstreifen im separaten Gleiskörper geführt</p> <p>LS3</p> 
<p>Sonderfahrstreifen mittig Gleiskörper identisch mit Fahrbahn</p> <p>LS4</p> 	<p>Sonderfahrstreifen kreuzend</p> <p>LS5</p> 
<p>Sonderfahrstreifen von mittig nach rechts kreuzend im separaten Gleiskörper oder identisch mit Fahrbahn</p> <p>LS6</p> 	<p>Sonderfahrstreifen von rechts nach mittig kreuzend im separaten Gleiskörper oder identisch mit Fahrbahn</p> <p>LS7</p> 
<p>Sonderfahrstreifen von links nach mittig kreuzend im separaten Gleiskörper oder identisch mit Fahrbahn</p> <p>LS8</p> 	

Als Beispiel für die codierten Informationen zur Gestaltung von Knotenpunkten im Straßennetz des Untersuchungsgebietes soll folgender Knotenpunkt verwendet werden:



LGLN [2011]

Generelle Daten des Knotenpunktes:

Knoten-Nr.	3465
Knotenart	Kreuzung
Gemeinde	Hannover
Knotenname	Herrenhäuser Straße x Markgrafstraße x Münterstraße
Ortslage	Innerorts
GPS-Koordinaten	52,39386 ; 9,68327
Grundform	K I (Kreuzung von zwei einbahnigen und zwei einstreifigen Zufahrten)
Vorfahrtsregelung	Lichtsignalanlage
Umgebung	Wohnbebauung
Geschwindigkeit	50 km/h in der Hauptrichtung, 30 km/h in der Nebenrichtung
Winkellage	Hauptfahrbahn (Zufahrt 2 \leftrightarrow 4) annähernd gerade (180°) Zufahrt rechts (Zufahrt 1) annähernd rechtwinklig (90°) Zufahrt links (Zufahrt 3) stumpfwinklig (150°)

Zufahrtsbezogene Daten:

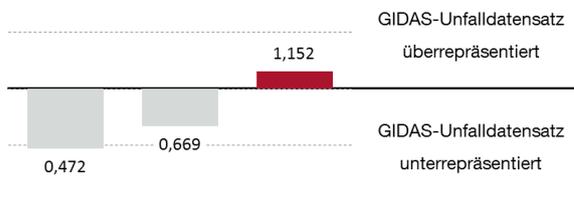
Information	Zufahrt 1	Zufahrt 2	Zufahrt 3	Zufahrt 4
Winkel	20°	110°	260°	290°
Richtung	Nordost	Ost	West	West
Fahrbahnanzahl	1	2	1	2
Fahrstreifenanzahl in Fahrtrichtung	1	2	1	1
Fahrstreifenanzahl in Gegenrichtung	1	1	1	1
Verkehrsmenge (Fahrzeuge/Tag)	nicht bekannt < 1.000	5.200	nicht bekannt < 1.000	5.200
Vorfahrtsberechtigung	warte- pflichtig	vorfahrts- berechtigt	warte- pflichtig	vorfahrts- berechtigt
Anzahl Fahrstreifen 	0	0	0	0
Anzahl Fahrstreifen 	0	1	0	0
Anzahl Fahrstreifen 	0	0	0	0
Anzahl Fahrstreifen 	0	0	0	0
Anzahl Fahrstreifen 	0	1	0	0
Anzahl Fahrstreifen 	0	0	0	0
Fahrverbote	ohne	ohne	ohne	ohne
Sonderfahrstreifen	Straßen- bahn kreu- zend	Straßen- bahn mittig im separa- ten Gleis- körper ge- führt	Straßen- bahn kreu- zend	Straßen- bahn mittig im separa- ten Gleis- körper ge- führt
Fußgängerführung	markierter Fußüber- weg	markierter Fußüber- weg	markierter Fußüber- weg	markierter Fußüber- weg
Radfahrerführung	Radweg mit markiertem Radüber- weg	ohne Rad- überweg	Radweg mit markiertem Radüber- weg	ohne Rad- überweg
Sichtbedingungen in der Zufahrt nach rechts	Gebäude	Bewuchs	Gebäude	Gebäude
Sichtbedingungen in der Zufahrt nach links	Bewuchs	Gebäude	Gebäude	Gebäude

Anhang 2 Hochrechnungsfaktoren GIDAS und Unfallgeschehen Deutschland 2012

Im Folgenden wird die Verteilung der Unfälle der GIDAS-Datenbank (Bezugsbasis: vollständig codierte Unfälle mit mindestens einer Kollision ohne Autobahnen; Datenstand 31. Dezember 2011) mit der Verteilung des Unfallgeschehens in Deutschland (Vergleichsbasis: Unfälle auf allen inner- und außerörtlichen Straßen ohne Autobahnen im Jahr 2012) hinsichtlich verschiedener Kriterien verglichen. In den Darstellungen beschreiben graue Balken (und Hochrechnungsfaktoren < 1) dabei die Situation, dass Unfälle der jeweiligen Ausprägung im GIDAS-Datensatz seltener enthalten sind als im gesamtdeutschen Unfallgeschehen, d. h. diese werden im Analysedatensatz unterrepräsentiert. Rote Balken (und demnach Hochrechnungsfaktoren > 1) weisen auf Unfallausprägungen hin, welche in den GIDAS-Daten häufiger enthalten sind als im Unfallgeschehen Deutschlands im Jahr 2012. Je weiter der Zahlenwert des Hochrechnungsfaktors vom Wert 1 entfernt ist, desto mehr weichen die GIDAS-Daten von einer Repräsentativität ab.

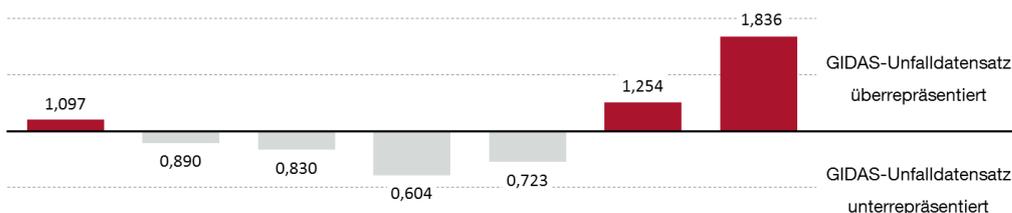
Unfallschwere:

Unfallschwere		
Unfälle mit		
Getöteten	Schwer- verletzten	Leicht- verletzten
0,472	0,669	1,152



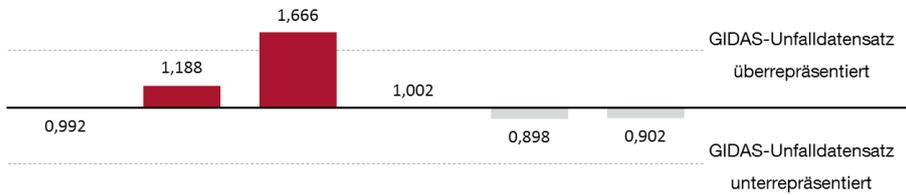
Unfalltyp:

Unfalltyp						
Fahrunfall	Abbiege- Unfall	Einbiegen/ Kreuzenunfall	Überschreiten- unfall	Unfall durch ruhenden Verkehr	Unfall im Längsverkehr	sonstiger Unfall
1,097	0,890	0,830	0,604	0,723	1,254	1,836

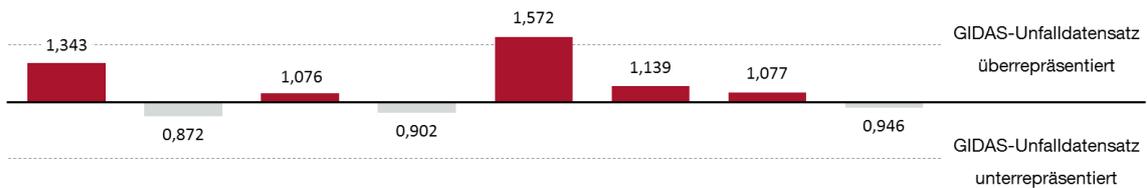


Unfallbeteiligung:

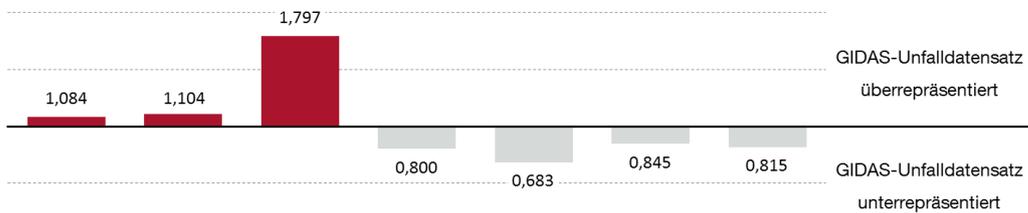
Beteiligte					
Unfälle mit Beteiligung von					
Pkw	Lkw	Bus	Krad	Rad	Fußgänger
0,992	1,188	1,666	1,002	0,898	0,902

**Unfalltag und -zeit:**

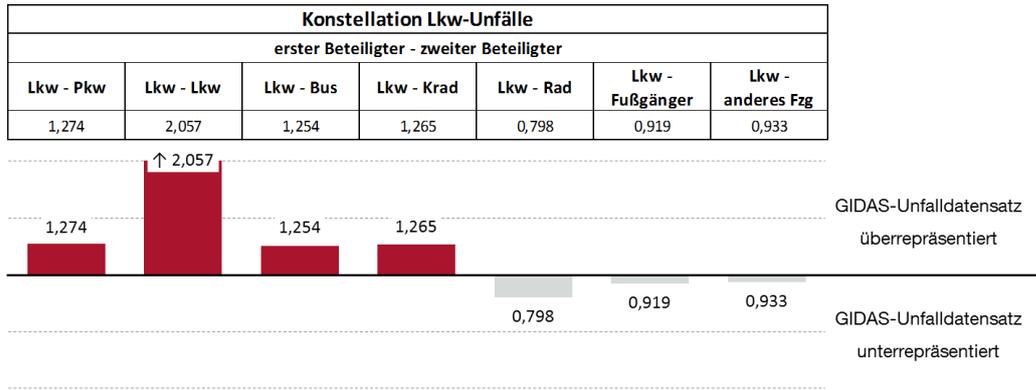
Unfalltag und -zeit							
werktags				Wochenende			
0.00 - 6.59 Uhr	6.00 - 11.59 Uhr	12.00 - 17.59 Uhr	18.00 - 23.59 Uhr	0.00 - 6.59 Uhr	6.00 - 11.59 Uhr	12.00 - 17.59 Uhr	18.00 - 23.59 Uhr
1,343	0,872	1,076	0,902	1,572	1,139	1,077	0,946

**Unfallkonstellation – Pkw-Unfälle:**

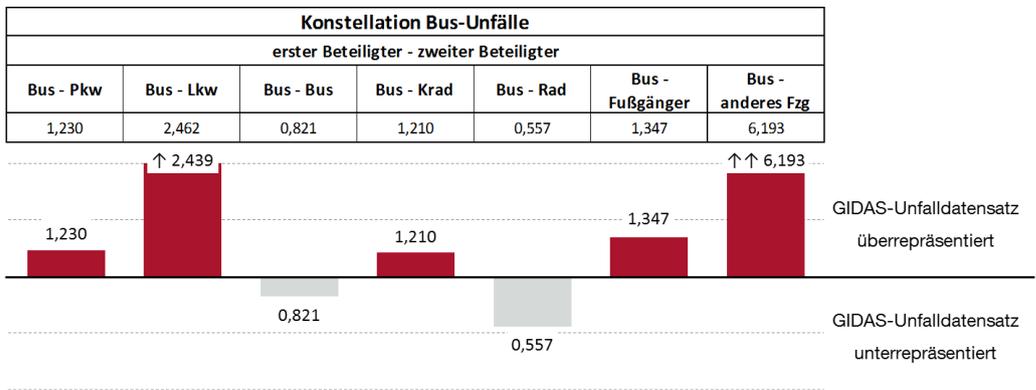
Konstellation Pkw-Unfälle						
erster Beteiligter - zweiter Beteiligter						
Pkw - Pkw	Pkw - Lkw	Pkw - Bus	Pkw - Krad	Pkw - Rad	Pkw - Fußgänger	Pkw - anderes Fzg
1,084	1,104	1,797	0,800	0,683	0,845	0,815



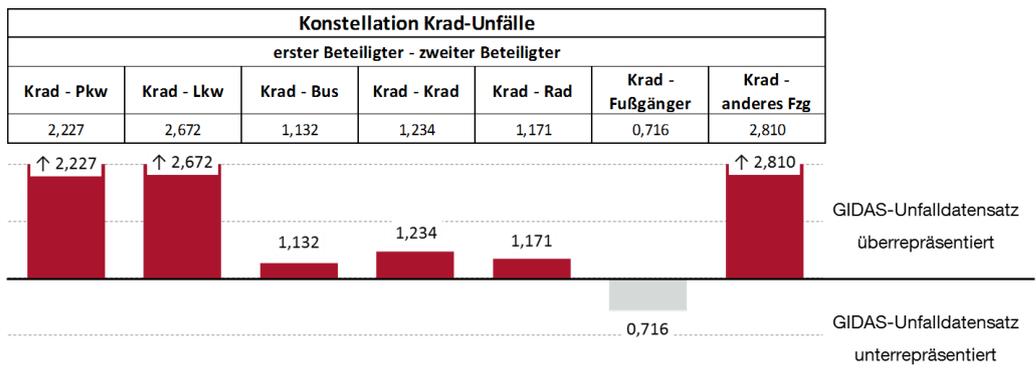
Unfallkonstellation – Lkw-Unfälle:



Unfallkonstellation – Bus-Unfälle:

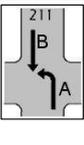
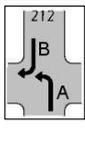
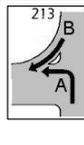
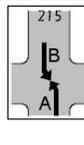
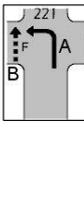
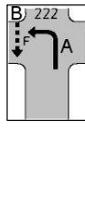
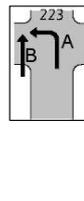
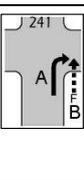
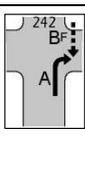
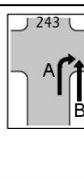
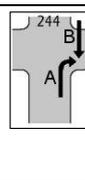
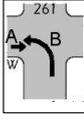
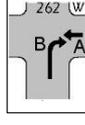
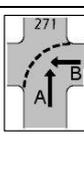
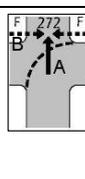
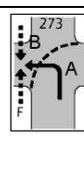
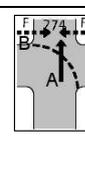
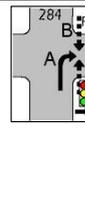
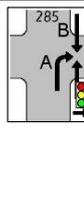


Unfallkonstellation – Krad-Unfälle:

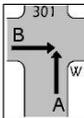
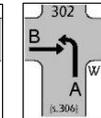
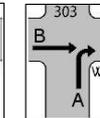
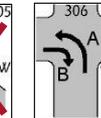
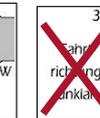
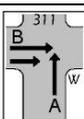
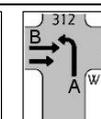
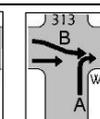
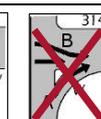
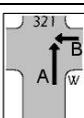
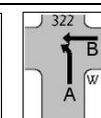
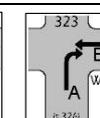
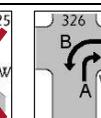
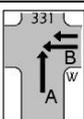
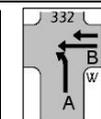
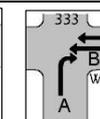
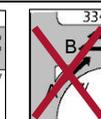
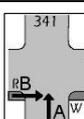
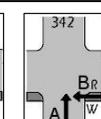
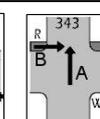
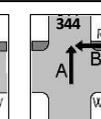
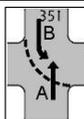
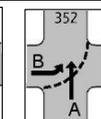
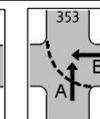
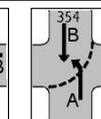
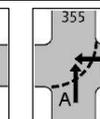
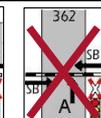
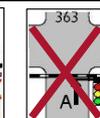
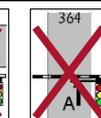
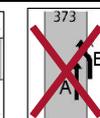
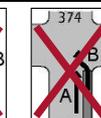


Anhang 3 Unfalltypen zur Definition des Knotenpunktunfallgeschehen

Verwendete Unfälle des Unfalltyp 2 (Abbiegen - Unfälle):

<p>UTYP 20 Konflikt zwischen einem Linksabbieger und einem nachfolgenden Fahrzeug</p>	   	<p>209 Unklar ob 201-204</p> 
<p>UTYP 21 Konflikt zwischen einem Linksabbieger und einem auf der Fahrbahn entgegenkommenden Fahrzeug</p>	    	<p>219 unklar ob 211-215</p> 
<p>UTYP 22 Konflikt zwischen einem Linksabbieger und einem Fahrzeug von einem Linksabbieger und einem Fahrzeug von einem Sonderweg oder einem Fußgänger aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung</p>	    	<p>229 unklar ob 221-225</p> 
<p>UTYP 23 Konflikt zwischen einem Rechtsabbieger und einem nachfolgenden Fahrzeug</p>	  	<p>239 unklar ob 231-233</p> 
<p>UTYP 24 Konflikt zwischen einem Rechtsabbieger und einem Fahrzeug von einem Sonderweg oder einem Fußgänger aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung</p>	    	<p>249 unklar ob 241-245</p> 
<p>UTYP 25 Konflikt zwischen zwei Abbiegern, die sich nebeneinander in gleicher Richtung bewegen</p>	 	<p>259 unklar ob 251-252</p> 
<p>UTYP 26 Konflikt zwischen einem Abbieger und einem wartepflichtigen Fahrzeug in der Zufahrt, die der Abbieger ansteuert</p>	 	<p>269 unklar ob 261-262</p> 
<p>UTYP 27 Konflikt zwischen einem Abbieger aus der Vorfahrtstraße und einem anderen Verkehrsteilnehmer an einem Knoten mit abknickender Vorfahrt</p>	    	<p>279 unklar ob 271-275</p> 
<p>UTYP 28 Konflikt zwischen einem Abbieger und einem anderen aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer, wenn der Abbiegeverkehr durch Pfeil-Lichtzeichen geregelt wird</p>	     	<p>289 Anverkehrs- teilnehmer anknä</p> 
<p>UTYP 29 Sonstige Abbiege-Unfälle</p>		<p>299</p> 

Verwendete Unfälle des Unfalltyp 3 (Einbiege-/Kreuzen - Unfälle):

<p>UTYP 30 Konflikte zwischen einem Wartepflichtigen und einem von links kommenden Bevorrechtigten, der sich nicht in einem Überholvorgang befindet</p>	      
<p>UTYP 31 Konflikt zwischen einem Wartepflichtigen und einem von links kommenden Bevorrechtigten, der überholt</p>	     
<p>UTYP 32 Konflikt zwischen einem Wartepflichtigen und einem von rechts kommenden Bevorrechtigten, der sich nicht in einem Überholvorgang befindet</p>	      
<p>UTYP 33 Konflikt zwischen einem Wartepflichtigen und einem von rechts kommenden Bevorrechtigten, der überholt</p>	     
<p>UTYP 34 Konflikt zwischen einem Wartepflichtigen und einem vom Radweg kommenden bevorrechtigten Radfahrer</p>	    
<p>UTYP 35 Konflikt zwischen einem Wartepflichtigen und einem Bevorrechtigten bei abknicken der Vorfahrt</p>	     
<p>UTYP 36 Konflikt zwischen einem Fahrzeug und einem Schienenfahrzeug auf einem Bahnübergang oder mit geschlossener Bahn-schranke</p>	    
<p>UTYP 37 Konflikt zwischen einem Fahrzeug und einem Radfahrer, der die Straße, von parallelem Radweg kommend, kreuzt oder in sie einfährt</p>	    
<p>UTYP 39 Sonstige Einbiegen/Kreuzen-Unfälle</p>	

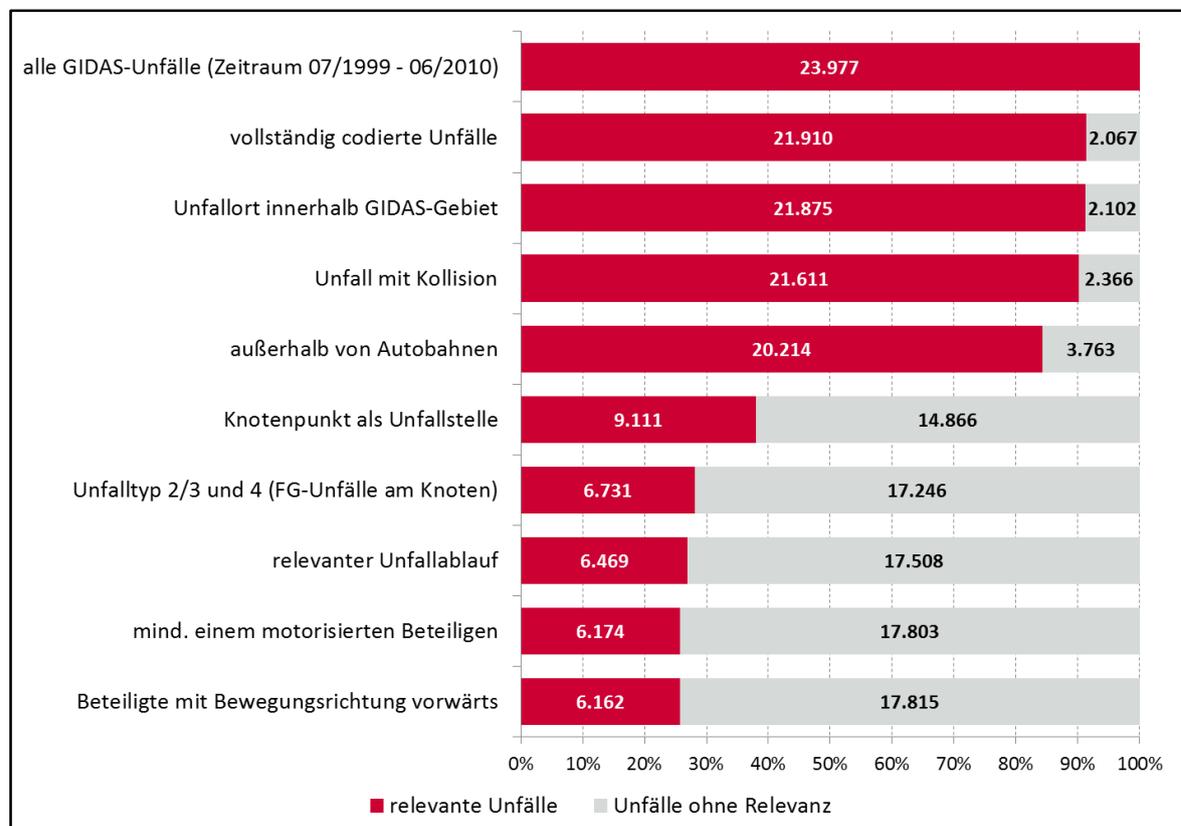
Verwendete Unfälle des Unfalltyp 4 (Überschreiten - Unfälle):

<p>UTYP 40 Konflikt zwischen einem von links kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug</p>						<p>409 unklar ob 401-405</p>
<p>UTYP 41 Konflikt zwischen einem von links kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug bei Sichtbehinderung durch ein parkendes Fahrzeug oder Baum, Zaun o. ä.</p>					<p>419 unklar ob 411-414</p>	
<p>UTYP 42 Konflikt zwischen einem von rechts kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug</p>					<p>429 unklar ob 421-424</p>	
<p>UTYP 43 Konflikt zwischen einem von links kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug</p>						<p>439 unklar ob 431-436</p>
<p>UTYP 44 Konflikt zwischen einem von links kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug bei Sichtbehinderung durch ein parkendes Fahrzeug oder Baum, Zaun o. ä.</p>					<p>449 unklar ob 441-444</p>	
<p>UTYP 45 Konflikt zwischen einem von rechts kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug</p>						<p>459 unklar ob 451-455</p>
<p>UTYP 46 Konflikt zwischen einem von links kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug</p>						<p>469 unklar ob 461-465</p>
<p>UTYP 47 Konflikt zwischen einem von rechts kommenden Fußgänger und einem Fahrzeug</p>				<p>479 unklar ob 471-473</p>		
<p>UTYP 48 Konflikt zwischen einem Fußgänger und einem Fahrzeug, das einer Straße mit abknickender Vorfahrt folgt</p>					<p>489 unklar ob 481-484</p>	
<p>UTYP 49 Sonstige Überschreiten-Unfälle</p>					<p>499 sonstige ÜS-Unfälle</p>	

Anhang 4 Filtervorgehen zur Definition des Knotenpunktunfallgeschehen

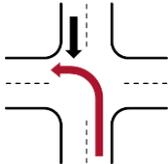
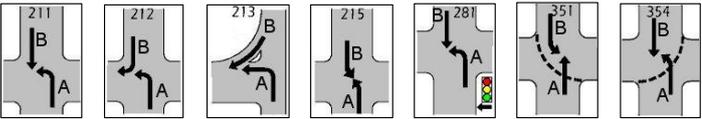
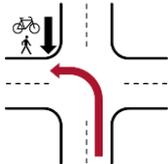
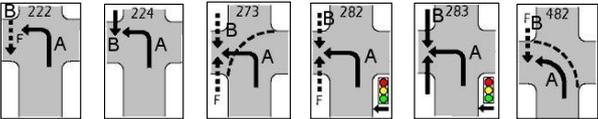
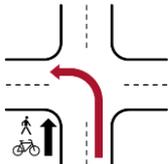
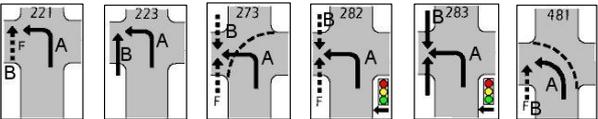
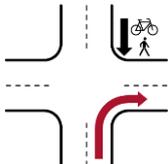
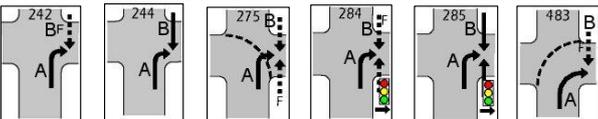
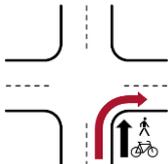
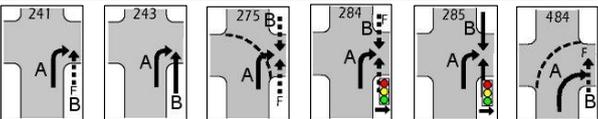
Ausgehend vom GIDAS-Gesamtdatensatz wurden die folgenden Filterschritte angewendet, um das relevante Knotenpunktunfallgeschehen zu ermitteln:

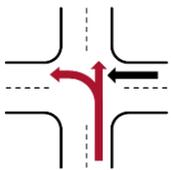
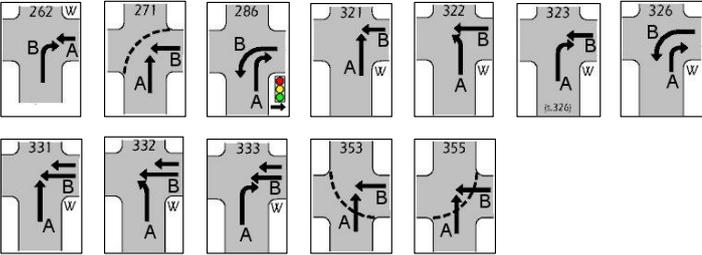
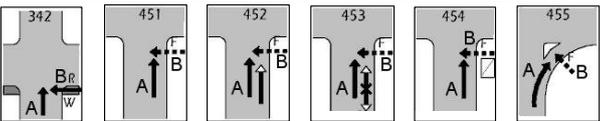
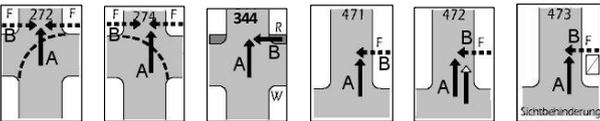
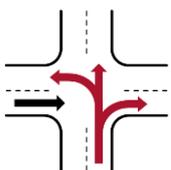
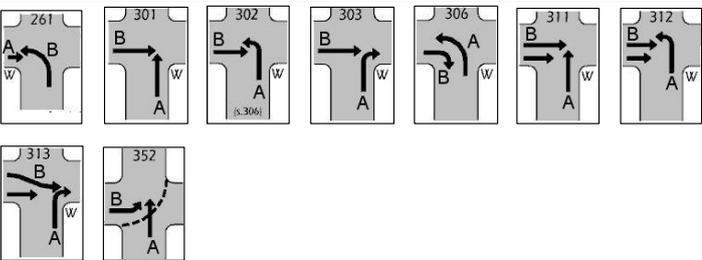
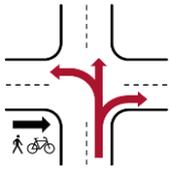
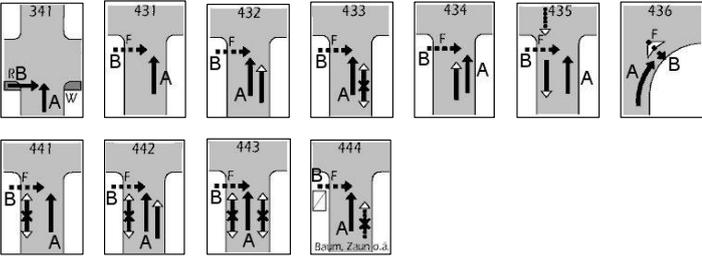
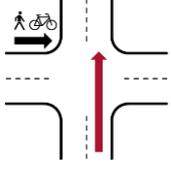
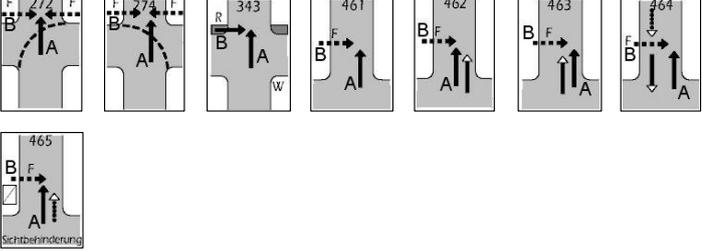
<i>Filterkriterium</i>	<i>relevante Fallanzahl</i>	<i>nicht relevante Fallanzahl</i>	<i>nicht relevanter Anteil</i>	<i>Anteil GIDAS-Unfallgeschehen</i>
alle GIDAS-Unfälle (Zeitraum 07/1999 - 06/2010)	23.977	0	0,0%	100,0%
vollständig codierte Unfälle	21.910	2.067	8,6%	91,4%
Unfallort innerhalb GIDAS-Erhebungsgebiet	21.875	35	0,1%	91,2%
Unfall mit Kollision zwischen Unfallbeteiligten	21.611	264	1,1%	90,1%
Unfallstelle außerhalb von Autobahnen	20.214	1.397	5,8%	84,3%
Knotenpunkt als Unfallstelle (Einmündung, Kreuzung oder Kreisverkehr)	9.111	11.103	46,3%	38,0%
Unfalltyp 2 und 3 sowie Unfalltyp 4 (an Knotenpunkten)	6.731	2.380	9,9%	28,1%
relevanter Unfallablauf (Ein- und Abbiegen sowie Kreuzen und FG-Unfälle am Knotenpunkt)	6.469	262	1,1%	27,0%
Beteiligung von mind. einem motorisierten Beteiligten	6.174	295	1,2%	25,7%
beide Beteiligte mit Bewegungsrichtung vorwärts	6.162	12	0,1%	25,7%



Anhang 5 Knotenpunktunfallgruppen

Zuordnung der Unfalltypen nach amtlicher Definition zu den einzelnen Knotenpunktunfallgruppen (KUG)

Knotenpunktunfallgruppe	zugehörige amtliche Unfalltypen
<p>Linksabbieger – entgegenkommendes Fahrzeug</p>  <p>KUG 11</p>	
<p>Linksabbieger – entgegenkommender Radfahrer oder Fußgänger</p>  <p>KUG 12</p>	
<p>Linksabbieger – Radfahrer oder Fußgänger in Fahrtrichtung</p>  <p>KUG 13</p>	
<p>Rechtsabbieger – entgegenkommender Radfahrer oder Fußgänger</p>  <p>KUG 22</p>	
<p>Rechtsabbieger – Radfahrer oder Fußgänger in Fahrtrichtung</p>  <p>KUG 23</p>	

Knotenpunktunfallgruppe	zugehörige amtliche Unfalltypen
<p>Wartepflichtiger – von rechts kreuzendes Fahrzeug</p>  <p>KUG 31</p>	
<p>Wartepflichtiger – von rechts kreuzender Radfahrer oder Fußgänger</p>  <p>KUG 32</p>	
<p>von rechts kreuzender Radfahrer oder Fußgänger hinter dem Knoten</p>  <p>KUG 33</p>	
<p>Wartepflichtiger – von links kreuzendes Fahrzeug</p>  <p>KUG 41</p>	
<p>Wartepflichtiger – von links kreuzender Radfahrer oder Fußgänger</p>  <p>KUG 42</p>	
<p>von links kreuzender Radfahrer oder Fußgänger hinter dem Knoten</p>  <p>KUG 43</p>	

Anhang 6 Untersuchte Verkehrssituationen im Straßennetz

Situation A:

Ort: Hannover

Knotenpunkt: Kreuzung Hamburger Allee x Celler Straße

Knotentyp

- Kreuzung mit zweibahnigen, mehrstreifigen Zufahrten (Grundform III)
- Vorfahrtsregelung durch Lichtsignalanlage mit separater Signalisierung für Linksabbieger (Vierphasensystem)
- markierte Überwege für Radfahrer und Fußgänger

Zulässige Höchstgeschwindigkeit im Knotenpunktbereich

- 50 km/h in allen Zufahrten

Betrachtete Annäherungsrichtung

- Hamburger Allee in nordwestlicher Fahrtrichtung

Luftbild:



LGLN [2011]

Übersicht aus Annäherungsrichtung:



eigene Darstellung

Situation B und C:

Ort: Hannover

Knotenpunkt: Einmündung Rehmer Feld x Groß-Buchholzer Straße

Knotentyp

- Einmündung mit einbahnigen, zweistreifigen Zufahrten (Grundform I)
- Vorfahrtsregelung durch „Vorfahrt achten“-Schild
- markierter Radüberweg in der einmündenden Zufahrt

Zulässige Höchstgeschwindigkeit im Knotenpunktbereich

- Einmündung Zone 30 km/h
- Hauptfahrbahn 50 km/h

Betrachtete Annäherungsrichtung

- Rehmer Feld in südlicher Fahrtrichtung

Luftbild:



LGLN [2011]

Übersicht aus Annäherungsrichtung:



eigene Darstellung

Situation D:

Ort: Hannover

Knotenpunkt: Kreuzung Auf dem Dorn x Glashüttenstraße x Scheelenkamp

Knotentyp

- Kreuzung mit einbahnigen, zweistreifigen Zufahrten (Grundform I)
- Vorfahrtsregelung durch „rechts vor links“-Regelung
- keine markierten Rad- und Fußgängerüberwege
- Parkmöglichkeit am Straßenrand

Zulässige Höchstgeschwindigkeit im Knotenpunktbereich

- 30 km/h in allen Knotenpunktzufahrten

Betrachtete Annäherungsrichtung

- Scheelenkamp in südlicher Fahrtrichtung

Luftbild:



LGLN [2011]

Übersicht aus Annäherungsrichtung:



eigene Darstellung

Situation E und F:

Ort: Hannover

Knotenpunkt: Kreuzung Isernhagener Straße x Jakobstraße x Zietenstraße

Knotentyp

- Kreuzung mit einbahnigen, zweistreifigen Zufahrten (Grundform I)
- Vorfahrtsregelung durch Lichtsignalanlage mit Zweiphasensystem
- markierter Fußgängerüberweg
- kein separater Radweg, Radfahrer benutzen die Fahrbahn

Zulässige Höchstgeschwindigkeit im Knotenpunktbereich

- 50 km/h in allen Knotenpunktzufahrten

Betrachtete Annäherungsrichtung

- Jakobstraße in westlicher Fahrtrichtung

Luftbild:



LGLN [2011]

Übersicht aus Annäherungsrichtung:



eigene Darstellung

Anhang 7 Fragebogen Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Allgemeiner Fragebogenteil	224
Fragebogenteil Situation A.....	226
Fragebogenteil Situation B	230
Fragebogenteil Situation C	235
Fragebogenteil Situation D	240
Fragebogenteil Situation E.....	244
Fragebogenteil Situation F.....	249
Fragebogenteil Knotenpunkte aus eigener Erfahrung	253
Fragebogenteil Unfallerfahrung.....	254

Allgemeiner Fragebogenteil (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Für die Auswertung Ihrer Antworten sind zu Beginn ein paar statistische Angaben zu Ihrer Person notwendig.

Wie alt sind Sie? *

Jahre

Welches Geschlecht haben Sie? *

- männlich
 weiblich

Besitzen Sie einen PKW-, LKW- oder Motorradführerschein? *

- ja
 nein

Wie lang besitzen Sie diesen Führerschein? *

Falls Sie im Besitz verschiedener Führerscheinklassen sind, so beziehen Sie die Angabe bitte auf die Führerscheinklasse, die Sie am längsten besitzen.

seit Jahren

Wie viele km fahren Sie jährlich mit Kraftfahrzeugen (PKW, LKW, Motorrad)? *

Schätzen Sie bitte Ihre gesamte Fahrleistung (beruflich und privat) ein.

- weniger als 5.000 km
 5.001 - 10.000 km
 10.001 - 20.000 km
 20.001 - 30.000 km
 mehr als 30.000 km

Welchen Anteil Ihrer jährlichen Fahrleistung legen Sie innerorts zurück? *

- < 10%
 10 - 25 %
 25 - 50 %
 50 - 75 %
 > 75 %

Wie schätzen Sie Ihren Fahrstil ein? *

- sehr sportlich (Wenn sich die Möglichkeit ergibt, fahre ich gern schnell, unabhängig von der Höchstgeschwindigkeit.)
 eher sportlich (Ich nutze die Höchstgeschwindigkeit als Orientierung, fahre aber auch mal etwas schneller.)
 eher defensiv (Ich halte mich an die Höchstgeschwindigkeit, auch wenn die Straße frei ist.)
 sehr defensiv (Ich fahre meistens langsamer als die Höchstgeschwindigkeit und auf keinen Fall schneller, auch wenn die Straße frei ist.)

Allgemeiner Fragebogenteil (2):

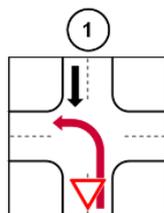


Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

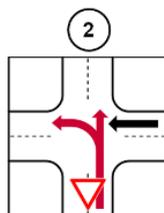
Wenn Sie die Gefährlichkeit einer Kreuzung oder Einmündung beurteilen sollen, welche Rolle spielen dabei die folgenden Einflüsse? *

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	keine Angabe
Art der Vorfahrtsregelung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Höhe des Verkehrsaufkommens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einehbarkeit der anderen Straßen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vorhandene Fußüberwege und Fußgängerverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vorhandene Radüberwege und Radfahrerverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

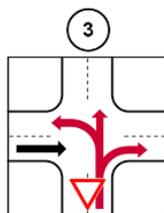
Stellen Sie sich vor, Sie befahren mit Ihrem Fahrzeug eine Kreuzung aus einer wartepflichtigen Straße. An der Kreuzung wollen Sie die folgenden Fahrmanöver (rot dargestellt) durchführen.



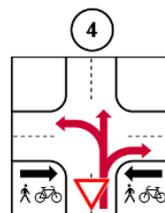
1
Sie biegen links ab und Ihnen kommt ein Fahrzeug entgegen.



2
Sie biegen links ab oder fahren geradeaus und ein Fahrzeug kreuzt von rechts.



3
Sie nähern sich der Kreuzung und ein Fahrzeug kreuzt von links.

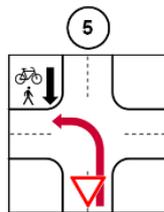


4
Sie nähern sich der Kreuzung und ein Fußgänger oder Radfahrer kreuzt auf dem Fuß- bzw. Radweg.

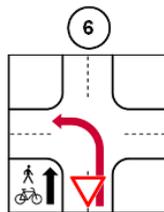
Das dargestellte Fahrmanöver stellt für Sie eine Unfallgefahr dar. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Fahrmanöver 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrmanöver 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrmanöver 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrmanöver 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

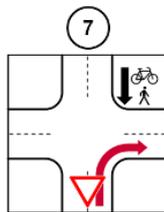
Stellen Sie sich vor, Sie befahren mit Ihrem Fahrzeug eine Kreuzung aus einer wartepflichtigen Straße. An der Kreuzung wollen Sie die folgenden Fahrmanöver (rot dargestellt) durchführen.



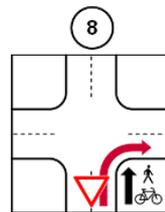
5
Sie biegen links ab und ein Fußgänger oder Radfahrer kommt Ihnen auf dem linken Fuß- bzw. Radweg entgegen und kreuzt die Straße, in die Sie einbiegen.



6
Sie biegen links ab und ein Fußgänger oder Radfahrer bewegt sich auf dem linken Fuß- bzw. Radweg in gleicher Richtung und kreuzt die Straße, in die Sie einbiegen.



7
Sie biegen rechts ab und ein Fußgänger oder Radfahrer kommt Ihnen auf dem rechten Fuß- bzw. Radweg entgegen und kreuzt die Straße, in die Sie einbiegen.



8
Sie biegen rechts ab und ein Fußgänger oder Radfahrer bewegt sich auf dem rechten Fuß- bzw. Radweg in gleicher Richtung und kreuzt die Straße, in die Sie einbiegen.

Das dargestellte Fahrmanöver stellt für Sie eine Unfallgefahr dar. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Fahrmanöver 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrmanöver 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrmanöver 7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrmanöver 8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fragebogenteil Situation A (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich vor, Sie wollen an der dargestellten Kreuzung mit Ihrem Pkw links abbiegen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der von Ihnen befahrenen Straße beträgt 50 km/h und die Lichtsignalanlage ist in Betrieb. Bitte verschaffen Sie sich anhand der folgenden Fotos einen Eindruck von der Kreuzung und beantworten Sie im Anschluss die Fragen zur dargestellten Verkehrssituation.

Annäherung an die Kreuzung



Kreuzungsbereich



unmittelbar vor der Kreuzung mit Blick nach links und rechts



Hinweis:

Diese Fotos werden auf den folgenden Seiten ebenfalls dargestellt.

Fragebogenteil Situation A (2):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zur dargestellten Kreuzung. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Die Kreuzung ist unverständlich. (Vorfahrtsregelung und Verkehrsführung sind nicht deutlich erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Kreuzung ist unübersichtlich. (Andere Verkehrsteilnehmer sind nicht rechtzeitig erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Kreuzung ist gefährlich. (Sie rechnen mit Situationen, die zu einem Unfall führen können.)	<input type="radio"/>				

Mit welchen der folgenden gefährlichen Situationen rechnen Sie beim Linksabbiegen an der dargestellten Kreuzung am meisten? *

Bitte wählen Sie die 3 gefährlichsten Situationen aus.

- ein Fahrzeug kommt Ihnen entgegen und fährt geradeaus
- ein Fahrzeug kommt von rechts und überquert die Kreuzung
- ein Fahrzeug kommt von links und überquert die Kreuzung
- ein Radfahrer oder Fußgänger bewegt sich auf dem linken Rad- bzw. Fußweg in der gleichen Richtung wie Sie und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger kommt Ihnen auf dem linken Rad- bzw. Fußweg entgegen und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger benutzt den Rad- bzw. Fußweg und kreuzt Ihren Fahrweg von rechts
- ein Radfahrer oder Fußgänger benutzt den Rad- bzw. Fußweg und kreuzt Ihren Fahrweg von links

Fragebogenteil Situation A (3):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Welche der folgenden Einflüsse führen Ihrer Meinung nach dazu, dass das Linksabbiegen an der dargestellten Kreuzung als gefährlich eingeschätzt wird? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Einflüsse aus. Falls Ihnen ein weiterer, nicht aufgeführter, Einflussfaktor wichtig erscheint, so können Sie diesen im letzten Punkt ergänzen.

- Art der Vorfahrtsregelung (Lichtsignalanlage)
- hohes Verkehrsaufkommen
- Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer
- Unübersichtlichkeit rechtsseitig durch Bebauung / Bewuchs
- Unübersichtlichkeit linksseitig durch Bebauung / Bewuchs
- Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem linken Fuß- bzw. Radüberweg, der sich in Ihrer Fahrtrichtung bewegt
- entgegenkommender Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem linken Fuß- bzw. Radweg
- Fußgänger- oder Radfahrerverkehr auf dem Fuß- bzw. Radweg, der von rechts kreuzt
- Fußgänger- oder Radfahrerverkehr auf dem Fuß- bzw. Radweg, der von links kreuzt
-

Was müsste aus Ihrer Sicht an der dargestellten Kreuzung geändert werden, um die Verkehrssicherheit beim Linksabbiegen zu verbessern? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Maßnahmen aus. Falls Sie eine Maßnahme vorschlagen möchten, die nicht in der Liste aufgeführt ist, so können Sie diese im letzten Punkt ergänzen.

- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines STOP-Schildes anstelle der Lichtsignalanlage)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines "Vorfahrt achten"-Schildes anstelle der Lichtsignalanlage)
- stationäre Geschwindigkeitsüberwachung (Standblitzer)
- Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h
- Markierung des Fahrspurverlaufes (Linksabbiegerspur) auf der Fahrbahn im Kreuzungsbereich
- Verbreiterung der Fahrbahn in Ihrer Zufahrt zur Kreuzung
- Umbau der Kreuzung zu einem Kreisverkehr
-

Fragebogenteil Situation A (4):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, das Sie beim Linksabbiegen unterstützen soll. Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf kreuzende Fahrzeuge von rechts oder links, wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die auf dem Rad- oder Fußweg von rechts oder links kommend Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die sich auf dem linken Rad- oder Fußweg in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen wie Sie und beim Abbiegen nach links Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die Ihren Fahrweg beim Abbiegen nach links kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach links unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach links unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Situation B (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich vor, Sie wollen an der dargestellten Einmündung mit Ihrem Pkw nach rechts abbiegen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der von Ihnen befahrenen Straße beträgt 30 km/h und müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße Vorfahrt gewähren. Bitte verschaffen Sie sich anhand der folgenden Fotos einen Eindruck von der Einmündung und beantworten Sie im Anschluss die Fragen zur dargestellten Verkehrssituation.

Annäherung an die Einmündung



Einmündungsbereich



Verkehrssituation unmittelbar vor der Einmündung mit Blick nach links und rechts



Hinweis:
Diese Fotos werden auf den folgenden Seiten ebenfalls dargestellt.

Fragebogenteil Situation B (2):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts. Sie müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße die Vorfahrt gewähren.



Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zur dargestellten Einmündung. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Die Einmündung ist unverständlich. (Vorfahrtsregelung und Verkehrsführung sind nicht deutlich erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Einmündung ist unübersichtlich. (Andere Verkehrsteilnehmer sind nicht rechtzeitig erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Einmündung ist gefährlich. (Sie rechnen mit Situationen, die zu einem Unfall führen können.)	<input type="radio"/>				

Mit welchen der folgenden gefährlichen Situationen rechnen Sie beim Rechtsabbiegen an der dargestellten Einmündung am meisten? *

Bitte wählen Sie die 3 gefährlichsten Situationen aus.

- ein Fahrzeug kommt von links und überquert die Einmündung
- ein Radfahrer oder Fußgänger bewegt sich auf dem rechten Fußweg in der gleichen Richtung wie Sie und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger kommt Ihnen von der gegenüberliegenden Straßenseite entgegen und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger auf dem Rad- bzw. Fußweg kreuzt Ihren Fahrweg von rechts
- ein Radfahrer oder Fußgänger auf dem Rad- bzw. Fußweg kreuzt Ihren Fahrweg von links

Fragebogenteil Situation B (3):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts. Sie müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße die Vorfahrt gewähren.



Welche der folgenden Einflüsse führen Ihrer Meinung dazu, dass das Rechtsabbiegen an der dargestellten Einmündung als gefährlich eingeschätzt wird? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Einflüsse aus. Falls Ihnen ein weiterer, nicht aufgeführter, Einflussfaktor wichtig erscheint, so können Sie diesen im letzten Punkt ergänzen.

- Art der Vorfahrtsregelung (Vorfahrt achten)
- hohes Verkehrsaufkommen
- Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer
- Unübersichtlichkeit rechtsseitig durch Bebauung / Bewuchs / parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit linksseitig durch Bebauung / Bewuchs / parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit durch parkende Fahrzeuge in der von Ihnen befahrenen Straße
- kreuzende Radfahrer auf dem Radweg der durchgehenden Straße
- kreuzende Fußgänger auf dem Fußweg der durchgehenden Straße
- Radfahrer, welche die Straße kreuzen, in die Sie einbiegen
- Fußgänger, welche die Straße kreuzen, in die Sie einbiegen
-

Fragebogenteil Situation B (4):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts. Sie müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße die Vorfahrt gewähren.



Was müsste aus Ihrer Sicht an der dargestellten Einmündung geändert werden, um die Verkehrssicherheit beim Rechtsabbiegen zu verbessern? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Maßnahmen aus. Falls Sie eine Maßnahme vorschlagen möchten, die nicht in der Liste aufgeführt ist, so können Sie diese im letzten Punkt ergänzen.

- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines STOP-Schildes anstelle des "Vorfahrt achten"-Schildes)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen einer Lichtsignalanlage anstelle des "Vorfahrt achten"-Schildes)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Entfernen des "Vorfahrt achten"-Schildes und Regelung durch "rechts vor links")
- Markierung des Fußüberweges der einmündenden Straße
- Verdeutlichung/Aufbringen der Fahrbahnmarkierung der durchgehenden Straße
- Verbreiterung der Fahrbahn der einmündenden Straße
- Verbreiterung der Fahrbahn der durchgehenden Straße
- Einrichtung eines Parkverbotes im Bereich der Einmündung
- Bau einer Mittelinsel in der einmündenden Straße
- Bau einer Mittelinsel auf der durchgehenden Straße
- Umbau der Einmündung zu einem Kreisverkehr
-

Fragebogenteil Situation B (5):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, das Sie beim Rechtsabbiegen unterstützen soll. Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf kreuzende Fahrzeuge von rechts oder links. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die auf dem Rad- oder Fußweg von rechts oder links kommend Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die sich auf dem rechten Fußweg in gleicher Richtung bewegen wie Sie und beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Situation C (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich vor, Sie wollen an der dargestellten Einmündung mit Ihrem Pkw nach links abbiegen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der von Ihnen befahrenen Straße beträgt 30 km/h und müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße Vorfahrt gewähren. Bitte verschaffen Sie sich anhand der folgenden Fotos einen Eindruck von der Einmündung und beantworten Sie im Anschluss die Fragen zur dargestellten Verkehrssituation.

Annäherung an die Einmündung



Einmündungsbereich



Verkehrssituation unmittelbar vor der Einmündung mit Blick nach links und rechts



Hinweis:
Diese Fotos werden auf den folgenden Seiten ebenfalls dargestellt.

Fragebogenteil Situation C (2):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts. Sie müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße die Vorfahrt gewähren.



Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zur dargestellten Einmündung. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Die Einmündung ist unverständlich. (Vorfahrtsregelung und Verkehrsführung sind nicht deutlich erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Einmündung ist unübersichtlich. (Andere Verkehrsteilnehmer sind nicht rechtzeitig erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Einmündung ist gefährlich. (Sie rechnen mit Situationen, die zu einem Unfall führen können.)	<input type="radio"/>				

Mit welchen der folgenden gefährlichen Situationen rechnen Sie beim Linksabbiegen an der dargestellten Einmündung am meisten? *

Bitte wählen Sie die 3 gefährlichsten Situationen aus.

- ein Fahrzeug kommt von rechts und überquert die Einmündung
- ein Fahrzeug kommt von links und überquert die Einmündung
- ein Radfahrer oder Fußgänger bewegt sich auf dem linken Fußweg in der gleichen Richtung wie Sie und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger kommt Ihnen von der gegenüberliegenden Straßenseite entgegen und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger auf dem Rad- bzw. Fußweg kreuzt Ihren Fahrweg von rechts
- ein Radfahrer oder Fußgänger auf dem Rad- bzw. Fußweg kreuzt Ihren Fahrweg von links

Fragebogenteil Situation C (3):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts. Sie müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße die Vorfahrt gewähren.



Welche der folgenden Einflüsse führen Ihrer Meinung dazu, dass das Linksabbiegen an der dargestellten Einmündung als gefährlich eingeschätzt wird?

Bitte wählen Sie maximal 3 Einflüsse aus. Falls Ihnen ein weiterer, nicht aufgeführter, Einflussfaktor wichtig erscheint, so können Sie diesen im letzten Punkt ergänzen.

- Art der Vorfahrtsregelung (Vorfahrt achten)
- hohes Verkehrsaufkommen
- Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer
- Unübersichtlichkeit rechtsseitig durch Bebauung / Bewuchs / parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit linksseitig durch Bebauung / Bewuchs / parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit durch parkende Fahrzeuge in der von Ihnen befahrenen Straße
- kreuzende Radfahrer auf dem Radweg der durchgehenden Straße
- kreuzende Fußgänger auf dem Fußweg der durchgehenden Straße
- Radfahrer, welche die Straße kreuzen, in die Sie einbiegen
- Fußgänger, welche die Straße kreuzen, in die Sie einbiegen
-

Fragebogenteil Situation C (4):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts. Sie müssen dem Verkehr auf der durchgehenden Straße die Vorfahrt gewähren.



Was müsste aus Ihrer Sicht an der dargestellten Einmündung geändert werden, um die Verkehrssicherheit beim Linksabbiegen zu verbessern? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Maßnahmen aus. Falls Sie eine Maßnahme vorschlagen möchten, die nicht in der Liste aufgeführt ist, so können Sie diese im letzten Punkt ergänzen.

- Änderung der Vorfahrsregelung (Aufstellen eines STOP-Schildes anstelle des "Vorfahrt achten"-Schildes)
- Änderung der Vorfahrsregelung (Aufstellen einer Lichtsignalanlage anstelle des "Vorfahrt achten"-Schildes)
- Änderung der Vorfahrsregelung (Entfernen des "Vorfahrt achten"-Schildes und Regelung durch "rechts vor links")
- Markierung des Fußüberweges der einmündenden Straße
- Verdeutlichung/Aufbringen der Fahrbahnmarkierung der durchgehenden Straße
- Verbreiterung der Fahrbahn der einmündenden Straße
- Verbreiterung der Fahrbahn der durchgehenden Straße
- Einrichtung eines Parkverbotes im Bereich der Einmündung
- Bau einer Mittelinsel in der einmündenden Straße
- Bau einer Mittelinsel auf der durchgehenden Straße
- Umbau der Einmündung zu einem Kreisverkehr
-

Fragebogenteil Situation C (5):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Einmündung mit Blick nach links und rechts



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, das Sie beim Rechtsabbiegen unterstützen soll. Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf kreuzende Fahrzeuge von rechts oder links. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die auf dem Rad- oder Fußweg von rechts oder links kommend Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die sich auf dem linken Fußweg in gleicher Richtung bewegen wie Sie und beim Abbiegen nach links Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Situation D (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich vor, Sie wollen an der dargestellten Kreuzung mit Ihrem Pkw geradeaus fahren. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der von Ihnen befahrenen Straße beträgt 30 km/h und die Vorfahrt an der Kreuzung ist durch "rechts vor links" geregelt. Bitte verschaffen Sie sich anhand der folgenden Fotos einen Eindruck von der Kreuzung und beantworten Sie im Anschluss die Fragen zur dargestellten Verkehrssituation.

Annäherung an die Kreuzung



Sicht auf den Kreuzungsbereich vor dem Überqueren der Kreuzung



Kreuzungsbereich mit Blick nach links und rechts unmittelbar vor dem Überqueren der Kreuzung



Hinweis:

Diese Fotos werden auf den folgenden Seiten ebenfalls dargestellt.

Fragebogenteil Situation D (2):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Vorfahrt an der Kreuzung ist durch "rechts vor links" geregelt.



Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zur dargestellten Kreuzung. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Die Kreuzung ist unverständlich. (Vorfahrtsregelung und Verkehrsführung sind nicht deutlich erkennbar.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Kreuzung ist unübersichtlich. (Andere Verkehrsteilnehmer sind nicht rechtzeitig erkennbar.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Kreuzung ist gefährlich. (Sie rechnen mit Situationen, die zu einem Unfall führen können.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mit welchen der folgenden gefährlichen Situationen rechnen Sie beim Geradeausfahren an der dargestellten Kreuzung am meisten? *

Bitte wählen Sie die 3 gefährlichsten Situationen aus.

- ein Fahrzeug kommt Ihnen entgegen und biegt links ab
- ein Fahrzeug kommt von rechts und überquert die Kreuzung
- ein Fahrzeug kommt von links und überquert die Kreuzung
- ein Radfahrer oder Fußgänger kreuzt Ihren Fahrweg von rechts
- ein Radfahrer oder Fußgänger kreuzt Ihren Fahrweg von links

Fragebogenteil Situation D (3):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Vorfahrt an der Kreuzung ist durch "rechts vor links" geregelt.



Welche der folgenden Einflüsse führen Ihrer Meinung nach dazu, dass das Geradeausfahren an der dargestellten Kreuzung als gefährlich eingeschätzt wird? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Einflüsse aus. Falls Ihnen ein weiterer, nicht aufgeführter, Einflussfaktor wichtig erscheint, so können Sie diesen im letzten Punkt ergänzen.

- Art der Vorfahrtsregelung (rechts vor links)
- hohes Verkehrsaufkommen
- Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer
- Unübersichtlichkeit rechtsseitig durch Bebauung / Bewuchs / parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit linksseitig durch Bebauung / Bewuchs / parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit durch parkende Fahrzeuge in der von Ihnen befahrenen Straße
- Radfahrer vom Rad-/ Fußweg der kreuzenden Straße
- Fußgänger vom Fußweg der kreuzenden Straße
-

Was müsste aus Ihrer Sicht an der dargestellten Kreuzung geändert werden, um die Verkehrssicherheit beim Geradeausfahren zu verbessern? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Maßnahmen aus. Falls Sie eine Maßnahme vorschlagen möchten, die nicht in der Liste aufgeführt ist, so können Sie diese im letzten Punkt ergänzen.

- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines "Vorfahrt achten"-Schildes)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines STOP-Schildes)
- Markierung des Radüberweges der kreuzenden Straße
- Markierung des Fußgängerüberweges der kreuzenden Straße
- Verbreiterung der Fahrbahn der von Ihnen befahrenen Straße
- Verbreiterung der Fahrbahn der kreuzenden Straße
- stationäre Geschwindigkeitsüberwachung (Standblitzer)
- Einrichtung eines Parkverbotes im Bereich der Kreuzung
- Umbau der Kreuzung zu einem Kreisverkehr
-

Fragebogenteil Situation D (4):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Vorfahrt an der Kreuzung ist durch "rechts vor links" geregelt.



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, das Sie beim Geradeausfahren an Kreuzungen unterstützen soll.

Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf entgegenkommende Fahrzeuge, welche links abbiegen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>				
Warnung	<input type="radio"/>				
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>				

Das System reagiert auf kreuzende Fahrzeuge von rechts oder links. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>				
Warnung	<input type="radio"/>				
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>				

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die auf dem Fußweg von rechts oder links kommend Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input type="radio"/>				
Warnung	<input type="radio"/>				
aktiver Eingriff	<input type="radio"/>				

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Situation E (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich vor, Sie wollen an der dargestellten Kreuzung mit Ihrem Pkw links abbiegen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der von Ihnen befahrenen Straße beträgt 50 km/h und die Lichtsignalanlage ist in Betrieb.
Bitte verschaffen Sie sich anhand der folgenden Fotos einen Eindruck von der Kreuzung und beantworten Sie im Anschluss die Fragen zur dargestellten Verkehrssituation.

Annäherung an die Kreuzung



Kreuzungsbereich



unmittelbar vor der Kreuzung mit Blick nach links und rechts



Hinweis:
Diese Fotos werden auf den folgenden Seiten ebenfalls dargestellt.

Fragebogenteil Situation E (2):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zur dargestellten Kreuzung. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Die Kreuzung ist unverständlich. (Vorfahrtsregelung und Verkehrsführung sind nicht deutlich erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Kreuzung ist unübersichtlich. (Andere Verkehrsteilnehmer sind nicht rechtzeitig erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Kreuzung ist gefährlich. (Sie rechnen mit Situationen, die zu einem Unfall führen können.)	<input type="radio"/>				

Mit welchen der folgenden gefährlichen Situationen rechnen Sie beim Linksabbiegen an der dargestellten Kreuzung am meisten? *

Bitte wählen Sie die 3 gefährlichsten Situationen aus.

- ein Fahrzeug kommt Ihnen entgegen und fährt geradeaus
- ein Fahrzeug kommt von rechts und überquert die Kreuzung
- ein Fahrzeug kommt von links und überquert die Kreuzung
- ein Radfahrer oder Fußgänger bewegt sich auf dem linken Rad- bzw. Fußweg in der gleichen Richtung wie Sie und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger kommt Ihnen auf dem linken Rad- bzw. Fußweg entgegen und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger benutzt den Rad- bzw. Fußweg und kreuzt Ihren Fahrweg von rechts
- ein Radfahrer oder Fußgänger benutzt den Rad- bzw. Fußweg und kreuzt Ihren Fahrweg von links

Fragebogenteil Situation E (3):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Welche der folgenden Einflüsse führen Ihrer Meinung nach dazu, dass das Linksabbiegen an der dargestellten Kreuzung als gefährlich eingeschätzt wird? *

Bitte wählen Sie die 3 wichtigsten Einflüsse aus.

- Art der Vorfahrtsregelung (Lichtsignalanlage)
- hohes Verkehrsaufkommen
- Geschwindigkeit der anderen Verkehrsteilnehmer
- Unübersichtlichkeit rechtsseitig durch Bebauung und parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit linksseitig durch Bebauung und parkende Fahrzeuge
- Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem linken Überweg, der sich in Ihrer Fahrtrichtung bewegt
- entgegenkommender Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem linken Fußweg
- kreuzender Fußgänger- und Radfahrerverkehr vom Fußweg kommend

Was müsste aus Ihrer Sicht an der dargestellten Kreuzung geändert werden, um die Verkehrssicherheit beim Linksabbiegen zu verbessern? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Maßnahmen aus. Falls Sie eine Maßnahme vorschlagen möchten, die nicht in der Liste aufgeführt ist, so können Sie diese im letzten Punkt ergänzen.

- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines STOP-Schildes anstelle der Lichtsignalanlage)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines "Vorfahrt achten"-Schildes anstelle der Lichtsignalanlage)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Entfernen der Lichtsignalanlage und Regelung durch "rechts vor links")
- Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h
- stationäre Geschwindigkeitsüberwachung (Standblitzer)
- Einrichtung eines Parkverbotes im Bereich der Kreuzung
- Markierung des Fahrspurverlaufes (Linksabbiegerspur) auf der Fahrbahn im Kreuzungsbereich
- Verbreiterung der Fahrbahn Ihrer Zufahrt zur Kreuzung
- bauliche Trennung Ihrer Fahrbahnen (Mittelinsel)
- Umbau der Kreuzung zu einem Kreisverkehr
-

Fragebogenteil Situation E (4):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, dass Sie beim Linksabbiegen unterstützen soll. Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen, wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf kreuzende Fahrzeuge von rechts oder links, wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Situation E (5):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, das Sie beim Linksabbiegen unterstützen soll. Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die auf dem Fußweg von rechts oder links kommend Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die sich auf dem linken Fußweg in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen wie Sie und beim Abbiegen nach links Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Situation F (1):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich vor, Sie wollen an der dargestellten Kreuzung mit Ihrem Pkw rechts abbiegen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der von Ihnen befahrenen Straße beträgt 50 km/h und die Lichtsignalanlage ist in Betrieb. Bitte verschaffen Sie sich anhand der folgenden Fotos einen Eindruck von der Kreuzung und beantworten Sie im Anschluss die Fragen zur dargestellten Verkehrssituation.

Annäherung an die Kreuzung



Kreuzungsbereich



unmittelbar vor der Kreuzung mit Blick nach links und rechts



Hinweis:
Diese Fotos werden auf den folgenden Seiten ebenfalls dargestellt.

Fragebogenteil Situation F (2):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zur dargestellten Kreuzung. *

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	keine Angabe
Die Kreuzung ist unverständlich. (Vorfahrtsregelung und Verkehrsführung sind nicht deutlich erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Kreuzung ist unübersichtlich. (Andere Verkehrsteilnehmer sind nicht rechtzeitig erkennbar.)	<input type="radio"/>				
Die Kreuzung ist gefährlich. (Sie rechnen mit Situationen, die zu einem Unfall führen können.)	<input type="radio"/>				

Mit welchen der folgenden gefährlichen Situationen rechnen Sie beim Rechtsabbiegen an der dargestellten Kreuzung am meisten? *

Bitte wählen Sie die 3 gefährlichsten Situationen aus.

- ein Fahrzeug kommt von links und überquert die Kreuzung
- ein Radfahrer oder Fußgänger bewegt sich auf dem rechten Fußweg in der gleichen Richtung wie Sie und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger kommt Ihnen auf dem rechten Fußweg entgegen und überquert die Straße, in die Sie einbiegen
- ein Radfahrer oder Fußgänger benutzt den Fußweg und kreuzt Ihren Fahrweg von rechts
- ein Radfahrer oder Fußgänger benutzt den Fußweg und kreuzt Ihren Fahrweg von links

Fragebogenteil Situation F (3):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Welche der folgenden Einflüsse führen Ihrer Meinung nach dazu, dass das Rechtsabbiegen an der dargestellten Kreuzung als gefährlich eingeschätzt wird? *

Bitte wählen Sie die 3 wichtigsten Einflüsse aus.

- Art der Vorfahrtsregelung (Lichtsignalanlage)
- hohes Verkehrsaufkommen
- Geschwindigkeit der anderen Verkehrsteilnehmer
- Unübersichtlichkeit rechtsseitig durch Bebauung oder parkende Fahrzeuge
- Unübersichtlichkeit linksseitig durch Bebauung oder parkende Fahrzeuge
- Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem rechten Fußüberweg, der sich in Ihrer Fahrtrichtung bewegt
- entgegenkommender Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem rechten Fußweg
- Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf dem Fußweg von rechts oder links kommend

Was müsste aus Ihrer Sicht an der dargestellten Kreuzung geändert werden, um die Verkehrssicherheit beim Rechtsabbiegen zu verbessern? *

Bitte wählen Sie maximal 3 Maßnahmen aus. Falls Sie eine Maßnahme vorschlagen möchten, die nicht in der Liste aufgeführt ist, so können Sie diese im letzten Punkt ergänzen.

- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines STOP-Schildes anstelle der Lichtsignalanlage)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Aufstellen eines "Vorfahrt achten"-Schildes anstelle der Lichtsignalanlage)
- Änderung der Vorfahrtsregelung (Entfernen der Lichtsignalanlage und Regelung durch "rechts vor links")
- Einrichten eines Parkverbotes im Bereich der Kreuzung
- Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h
- stationäre Geschwindigkeitsüberwachung (Standblitzer)
- Verbreiterung der Fahrbahn Ihrer Zufahrt zur Kreuzung
- bauliche Trennung Ihrer Fahrbahn (Mittelinsel)
- Umbau der Kreuzung zu einem Kreisverkehr
-

Fragebogenteil Situation F (4):



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Übersicht der Kreuzung mit Blick nach links und rechts. Die Lichtsignalanlage ist in Betrieb und zeigt "grün" für Ihre Fahrtrichtung.



Stellen Sie sich ein "Fahrzeug der Zukunft" vor, welches mit einem Sicherheitssystem ausgestattet ist, das Sie beim Linksabbiegen unterstützen soll. Das System kann Sie entweder informieren, warnen oder aktiv eingreifen.

Das System reagiert auf kreuzende Fahrzeuge von rechts oder links, wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die auf dem Fußweg von rechts oder links kommend Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das System reagiert auf Radfahrer und Fußgänger, die sich auf dem rechten Fußweg in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen wie Sie und beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen. Wie wichtig sind Ihnen dabei die verschiedenen Funktionen?

	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	diese Funktion möchte ich nicht
Information	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aktiver Eingriff	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Systemfunktionen sind folgendermaßen zu verstehen:

Information:

Sie werden auf andere Verkehrsteilnehmer hingewiesen, die beim Abbiegen nach rechts Ihren Fahrweg kreuzen.

Warnung:

Sie werden davor gewarnt, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

aktiver Eingriff:

Ihr Fahrzeug bremst automatisch ab oder führt ein Ausweichmanöver aus, sobald erkannt wurde, dass es zu einem Unfall mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kommt, wenn Sie den Abbiegevorgang nach rechts unverändert fortsetzen.

Fragebogenteil Knotenpunkte aus eigener Erfahrung:



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Stellen Sie sich Ihre tägliche Fahrstrecke zur Arbeit vor oder denken Sie an eine Strecke, die Sie gut kennen bzw. häufig befahren.

Kennen Sie aus Ihrer Fahrerfahrung ein Beispiel einer Kreuzung oder Einmündung, die Ihnen besonders gefährlich erscheint?
Im Folgenden haben Sie die Möglichkeit die Kreuzung/Einmündung zu nennen und zu beschreiben, weshalb diese für Sie gefährlich ist.

Wo befindet sich die von Ihnen als gefährlich eingeschätzte Kreuzung/Einmündung? Aus welcher Fahrtrichtung erscheint Ihnen die Kreuzung/Einmündung als gefährlich? Bitte geben Sie den Ort und die Straßennamen an. *

Falls Ihnen die Straßennamen dieser Kreuzung oder Einmündung nicht geläufig sind, so beschreiben Sie die Lage der Kreuzung oder Einmündung bitte möglichst genau.

Für welche Verkehrsteilnehmer empfinden Sie diese Kreuzung/Einmündung als besonders gefährlich? *

- PKW
- Motorradfahrer
- Fahrradfahrer
- Fußgänger

Welche Art von Konflikten macht für Sie die genannte Kreuzung/Einmündung besonders gefährlich?

Falls der Konflikt-Typ, der Ihrer Situation entspricht, nicht in der Liste enthalten ist, so können Sie die Beschreibung im letzten Punkt ergänzen

- kreuzende Fahrzeuge von links
- Fußgänger oder Radfahrer auf dem Fuß- bzw. Radweg vor der Kreuzung/Einmündung von links
- Fußgänger oder Radfahrer auf dem Fuß- bzw. Radweg hinter der Kreuzung/Einmündung von links
- kreuzende Fahrzeuge von rechts
- Fußgänger oder Radfahrer auf dem Fuß- bzw. Radweg vor der Kreuzung/Einmündung von rechts
- Fußgänger oder Radfahrer auf dem Fuß- bzw. Radweg hinter der Kreuzung/Einmündung von rechts
- entgegenkommende Fahrzeuge beim Linksabbiegen
- Fußgänger oder Radfahrer, die sich auf dem linken Fuß- bzw. Radweg in gleicher Richtung bewegen, beim Linksabbiegen
- Fußgänger oder Radfahrer, die sich auf dem linken Fuß- bzw. Radweg in entgegengesetzter Richtung bewegen, beim Linksabbiegen
- Fußgänger oder Radfahrer, die sich auf dem rechten Fuß- bzw. Radweg in gleicher Richtung bewegen, beim Rechtsabbiegen
- Fußgänger oder Radfahrer, die sich auf dem rechten Fuß- bzw. Radweg in entgegengesetzter Richtung bewegen, beim Rechtsabbiegen
-

Fragebogenteil Unfallfahrerfahrung:



Verkehrssicherheit an Kreuzungen und Einmündungen

Zum Abschluss des Fragebogens geben Sie bitte noch Auskunft zu Ihren Erfahrungen mit Verkehrsunfällen.

Waren Sie bisher an einem oder mehreren Verkehrsunfällen beteiligt? *

Als Unfallbeteiligter zählen Sie sowohl als Fahrer, als auch als Mitfahrer in Fahrzeugen oder Fußgänger, die in einen Unfall verwickelt gewesen sind.

ja, einer

ja, mehrere

nein

Geschah dieser Unfall an einer Kreuzung, Einmündung oder einem Kreisverkehr?

Ja

Nein

Haben Sie diesen Unfall selbst verschuldet?

Ja

Nein

Schuldfrage ist noch nicht geklärt

In welcher Art waren Sie an diesem Unfall beteiligt?

als PKW- oder LKW-Fahrer

als Mitfahrer eines PKW oder LKW

als Motorrad-Fahrer

als Aufsasse eines Motorrades

als Radfahrer

als Fußgänger

Anhang 8 Ergebnisse der Beurteilung von vorgegebenen Knotenpunkttypen mit Unfallhäufung

Situation A.....	256
Situation B.....	259
Situation C.....	262
Situation D.....	265
Situation E.....	268
Situation F.....	271

Situation A - Linksabbiegen an einer lichtsignalgeregelten Kreuzung mit separater Linksabbiegerphase



Einschätzung von Gefahrensituationen:

Anzahl Probanden	erwartete Gefahrensituation						
95	KUG 11	KUG 12	KUG 13	KUG 31	KUG 41	KUG 32	KUG 42
gesamt	41,1%	62,1%	63,2%	10,5%	11,6%	34,7%	33,7%
jung [n=22]	45,5%	54,5%	50,0%	22,7%	13,6%	40,9%	31,8%
erfahren [n=73]	39,7%	64,4%	67,1%	6,8%	11,0%	32,9%	34,2%
männlich [n=63]	38,1%	57,1%	61,9%	11,1%	11,1%	36,5%	38,1%
weiblich [n=32]	46,9%	71,9%	65,6%	9,4%	12,5%	31,3%	25,0%
Unfallbeteiligung [n=59]	42,4%	76,3%	69,5%	6,8%	10,2%	39,0%	42,4%
mit Unfall [n=39]	43,6%	76,9%	76,9%	5,1%	10,3%	35,9%	43,6%
ohne Unfall [n=20]	40,0%	75,0%	55,0%	10,0%	10,0%	45,0%	40,0%

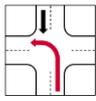
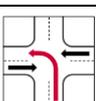
Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt					
95	Art der Vorfahrtsregelung (LSA)	hohes Verkehrsaufkommen	Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Einsehbarkeit in die kreuzenden Straßen	kreuzender Radfahrer oder Fußgänger	Radfahrer oder Fußgänger in paralleler Richtung
gesamt	10,5%	49,5%	22,1%	26,3%	24,2%	60,0%
jung [n=22]	0,0%	59,1%	22,7%	36,4%	22,7%	40,9%
erfahren [n=73]	13,7%	46,6%	21,9%	23,3%	24,7%	65,8%
männlich [n=63]	9,5%	42,9%	23,8%	25,4%	19,0%	55,6%
weiblich [n=32]	12,5%	62,5%	18,8%	28,1%	34,4%	68,8%
Unfallbeteiligung [n=59]	15,3%	55,9%	20,3%	27,1%	30,5%	72,9%
mit Unfall [n=39]	12,8%	59,0%	20,5%	30,8%	30,8%	71,8%
ohne Unfall [n=20]	20,0%	50,0%	20,0%	20,0%	30,0%	75,0%

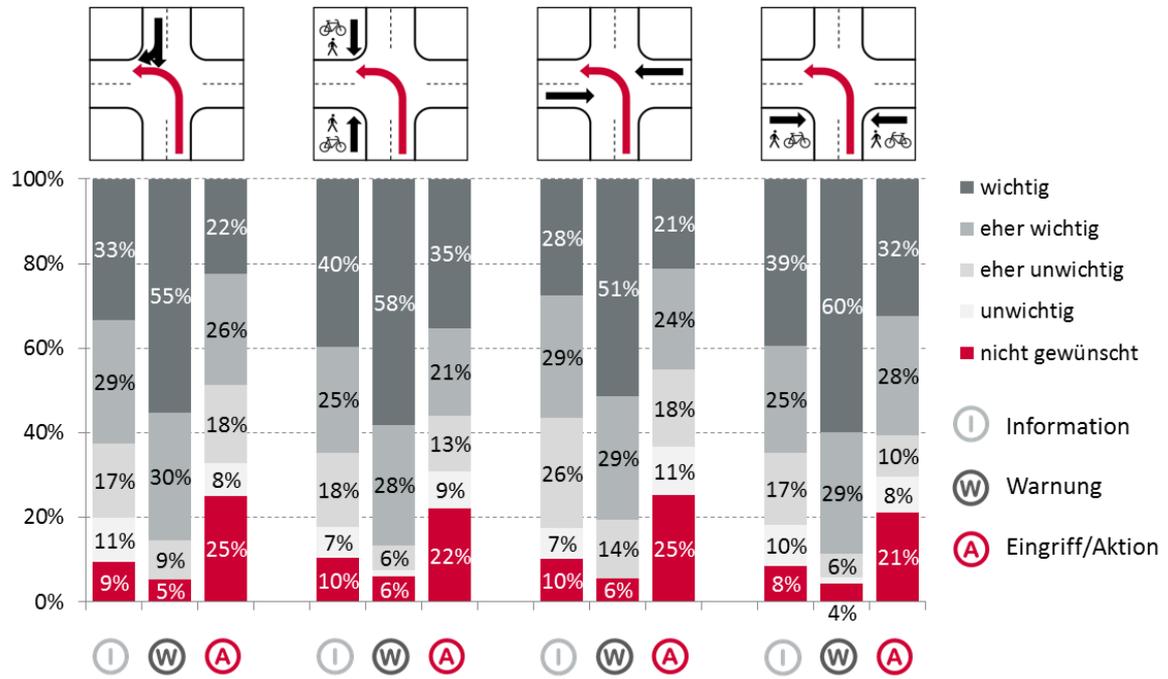
Änderungswünsche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	infrastrukturelle Änderungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit					
95	Änderung Verkehrsregelung	Änderung Geschwindigkeit	Anpassung Fahrbahnmarkierung	bauliche Änderung Fahrbahnbreite	Umbau zum Kreisverkehr	Verkehrsüberwachung
gesamt	3,2%	16,8%	66,3%	10,5%	43,2%	16,8%
jung [n=22]	4,5%	27,3%	54,5%	9,1%	27,3%	27,3%
erfahren [n=73]	2,7%	13,7%	69,9%	11,0%	47,9%	13,7%
männlich [n=63]	3,2%	11,1%	63,5%	11,1%	38,1%	11,1%
weiblich [n=32]	3,1%	28,1%	71,9%	9,4%	53,1%	28,1%
Unfallbeteiligung [n=59]	5,1%	15,3%	83,1%	15,3%	49,2%	15,3%
mit Unfall [n=39]	7,7%	15,4%	89,7%	10,3%	48,7%	15,4%
ohne Unfall [n=20]	0,0%	15,0%	70,0%	25,0%	50,0%	15,0%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

Anzahl Probanden	Art der Assistenz	Wichtigkeit der Assistenzfunktion						
		mit Angabe					ohne Angabe	
		nicht gewünscht	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig		
95		Information	9,3%	10,7%	17,3%	29,3%	33,3%	21,1%
		Warnung	5,3%	0,0%	9,2%	30,3%	55,3%	20,0%
		Aktion/Eingriff	25,0%	7,9%	18,4%	26,3%	22,4%	20,0%
Radfahrer & Fußgänger in paralleler Fahrtrichtung		Information	10,3%	7,4%	17,6%	25,0%	39,7%	28,4%
		Warnung	6,0%	1,5%	6,0%	28,4%	58,2%	29,5%
		Aktion/Eingriff	22,1%	8,8%	13,2%	20,6%	35,3%	28,4%
kreuzende Fahrzeuge		Information	10,1%	7,2%	26,1%	29,0%	27,5%	27,4%
		Warnung	5,6%	0,0%	13,9%	29,2%	51,4%	24,2%
		Aktion/Eingriff	25,4%	11,3%	18,3%	23,9%	21,1%	25,3%
kreuzende Radfahrer & Fußgänger		Information	8,5%	9,9%	16,9%	25,4%	39,4%	25,3%
		Warnung	4,3%	1,4%	5,7%	28,6%	60,0%	26,3%
		Aktion/Eingriff	21,1%	8,5%	9,9%	28,2%	32,4%	25,3%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:



Situation B - Rechtseinbiegen aus einer wartepflichtigen Einmündung mit Radüberweg



Einschätzung von Gefahrensituationen:

Anzahl Probanden	erwartete Gefahrensituation				
75	KUG 22	KUG 23	KUG 41	KUG 32	KUG 42
gesamt	25,3%	56,0%	56,0%	61,3%	38,7%
jung [n=22]	31,8%	59,1%	59,1%	54,5%	54,5%
erfahren [n=53]	22,6%	54,7%	54,7%	64,2%	32,1%
männlich [n=58]	22,4%	53,4%	56,9%	60,3%	36,2%
weiblich [n=17]	35,3%	64,7%	52,9%	64,7%	47,1%
Unfallbeteiligung [n=56]	32,1%	66,1%	62,5%	67,9%	41,1%
mit Unfall [n=35]	31,4%	68,6%	68,6%	62,9%	40,0%
ohne Unfall [n=21]	33,3%	61,9%	52,4%	76,2%	42,9%

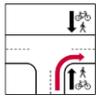
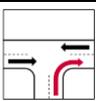
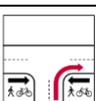
Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt					
75	Art der Vorfahrtsregelung (Vorfahrtschild)	hohes Verkehrsaufkommen	Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Einsehbarkeit in die kreuzenden Straßen	kreuzender Radfahrer oder Fußgänger	Radfahrer oder Fußgänger in paralleler Richtung
gesamt	6,7%	8,0%	30,7%	77,3%	56,0%	17,3%
jung [n=22]	4,5%	18,2%	31,8%	86,4%	59,1%	13,6%
erfahren [n=53]	7,5%	3,8%	30,2%	73,6%	54,7%	18,9%
männlich [n=58]	8,6%	8,6%	36,2%	72,4%	56,9%	15,5%
weiblich [n=17]	0,0%	5,9%	11,8%	94,1%	52,9%	23,5%
Unfallbeteiligung [n=56]	7,1%	8,9%	35,7%	87,5%	64,3%	23,2%
mit Unfall [n=35]	11,4%	2,9%	37,1%	91,4%	57,1%	20,0%
ohne Unfall [n=21]	0,0%	19,0%	33,3%	81,0%	76,2%	28,6%

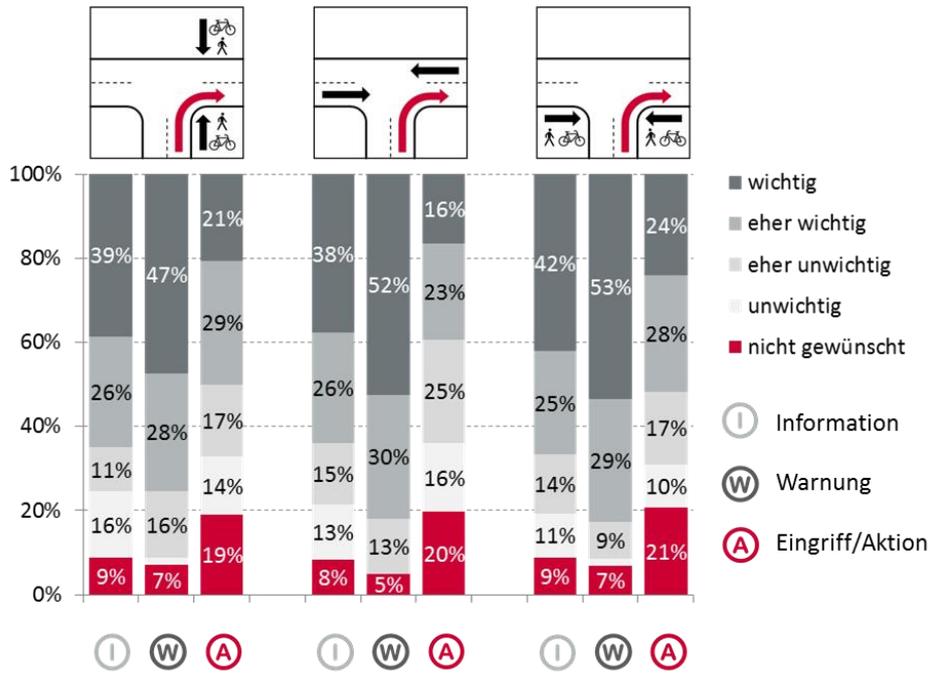
Änderungswünsche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	infrastrukturelle Änderungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit					
75	Änderung Verkehrsregelung	Anpassung Fahrbahnmarkierung	bauliche Änderung Fahrbahnbreite	Errichtung Parkverbot	bauliche Änderung Mittelinsel	Umbau zum Kreisverkehr
gesamt	45,3%	34,7%	8,0%	48,0%	9,3%	16,0%
jung [n=22]	54,5%	45,5%	9,1%	40,9%	18,2%	13,6%
erfahren [n=53]	41,5%	30,2%	7,5%	50,9%	5,7%	17,0%
männlich [n=58]	34,5%	32,8%	8,6%	44,8%	8,6%	19,0%
weiblich [n=17]	82,4%	41,2%	5,9%	58,8%	11,8%	5,9%
Unfallbeteiligung [n=56]	53,6%	37,5%	10,7%	55,4%	12,5%	21,4%
mit Unfall [n=35]	45,7%	34,3%	14,3%	54,3%	11,4%	25,7%
ohne Unfall [n=21]	66,7%	42,9%	4,8%	57,1%	14,3%	14,3%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

Anzahl Probanden	Art der Assistenz	Wichtigkeit der Assistenzfunktion						
		mit Angabe					ohne Angabe	
		nicht gewünscht	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig		
75		Information	8,8%	15,8%	10,5%	26,3%	38,6%	24,0%
		Warnung	7,0%	1,8%	15,8%	28,1%	47,4%	24,0%
		Aktion/Eingriff	19,0%	13,8%	17,2%	29,3%	20,7%	22,7%
kreuzende Fahrzeuge		Information	8,2%	13,1%	14,8%	26,2%	37,7%	18,7%
		Warnung	4,9%	0,0%	13,1%	29,5%	52,5%	18,7%
		Aktion/Eingriff	19,7%	16,4%	24,6%	23,0%	16,4%	18,7%
kreuzende Radfahrer & Fußgänger		Information	8,8%	10,5%	14,0%	24,6%	42,1%	24,0%
		Warnung	6,9%	1,7%	8,6%	29,3%	53,4%	22,7%
		Aktion/Eingriff	20,7%	10,3%	17,2%	27,6%	24,1%	22,7%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:



Situation C - Linkseinbiegen aus einer wartepflichtigen Einmündung mit Radüberweg



Einschätzung von Gefahrensituationen:

Anzahl Probanden	erwartete Gefahrensituation					
74						
	KUG 12	KUG 13	KUG 31	KUG 41	KUG 32	KUG 42
gesamt	39,2%	35,1%	50,0%	55,4%	45,9%	40,5%
jung [n=12]	16,7%	50,0%	41,7%	66,7%	33,3%	50,0%
erfahren [n=62]	43,5%	32,3%	51,6%	53,2%	48,4%	38,7%
männlich [n=50]	46,0%	32,0%	50,0%	56,0%	44,0%	46,0%
weiblich [n=24]	25,0%	41,7%	50,0%	54,2%	50,0%	29,2%
Unfallbeteiligung [n=62]	40,3%	37,1%	51,6%	56,5%	48,4%	37,1%
mit Unfall [n=34]	38,2%	35,3%	52,9%	55,9%	41,2%	47,1%
ohne Unfall [n=28]	42,9%	39,3%	50,0%	57,1%	57,1%	25,0%

Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt					
74	Art der Vorfahrtsregelung (Vorfahrtschild)	hohes Verkehrsaufkommen	Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Einsehbarkeit in die kreuzenden Straßen	kreuzender Radfahrer oder Fußgänger	Radfahrer oder Fußgänger in paralleler Richtung
gesamt	1,4%	12,2%	28,4%	85,1%	51,4%	23,0%
jung [n=12]	0,0%	8,3%	33,3%	83,3%	41,7%	0,0%
erfahren [n=62]	1,6%	12,9%	27,4%	85,5%	53,2%	27,4%
männlich [n=50]	0,0%	8,0%	34,0%	84,0%	52,0%	24,0%
weiblich [n=24]	4,2%	20,8%	16,7%	87,5%	50,0%	20,8%
Unfallbeteiligung [n=62]	1,6%	11,3%	32,3%	90,3%	54,8%	25,8%
mit Unfall [n=34]	0,0%	11,8%	38,2%	91,2%	58,8%	26,5%
ohne Unfall [n=28]	3,6%	10,7%	25,0%	89,3%	50,0%	25,0%

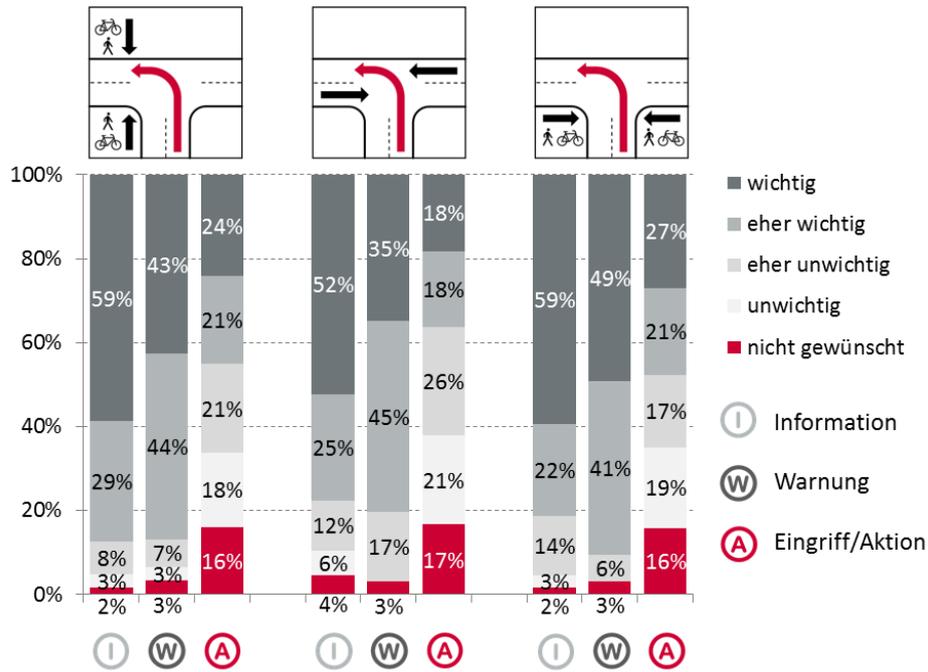
Änderungswünsche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	infrastrukturelle Änderungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit							
74	Änderung Verkehrsregelung	Änderung Geschwindigkeit	Anpassung Fahrbahnmarkierung	bauliche Änderung Fahrbahnbreite	Errichtung Parkverbot	bauliche Änderung Mittelinsel	Umbau zum Kreisverkehr	Verkehrsüberwachung
gesamt	39,2%	1,4%	36,5%	9,5%	62,2%	6,8%	23,0%	1,4%
jung [n=12]	33,3%	0,0%	25,0%	0,0%	66,7%	25,0%	25,0%	0,0%
erfahren [n=62]	40,3%	1,6%	38,7%	11,3%	61,3%	3,2%	22,6%	1,6%
männlich [n=50]	38,0%	2,0%	36,0%	10,0%	64,0%	4,0%	26,0%	2,0%
weiblich [n=24]	41,7%	0,0%	37,5%	8,3%	58,3%	12,5%	16,7%	0,0%
Unfallbeteiligung [n=62]	43,5%	1,6%	38,7%	9,7%	69,4%	6,5%	24,2%	1,6%
mit Unfall [n=34]	41,2%	2,9%	38,2%	8,8%	73,5%	11,8%	20,6%	2,9%
ohne Unfall [n=28]	46,4%	0,0%	39,3%	10,7%	64,3%	0,0%	28,6%	0,0%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

Anzahl Probanden	Art der Assistenz		Wichtigkeit der Assistenzfunktion					ohne Angabe
74			mit Angabe					
			nicht gewünscht	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	
Radfahrer & Fußgänger in paralleler Fahrtrichtung		Information	1,6%	3,2%	7,9%	28,6%	58,7%	14,9%
		Warnung	3,3%	3,3%	6,6%	44,3%	42,6%	17,6%
		Aktion/Eingriff	16,1%	17,7%	21,0%	21,0%	24,2%	16,2%
kreuzende Fahrzeuge		Information	4,5%	6,0%	11,9%	25,4%	52,2%	9,5%
		Warnung	3,0%	0,0%	16,7%	45,5%	34,8%	10,8%
		Aktion/Eingriff	16,7%	21,2%	25,8%	18,2%	18,2%	10,8%
kreuzende Radfahrer & Fußgänger		Information	1,6%	3,1%	14,1%	21,9%	59,4%	13,5%
		Warnung	3,2%	0,0%	6,3%	41,3%	49,2%	14,9%
		Aktion/Eingriff	15,9%	19,0%	17,5%	20,6%	27,0%	14,9%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:



Situation D - Geradeausfahren an einer „rechts vor links“-geregelten Kreuzung



Einschätzung von Gefahrensituationen:

Anzahl Probanden	erwartete Gefahrensituation				
69	KUG 31	KUG 41	KUG 32	KUG 42	KUG 51
gesamt	72,5%	65,2%	44,9%	71,0%	8,7%
jung [n=18]	72,2%	61,1%	38,9%	72,2%	5,6%
erfahren [n=51]	72,5%	66,7%	47,1%	70,6%	9,8%
männlich [n=44]	70,5%	65,9%	43,2%	77,3%	4,5%
weiblich [n=25]	76,0%	64,0%	48,0%	60,0%	16,0%
Unfallbeteiligung [n=59]	72,9%	69,5%	47,5%	76,3%	8,5%
mit Unfall [n=38]	76,3%	65,8%	52,6%	81,6%	5,3%
ohne Unfall [n=21]	66,7%	76,2%	38,1%	66,7%	14,3%

Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt				
69	Art der Vorfahrtsregelung (rechts vor links)	hohes Verkehrsaufkommen	Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Einsehbarkeit in die kreuzenden Straßen	kreuzender Radfahrer oder Fußgänger
gesamt	26,1%	8,7%	31,9%	91,3%	36,2%
jung [n=18]	33,3%	11,1%	38,9%	94,4%	38,9%
männlich [n=63]	9,5%	42,9%	23,8%	25,4%	19,0%
männlich [n=44]	27,3%	6,8%	25,0%	97,7%	40,9%
weiblich [n=25]	24,0%	12,0%	44,0%	80,0%	28,0%
Unfallbeteiligung [n=59]	27,1%	8,5%	32,2%	93,2%	39,0%
mit Unfall [n=38]	28,9%	7,9%	28,9%	100,0%	42,1%
ohne Unfall [n=21]	23,8%	9,5%	38,1%	81,0%	33,3%

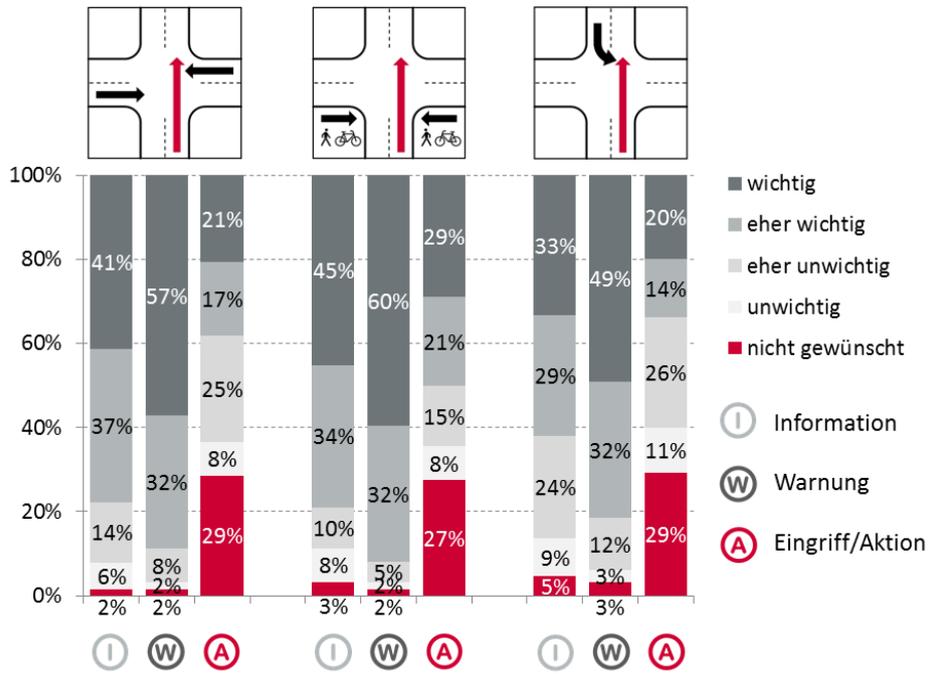
Änderungswünsche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	infrastrukturelle Änderungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit							
	Änderung Verkehrsregelung	Änderung Geschwindigkeit	Anpassung Fahrbahnmarkierung	bauliche Änderung Fahrbahnbreite	Errichtung Parkverbot	bauliche Änderung Mittelinsel	Umbau zum Kreisverkehr	Verkehrsüberwachung
74								
gesamt	39,2%	1,4%	36,5%	9,5%	62,2%	6,8%	23,0%	1,4%
jung [n=12]	33,3%	0,0%	25,0%	0,0%	66,7%	25,0%	25,0%	0,0%
erfahren [n=62]	40,3%	1,6%	38,7%	11,3%	61,3%	3,2%	22,6%	1,6%
männlich [n=50]	38,0%	2,0%	36,0%	10,0%	64,0%	4,0%	26,0%	2,0%
weiblich [n=24]	41,7%	0,0%	37,5%	8,3%	58,3%	12,5%	16,7%	0,0%
Unfallbeteiligung [n=62]	43,5%	1,6%	38,7%	9,7%	69,4%	6,5%	24,2%	1,6%
mit Unfall [n=34]	41,2%	2,9%	38,2%	8,8%	73,5%	11,8%	20,6%	2,9%
ohne Unfall [n=28]	46,4%	0,0%	39,3%	10,7%	64,3%	0,0%	28,6%	0,0%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

Anzahl Probanden	Art der Assistenz	Wichtigkeit der Assistenzfunktion						ohne Angabe
		mit Angabe						
		nicht gewünscht	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig		
69		Information	1,6%	6,3%	14,3%	36,5%	41,3%	8,7%
		Warnung	1,6%	1,6%	7,9%	31,7%	57,1%	8,7%
		Aktion/Eingriff	28,6%	7,9%	25,4%	17,5%	20,6%	8,7%
kreuzende Radfahrer & Fußgänger		Information	3,2%	8,1%	9,7%	33,9%	45,2%	10,1%
		Warnung	1,6%	1,6%	4,8%	32,3%	59,7%	10,1%
		Aktion/Eingriff	27,4%	8,1%	14,5%	21,0%	29,0%	10,1%
entgegenkommende linksabbiegende Fahrzeuge		Information	4,5%	9,1%	24,2%	28,8%	33,3%	4,3%
		Warnung	3,1%	3,1%	12,3%	32,3%	49,2%	5,8%
		Aktion/Eingriff	29,2%	10,8%	26,2%	13,8%	20,0%	5,8%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:



Situation E - Linksabbiegen an einer lichtsignalgeregelten Kreuzung ohne separate Signalisierung für Linksabbieger



Einschätzung von Gefahrensituationen:

Anzahl Probanden	erwartete Gefahrensituation						
73	KUG 11	KUG 12	KUG 13	KUG 31	KUG 41	KUG 32	KUG 42
gesamt	60,3%	64,4%	76,7%	9,6%	12,3%	41,1%	27,4%
jung [n=22]	45,5%	59,1%	59,1%	9,1%	22,7%	40,9%	40,9%
erfahren [n=51]	66,7%	66,7%	84,3%	9,8%	7,8%	41,2%	21,6%
männlich [n=44]	61,4%	63,6%	81,8%	13,6%	11,4%	38,6%	22,7%
weiblich [n=29]	58,6%	65,5%	69,0%	3,4%	13,8%	44,8%	34,5%
Unfallbeteiligung [n=59]	65,6%	63,9%	77,0%	8,2%	9,8%	41,0%	26,2%
mit Unfall [n=37]	67,6%	62,2%	78,4%	8,1%	10,8%	48,6%	24,3%
ohne Unfall [n=24]	62,5%	66,7%	75,0%	8,3%	8,3%	29,2%	29,2%

Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt					
73	Art der Vorfahrtsregelung (LSA)	hohes Verkehrsaufkommen	Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Einsehbarkeit in die kreuzenden Straßen	kreuzender Radfahrer oder Fußgänger	Radfahrer oder Fußgänger in paralleler Richtung
gesamt	5,5%	21,9%	30,1%	78,1%	39,7%	60,3%
jung [n=22]	4,5%	22,7%	9,1%	81,8%	40,9%	40,9%
erfahren [n=51]	5,9%	21,6%	39,2%	76,5%	39,2%	68,6%
männlich [n=44]	2,3%	20,5%	31,8%	70,5%	34,1%	68,2%
weiblich [n=29]	10,3%	24,1%	27,6%	89,7%	48,3%	48,3%
Unfallbeteiligung [n=59]	4,9%	24,6%	29,5%	80,3%	41,0%	65,6%
mit Unfall [n=37]	5,4%	24,3%	32,4%	83,8%	43,2%	67,6%
ohne Unfall [n=24]	4,2%	25,0%	25,0%	75,0%	37,5%	62,5%

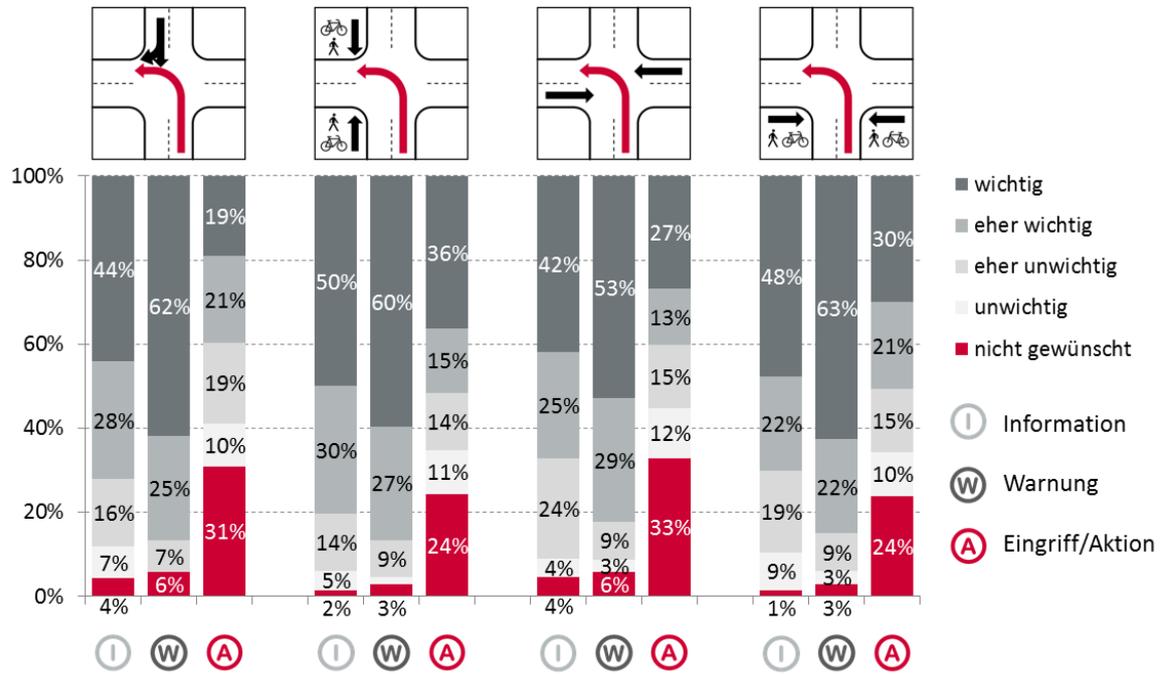
Änderungswünsche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	infrastrukturelle Änderungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit							
69	Änderung Verkehrsregelung	Änderung Geschwindigkeit	Anpassung Fahrbahnmarkierung	bauliche Änderung Fahrbahnbreite	Errichtung Parkverbot	bauliche Änderung Mittelinsel	Umbau zum Kreisverkehr	Verkehrsüberwachung
gesamt	42,0%	4,3%	56,5%	4,3%	75,4%	0,0%	27,5%	4,3%
jung [n=18]	22,2%	11,1%	61,1%	5,6%	66,7%	0,0%	27,8%	11,1%
erfahren [n=51]	49,0%	2,0%	54,9%	3,9%	78,4%	0,0%	27,5%	2,0%
männlich [n=44]	45,5%	4,5%	56,8%	6,8%	75,0%	0,0%	27,3%	4,5%
weiblich [n=25]	36,0%	4,0%	56,0%	0,0%	76,0%	0,0%	28,0%	4,0%
Unfallbeteiligung [n=59]	42,4%	3,4%	59,3%	5,1%	83,1%	0,0%	28,8%	3,4%
mit Unfall [n=38]	34,2%	2,6%	65,8%	5,3%	78,9%	0,0%	34,2%	2,6%
ohne Unfall [n=21]	57,1%	4,8%	47,6%	4,8%	90,5%	0,0%	19,0%	4,8%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

Anzahl Probanden	Art der Assistenz		Wichtigkeit der Assistenzfunktion					ohne Angabe
73			mit Angabe					
			nicht gewünscht	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	
entgegenkommende Fahrzeuge		Information	4,4%	7,4%	16,2%	27,9%	44,1%	6,8%
		Warnung	5,9%	0,0%	7,4%	25,0%	61,8%	6,8%
		Aktion/Eingriff	30,9%	10,3%	19,1%	20,6%	19,1%	6,8%
Radfahrer & Fußgänger in paralleler Fahrtrichtung		Information	1,5%	4,5%	13,6%	30,3%	50,0%	9,6%
		Warnung	3,0%	1,5%	9,0%	26,9%	59,7%	8,2%
		Aktion/Eingriff	24,2%	10,6%	13,6%	15,2%	36,4%	9,6%
kreuzende Fahrzeuge		Information	4,5%	4,5%	23,9%	25,4%	41,8%	8,2%
		Warnung	5,9%	2,9%	8,8%	29,4%	52,9%	6,8%
		Aktion/Eingriff	32,8%	11,9%	14,9%	13,4%	26,9%	8,2%
kreuzende Radfahrer & Fußgänger		Information	1,5%	9,0%	19,4%	22,4%	47,8%	8,2%
		Warnung	3,0%	3,0%	9,0%	22,4%	62,7%	8,2%
		Aktion/Eingriff	23,9%	10,4%	14,9%	20,9%	29,9%	8,2%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:



Situation F - Rechtsabbiegen an einer lichtsignalgeregelten Kreuzung ohne separate Signalisierung für Linksabbieger



Einschätzung von Gefahrensituationen:

Anzahl Probanden	erwartete Gefahrensituation				
80	KUG 22	KUG 23	KUG 41	KUG 32	KUG 42
gesamt	60,0%	81,3%	17,5%	57,5%	41,3%
jung [n=27]	70,4%	77,8%	22,2%	63,0%	37,0%
erfahren [n=53]	54,7%	83,0%	15,1%	54,7%	43,4%
männlich [n=52]	59,6%	80,8%	17,3%	59,6%	38,5%
weiblich [n=28]	60,7%	82,1%	17,9%	53,6%	46,4%
Unfallbeteiligung [n=63]	63,5%	82,5%	15,9%	57,1%	41,3%
mit Unfall [n=35]	60,0%	82,9%	11,4%	51,4%	40,0%
ohne Unfall [n=28]	67,9%	82,1%	21,4%	64,3%	42,9%

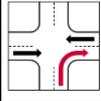
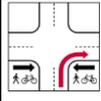
Einflussfaktoren auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Fahrmanövers am Knotenpunkt					
80	Art der Vorfahrtsregelung (LSA)	hohes Verkehrsaufkommen	Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Einsehbarkeit in die kreuzenden Straßen	kreuzender Radfahrer oder Fußgänger	Radfahrer oder Fußgänger in paralleler Richtung
gesamt	6,3%	12,5%	18,8%	80,0%	27,5%	70,0%
jung [n=27]	7,4%	18,5%	22,2%	81,5%	18,5%	66,7%
erfahren [n=53]	5,7%	9,4%	17,0%	79,2%	32,1%	71,7%
männlich [n=52]	3,8%	11,5%	19,2%	76,9%	25,0%	73,1%
weiblich [n=28]	10,7%	14,3%	17,9%	85,7%	32,1%	64,3%
Unfallbeteiligung [n=63]	4,8%	12,7%	19,0%	84,1%	25,4%	74,6%
mit Unfall [n=35]	8,6%	8,6%	14,3%	85,7%	25,7%	65,7%
ohne Unfall [n=28]	0,0%	17,9%	25,0%	82,1%	25,0%	85,7%

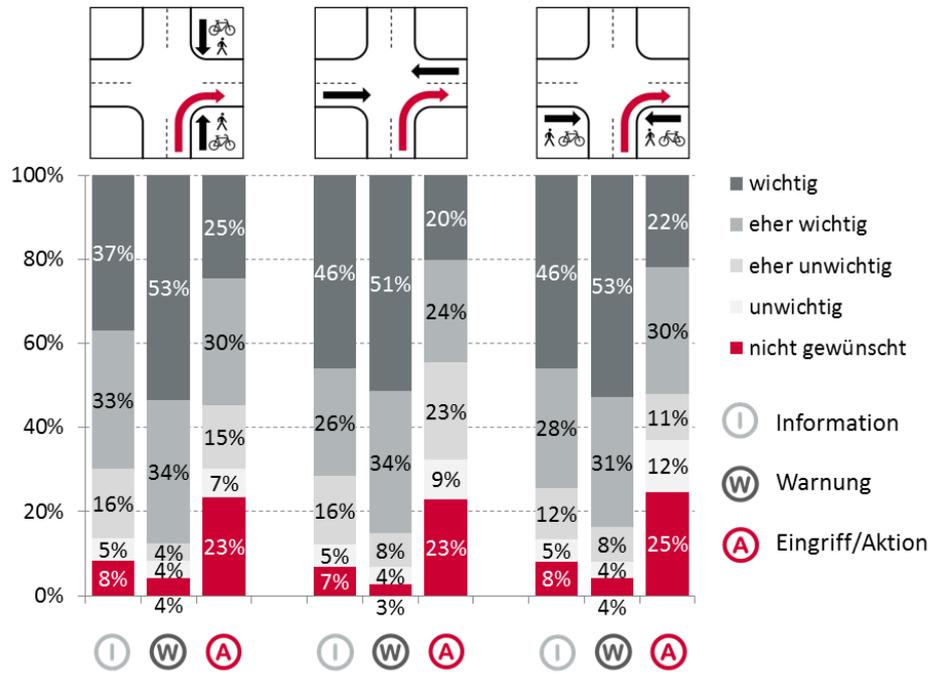
Änderungswünsche zur Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knotenpunkt:

Anzahl Probanden	infrastrukturelle Änderungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit							
	Änderung Verkehrsregelung	Änderung Geschwindigkeit	Anpassung Fahrbahnmarkierung	bauliche Änderung Fahrbahnbreite	Errichtung Parkverbot	bauliche Änderung Mittelinsel	Umbau zum Kreisverkehr	Verkehrsüberwachung
73								
gesamt	4,1%	27,4%	50,7%	15,1%	67,1%	4,1%	28,8%	27,4%
jung [n=22]	4,5%	40,9%	40,9%	9,1%	59,1%	4,5%	50,0%	40,9%
erfahren [n=51]	3,9%	21,6%	54,9%	17,6%	70,6%	3,9%	19,6%	21,6%
männlich [n=44]	4,5%	25,0%	50,0%	18,2%	65,9%	2,3%	27,3%	25,0%
weiblich [n=29]	3,4%	31,0%	51,7%	10,3%	69,0%	6,9%	31,0%	31,0%
Unfallbeteiligung [n=59]	4,9%	31,1%	52,5%	18,0%	70,5%	4,9%	32,8%	31,1%
mit Unfall [n=37]	2,7%	32,4%	45,9%	18,9%	70,3%	2,7%	32,4%	32,4%
ohne Unfall [n=24]	8,3%	29,2%	62,5%	16,7%	70,8%	8,3%	33,3%	29,2%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

Anzahl Probanden	Art der Assistenz	Wichtigkeit der Assistenzfunktion						ohne Angabe
		mit Angabe						
		nicht gewünscht	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig		
80		Information	8,2%	5,5%	16,4%	32,9%	37,0%	8,8%
		Warnung	4,1%	4,1%	4,1%	34,2%	53,4%	8,8%
		Aktion/Eingriff	23,3%	6,8%	15,1%	30,1%	24,7%	8,8%
		Information	6,8%	5,4%	16,2%	25,7%	45,9%	7,5%
		Warnung	2,7%	4,1%	8,1%	33,8%	51,4%	7,5%
		Aktion/Eingriff	23,0%	9,5%	23,0%	24,3%	20,3%	7,5%
		Information	8,1%	5,4%	12,2%	28,4%	45,9%	7,5%
		Warnung	4,1%	4,1%	8,1%	31,1%	52,7%	7,5%
		Aktion/Eingriff	24,7%	12,3%	11,0%	30,1%	21,9%	8,8%

Beurteilung der Wichtigkeit verschiedener Assistenzfunktionen:

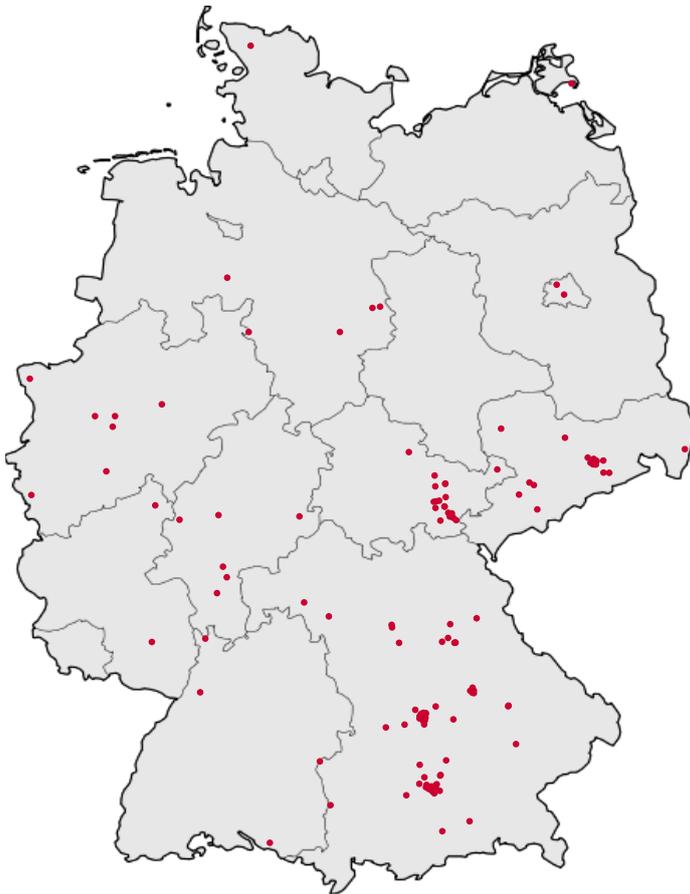


Anhang 9 Ergebnisse der Einschätzung von gefährlichen Knotenpunkten aus eigener Fahrerfahrung

Im Rahmen der Online-Umfrage wurden von 220 Teilnehmern insgesamt 189 verschiedene Knotenpunkte beschrieben, die sich aus Sicht des Verkehrsteilnehmers als gefährlich darstellen. Die folgenden Tabellen und Grafiken geben einen Überblick über die Verteilung der genannten Knotenpunkte.

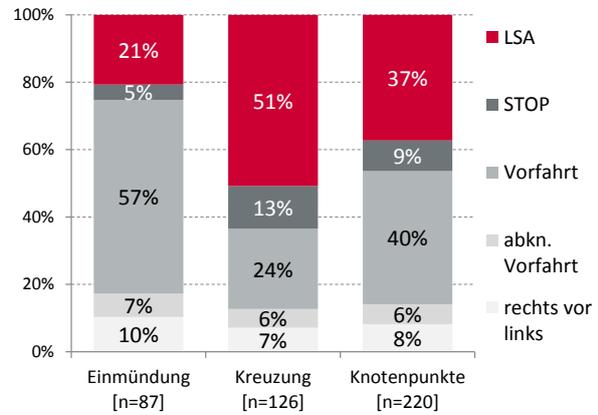
Wo befindet sich die von Ihnen als gefährlich eingeschätzte Kreuzung/Einmündung?

Geographische Lage des als gefährlich eingeschätzten Knotenpunktes:



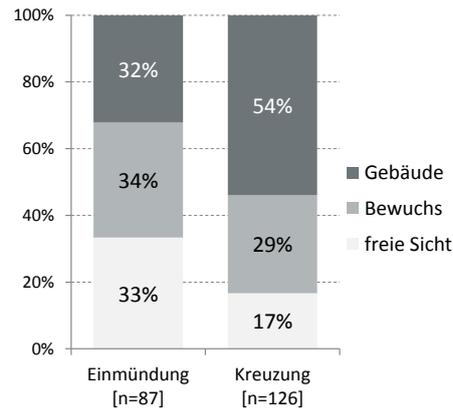
Ortslage und Vorfahrtsregelung:

	Knotenpunkttyp		
	Einmündung [n=87]	Kreuzung [n=126]	Knotenpunkte [n=220]
Vorfahrtsregelung			
LSA	20,7%	50,8%	37,3%
STOP	4,6%	12,7%	9,1%
Vorfahrt	57,5%	23,8%	39,5%
abkn. Vorfahrt	6,9%	5,6%	5,9%
rechts vor links	10,3%	7,1%	8,2%
Ortslage			
innerorts	70,1%	93,7%	84,0%
außerorts	29,9%	6,3%	16,0%



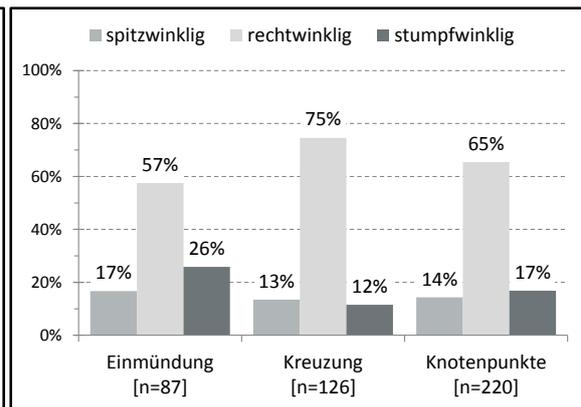
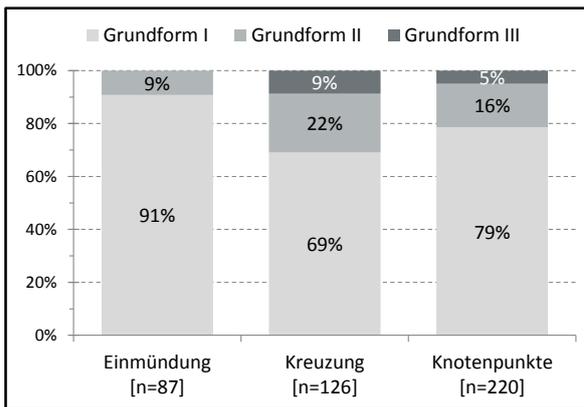
Umgebung und Übersichtlichkeit:

	Knotenpunkttyp		
	Einmündung [n=87]	Kreuzung [n=126]	Knotenpunkte [n=220]
Umgebung			
ebene Fläche	31,0%	13,5%	20,9%
Bewuchs	26,4%	15,9%	20,5%
Industriegebiet	8,0%	3,2%	5,0%
Wohngebiet	34,5%	67,5%	53,6%
Übersicht			
freie Sicht	33,3%	16,7%	23,5%
Bewuchs	34,5%	29,4%	31,5%
Gebäude	32,2%	54,0%	45,1%



Grundform und Winkellage:

	Knotenpunkttyp		
	Einmündung [n=87]	Kreuzung [n=126]	Knotenpunkte [n=220]
Grundform			
Grundform I	90,8%	69,0%	78,6%
Grundform II	9,2%	22,2%	16,4%
Grundform III	0,0%	8,7%	5,0%
Winkellage			
Hauptfahrbahn gerade	81,6%	90,1%	86,6%
Nebenfahrbahn spitzwinklig	14,4%	9,9%	11,7%
Nebenfahrbahn rechtwinklig	51,1%	71,4%	63,1%
Nebenfahrbahn stumpfwinklig	16,1%	8,7%	11,7%
Hauptfahrbahn verschwenkt	18,4%	9,5%	13,1%
Nebenfahrbahn spitzwinklig	2,3%	3,6%	3,1%
Nebenfahrbahn rechtwinklig	6,3%	3,2%	4,5%
Nebenfahrbahn stumpfwinklig	9,8%	2,8%	5,6%



Für welche Verkehrsteilnehmer empfinden Sie diese Kreuzung/Einmündung als besonders gefährlich?

Verteilung der von den Befragungsteilnehmern genannten Verkehrsteilnehmergruppen, für welche der Knotenpunkt nach Knotenpunkttyp und Vorfahrtsregelung:

gefährdete Verkehrsteilnehmer am Knotenpunkt	Einmündung			Kreuzung		
	LSA [n=18]	Schilderregelung [n=60]	Rechts vor Links [n=9]	LSA [n=64]	Schilderregelung [n=53]	Rechts vor Links [n=9]
Pkw	55,6%	80,0%	88,9%	53,1%	86,8%	66,7%
Motorradfahrer	33,3%	50,0%	44,4%	29,7%	66,0%	22,2%
Fahrradfahrer	72,2%	56,7%	55,6%	62,5%	66,0%	66,7%
Fußgänger	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Welche Art von Konflikten macht für Sie die genannte Kreuzung/Einmündung besonders gefährlich?

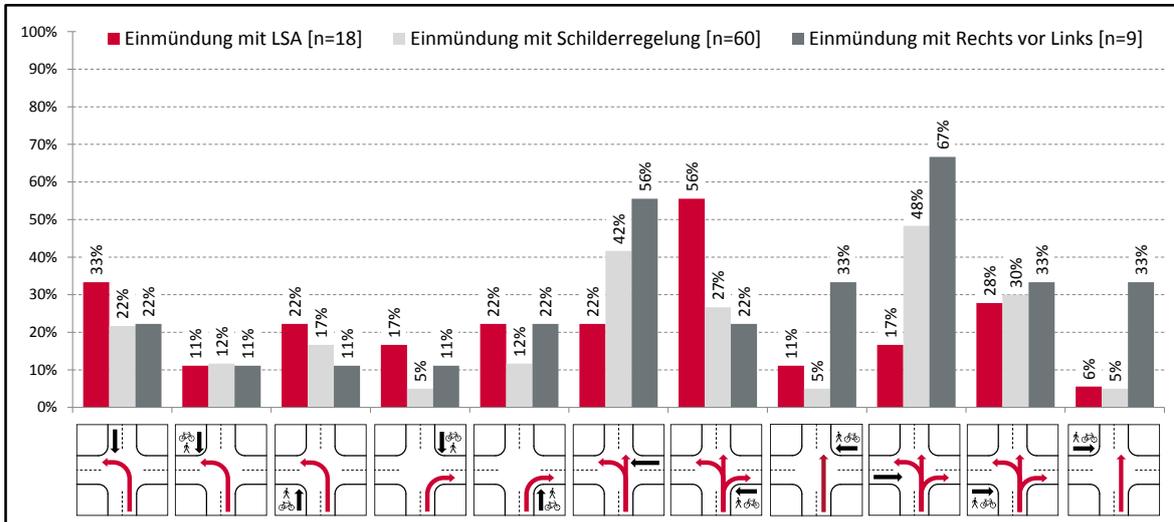
Knotenpunktart - Vorfahrtsregelung:

Verteilung der von den Befragungsteilnehmern genannten gefährlichen Konfliktkonstellationen nach Knotenpunkttyp und Vorfahrtsregelung:

Art Gefahr	Einmündung			Kreuzung		
	LSA [n=18]	Schilderregelung [n=60]	Rechts vor Links [n=9]	LSA [n=64]	Schilderregelung [n=53]	Rechts vor Links [n=9]
KUG 11	33,3%	21,7%	22,2%	28,1%	34,0%	0,0%
KUG 12	11,1%	11,7%	11,1%	20,3%	13,2%	33,3%
KUG 13	22,2%	16,7%	11,1%	18,8%	9,4%	33,3%
KUG 22	16,7%	5,0%	11,1%	18,8%	15,1%	33,3%
KUG 23	22,2%	11,7%	22,2%	37,5%	24,5%	33,3%
KUG 31	22,2%	41,7%	55,6%	15,6%	56,6%	77,8%
KUG 32	55,6%	26,7%	22,2%	10,9%	26,4%	55,6%
KUG 33	11,1%	5,0%	33,3%	14,1%	11,3%	44,4%
KUG 41	16,7%	48,3%	66,7%	23,4%	67,9%	77,8%
KUG 42	27,8%	30,0%	33,3%	14,1%	18,9%	55,6%
KUG 43	5,6%	5,0%	33,3%	18,8%	20,8%	33,3%

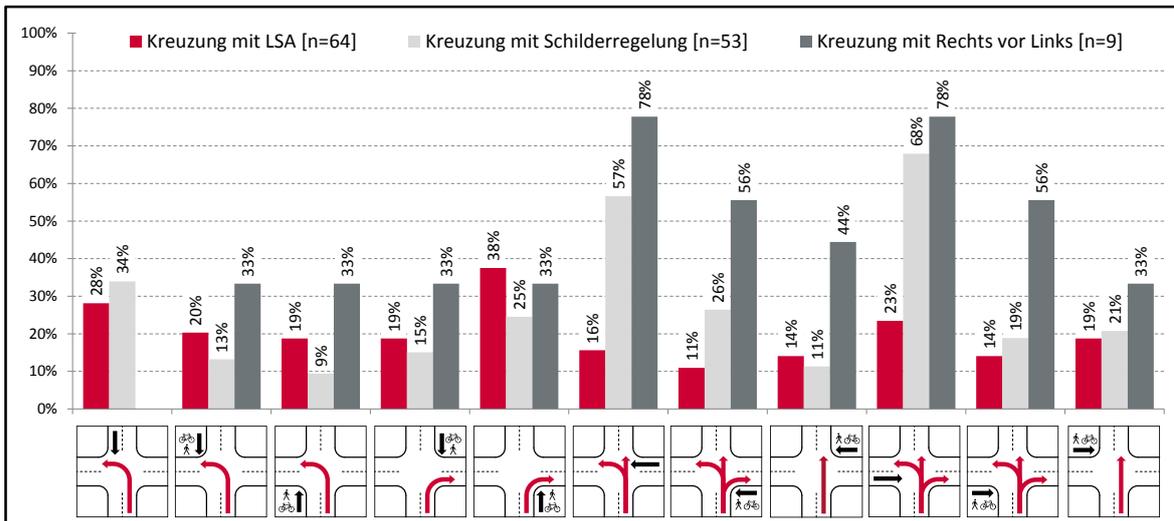
Einmündung - Vorfahrtsregelung:

Verteilung der von den Befragungsteilnehmern genannten gefährlichen Konfliktkonstellationen an Einmündungen nach Art der Vorfahrtsregelung:



Kreuzung - Vorfahrtsregelung:

Verteilung der von den Befragungsteilnehmern genannten gefährlichen Konfliktkonstellationen an Kreuzungen nach Art der Vorfahrtsregelung:



Knotenpunktart – Geschlecht und Fahrerfahrung:

Verteilung der von den Befragungsteilnehmern genannten gefährlichen Konfliktkonstellationen nach Knotenpunkttyp und Geschlecht bzw. Fahrerfahrung der Teilnehmer:

Art Gefahr	Einmündung		Kreuzung		Art Gefahr	Einmündung		Kreuzung	
	männlich [n=53]	weiblich [n=34]	männlich [n=86]	weiblich [n=40]		jung [n=12]	erfahren [n=75]	jung [n=29]	erfahren [n=97]
KUG 11	22,6%	26,5%	33,7%	17,5%	KUG 11	16,7%	25,3%	20,7%	30,9%
KUG 12	13,2%	8,8%	18,6%	17,5%	KUG 12	16,7%	10,7%	6,9%	21,6%
KUG 13	17,0%	17,6%	16,3%	15,0%	KUG 13	16,7%	17,3%	10,3%	17,5%
KUG 22	11,3%	2,9%	19,8%	15,0%	KUG 22	25,0%	5,3%	10,3%	20,6%
KUG 23	17,0%	11,8%	32,6%	30,0%	KUG 23	25,0%	13,3%	20,7%	35,1%
KUG 31	45,3%	29,4%	36,0%	40,0%	KUG 31	41,7%	38,7%	44,8%	35,1%
KUG 32	28,3%	38,2%	17,4%	27,5%	KUG 32	25,0%	33,3%	13,8%	22,7%
KUG 33	9,4%	8,8%	14,0%	17,5%	KUG 33	0,0%	10,7%	6,9%	17,5%
KUG 41	41,5%	47,1%	43,0%	52,5%	KUG 41	25,0%	46,7%	58,6%	42,3%
KUG 42	30,2%	29,4%	18,6%	20,0%	KUG 42	41,7%	28,0%	10,3%	21,6%
KUG 43	9,4%	5,9%	18,6%	25,0%	KUG 43	8,3%	8,0%	10,3%	23,7%

Welche Einflüsse rufen für Sie die besondere Gefährdung an der von Ihnen genannten Kreuzung/Einmündung hervor?

Die von den Befragungsteilnehmern beschrieben die Einflüsse auf die Gefährlichkeit des Knotenpunktes aus der eigenen Fahrerfahrung als Freitextantworten im Fragebogen. Diese Antworten wurden entsprechend den untersuchten Einflussfaktoren gruppiert und zusammengefasst:

Einfluss auf Gefahren am Knotenpunkt	Einmündung			Kreuzung			Kreuzung & Einmündung			gesamt [n=213]
	LSA [n=18]	Schilder- regelung [n=60]	Rechts vor Links [n=9]	LSA [n=64]	Schilder- regelung [n=53]	Rechts vor Links [n=9]	LSA [n=82]	Schilder- regelung [n=113]	Rechts vor Links [n=18]	
Vorfahrtsregelung	5,6%	8,3%	22,2%	1,6%	3,8%	11,1%	2,4%	6,2%	16,7%	5,6%
Verkehrsaufkommen	11,1%	10,0%	0,0%	4,7%	7,5%	11,1%	6,1%	8,8%	5,6%	7,5%
Geschwindigkeit	16,7%	20,0%	0,0%	7,8%	17,0%	22,2%	9,8%	18,6%	11,1%	14,6%
Sichtbarkeit	22,2%	36,7%	44,4%	15,6%	50,9%	33,3%	17,1%	43,4%	38,9%	32,9%
Fußgänger	11,1%	1,7%	0,0%	6,3%	7,5%	0,0%	7,3%	4,4%	0,0%	5,2%
Radfahrer	33,3%	15,0%	0,0%	18,8%	9,4%	11,1%	22,0%	12,4%	5,6%	15,5%

Anhang 10 Steckbriefe Knotenpunktunfallgruppen

Die Ergebnisse der Analysen der unterschiedlichen Untersuchungen sind in Form von Steckbriefen der einzelnen Knotenpunktunfallgruppen (KUG) zusammengefasst. Den Steckbriefen liegt dabei folgende Struktur zugrunde:

1											
2	Anteil am Knotenpunktunfallgeschehen mit Personenschaden										
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 30px; height: 20px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 10px;">3</div> <div style="flex-grow: 1; border: 1px dashed gray;"></div> </div> <p>davon innerorts: 4 außerorts:</p>										
Einmündung (E): 5 Kreuzung (K):											
Vorfahrtsregelung											
6											
Unfallkonstellation											
7											
Sichtbedingungen											
8											
Winkellage Knotenpunkt											
9											
Wahrnehmung Unfallgegner											
10											
Ursachen											
11											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Sichtverdeckung</td> <td style="width: 15%;">falscher Aufmerksamkeitsfokus</td> <td style="width: 15%;">Ablenkung & Unaufmerksamkeit</td> <td style="width: 15%;">Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit</td> <td style="width: 15%;">Missachtung Vorfahrtsregelung</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Sichtverdeckung	falscher Aufmerksamkeitsfokus	Ablenkung & Unaufmerksamkeit	Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit	Missachtung Vorfahrtsregelung					
Sichtverdeckung	falscher Aufmerksamkeitsfokus	Ablenkung & Unaufmerksamkeit	Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit	Missachtung Vorfahrtsregelung							
Einflussmöglichkeiten	Infrastruktur	Assistenz									
	Detektion des Gegenverkehrs										
	Detektion kreuzender Verkehrsteilnehmer										
	Ermittlung der passenden Zeitlücke		12								
	Erkennen der Vorfahrtssituation										
	Identifikation der Fahrtabsicht anderer										
	Erkennen der Abbiege- und Halteabsicht										
Missachtung Vorfahrtsregelung											
mögl. Maßnahmen	Infrastruktur		Assistenzwunsch								
	13		14								
	Information Warnung Eingriff		☒ nicht gewünscht ☐ unwichtig ☐ eher unwichtig ☐ eher wichtig ☐ wichtig								

Allgemeine Informationen zu den Steckbriefen:

- die dargestellten Ergebnisse und Verteilungen beziehen sich lediglich auf die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Datensätze, wobei folgende Einschränkungen zu beachten sind:
 - verwendete Unfalldaten der GIDAS-Unfalldatenbank im Zeitraum 07/1999 - 12/2011;
 - Beschränkung auf das gewählte Untersuchungsgebiet → siehe *Kapitel 3.3*;
 - Einschränkung der relevanten Unfallabläufe → siehe *Kapitel 4.3*;
 - Einschätzungen der Assistenzwünsche → siehe *Kapitel 5.3.2*
- alle genannten Zahlenwerte sind Prozentangaben
- für eine Hochrechnung der getroffenen Aussagen auf Gesamtdeutschland müssen die in *Kapitel 4.1.2* aufgeführten Randbedingungen berücksichtigt werden.

Erläuterung zu den Inhalten der einzelnen Bereiche der Steckbriefe:

- (1) Name und Beschreibung der jeweiligen Knotenpunktunfallgruppe (KUG)
- (2) Darstellung der prinzipiellen Konfliktsituation der KUG
- (3) Prozentualer Anteil der KUG am gesamten Knotenpunktunfallgeschehen
 - Grundlage: alle Unfälle an Einmündungen und Kreuzungen
- (4) Prozentuale Verteilung der Ortslage
 - Grundlage: alle Unfälle der KUG an Einmündungen und Kreuzungen
- (5) Prozentuale Verteilung der Art der Unfallstelle der Unfälle der KUG - Unterscheidung nach Einmündung (E) und Kreuzung (K)
 - Grundlage: alle Unfälle der KUG an Einmündungen und Kreuzungen
- (6) Prozentuale Verteilung der Vorfahrtsregelung der Unfälle der KUG - Unterscheidung nach:
 - Grundlage: alle Unfälle der KUG an Einmündungen und Kreuzungen
 - „E-LSA“ - Einmündung mit LSA-Regelung;
 - „E-Schild“ - Einmündung mit Schilderregelung;
 - „E-RvL“ - Einmündung mit „rechts vor links“-Regelung;
 - „K-LSA“ - Kreuzung mit LSA-Regelung;
 - „K-Schild“ - Kreuzung mit Schilderregelung;
 - „E-RvL“ - Kreuzung mit „rechts vor links“-Regelung
- (7) Prozentuale Verteilung der Beteiligtenkonstellation der Unfälle der KUG - Unterscheidung nach:
 - Grundlage: alle Unfälle der KUG an Einmündungen und Kreuzungen

Bei Kollisionen zwischen zwei Verkehrsteilnehmern auf der Fahrbahn (*KUG 11, KUG 31, KUG 41*):

- „Pkw - Pkw“ - Verursacher und Unfallgegner jeweils Pkw;
- „Pkw - Lkw/Bus“ - Unfallverursacher Pkw und Unfallgegner Lkw oder Bus;
- „Pkw - Krad“ - Unfallverursacher Pkw und Unfallgegner motorisiertes Zweirad;
- „Pkw/Lkw - Rad“ - Unfallverursacher Pkw oder Lkw und Unfallgegner Fahrrad;
- „Lkw/Bus - Pkw“ - Unfallverursacher Lkw oder Bus und Unfallgegner Pkw;

Bei Kollisionen zwischen einem Verkehrsteilnehmern auf der Fahrbahn und einem Fahrradfahrer oder Fußgänger vom Rad- oder Fußweg (*KUG 12 & 13, KUG 22 & 23, KUG 32 & 42, KUG 33 & 43*)

- „Pkw - Rad“ - Unfallverursacher Pkw und Unfallgegner Rad;
- „Lkw - Rad“ - Unfallverursacher Lkw und Unfallgegner Rad;
- „Pkw/Lkw - Fußgänger“ - Unfallverursacher Pkw oder Lkw und Unfallgegner Fußgänger;

(8) Prozentuale Verteilung der Sichtbedingungen in die relevante Richtung der Unfälle der KUG - Unterscheidung nach:

- Grundlage: alle Unfälle der KUG an Einmündungen und Kreuzungen
- „freie Sicht“ - keine Beeinträchtigung der Sicht in der Zufahrt zum Knotenpunkt durch Bebauung, Bewuchs oder parkende Fahrzeuge;
- „Gebäude“ - Beeinträchtigung der Sicht in die relevante benachbarte Zufahrt durch Bebauung im Seitenraum;
- „Bewuchs“ - Beeinträchtigung der Sicht in die relevante benachbarte Zufahrt durch Bewuchs im Seitenraum;
- „parkende Fzg.“ - Beeinträchtigung der Sicht in die relevante benachbarte Zufahrt durch parkende Fahrzeuge am Fahrbahnrand oder im Seitenraum;
- Für *KUG 11 - 13* und *KUG 41 - 43* werden die Sichtbedingungen in die linke benachbarte Zufahrt als relevant betrachtet;
- Für *KUG 22 & 23* und *KUG 31 - 33* werden die Sichtbedingungen in die rechte benachbarte Zufahrt als relevant betrachtet;

(9) Prozentuale Verteilung der Winkellage des Knotenpunktes der Unfälle der KUG

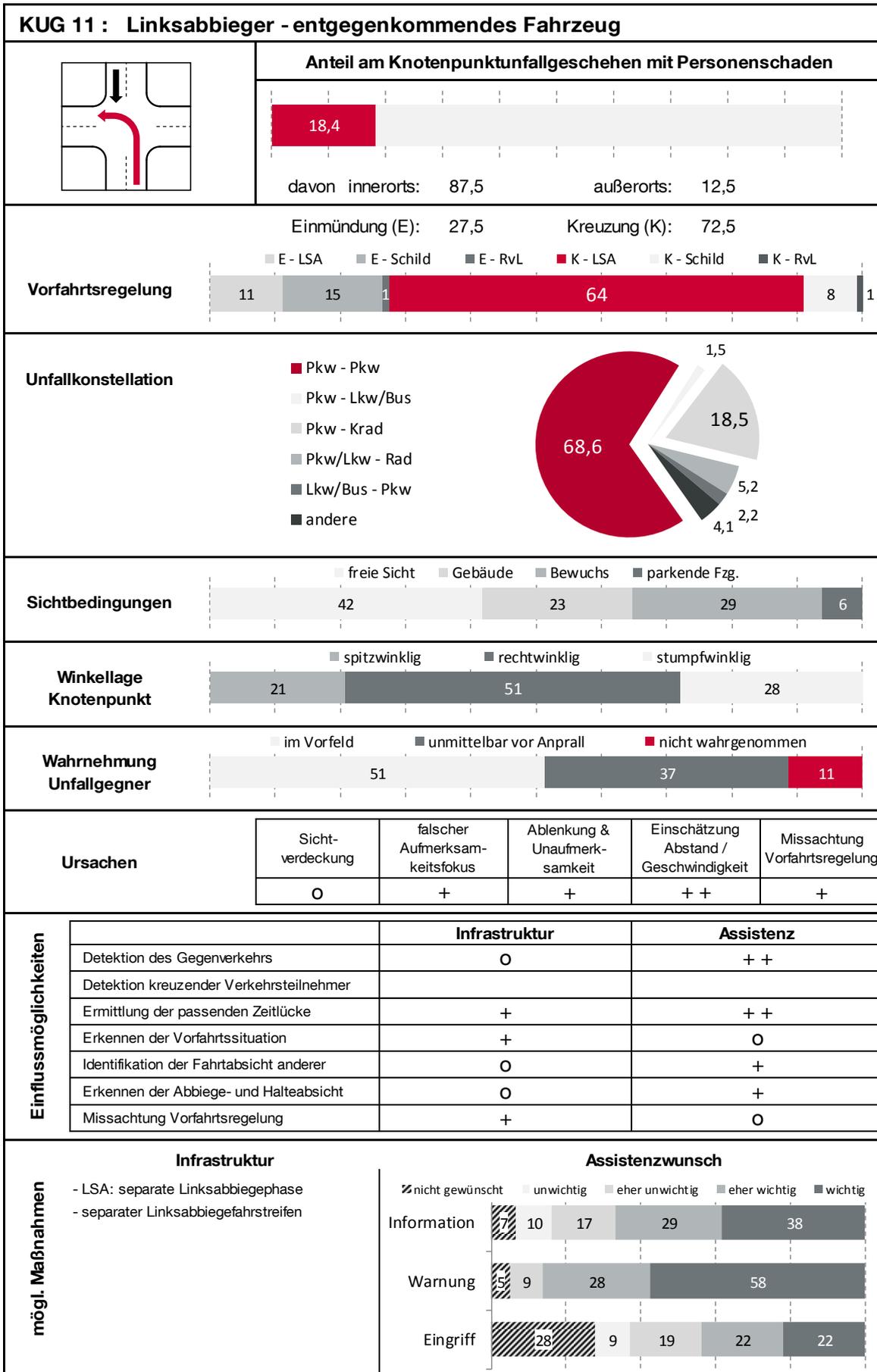
- Grundlage: alle Unfälle der KUG an Einmündungen und Kreuzungen, bei denen beide Beteiligte eine Zufahrt des Knotenpunktes genutzt haben

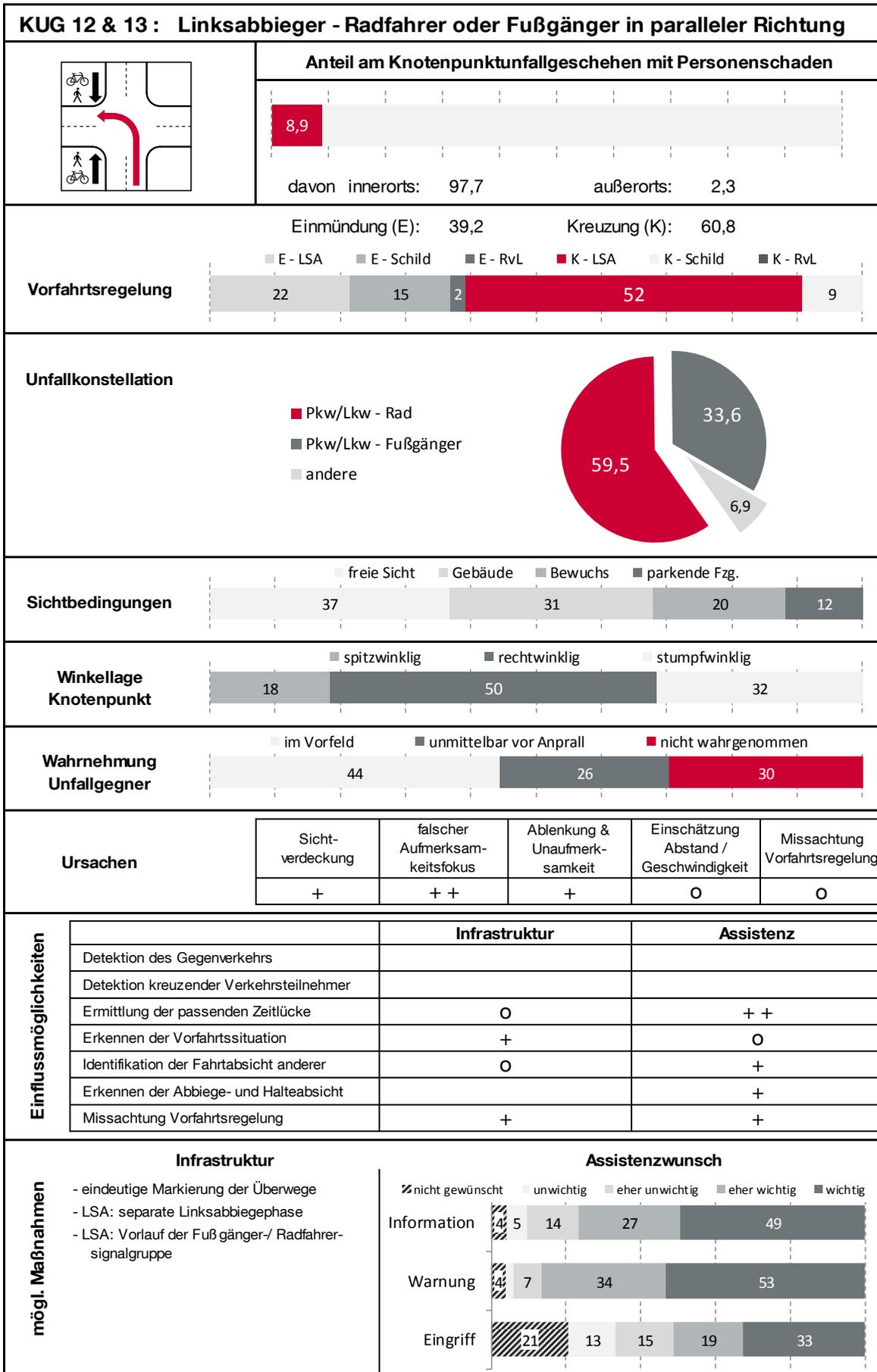
Betrachtet wird der Winkel zwischen der genutzten Zufahrt des Unfallverursachers und der Zufahrt aus der sich der Unfallgegner genähert hat bzw. in welche ein-/abgebogen wurde - Unterscheidung nach

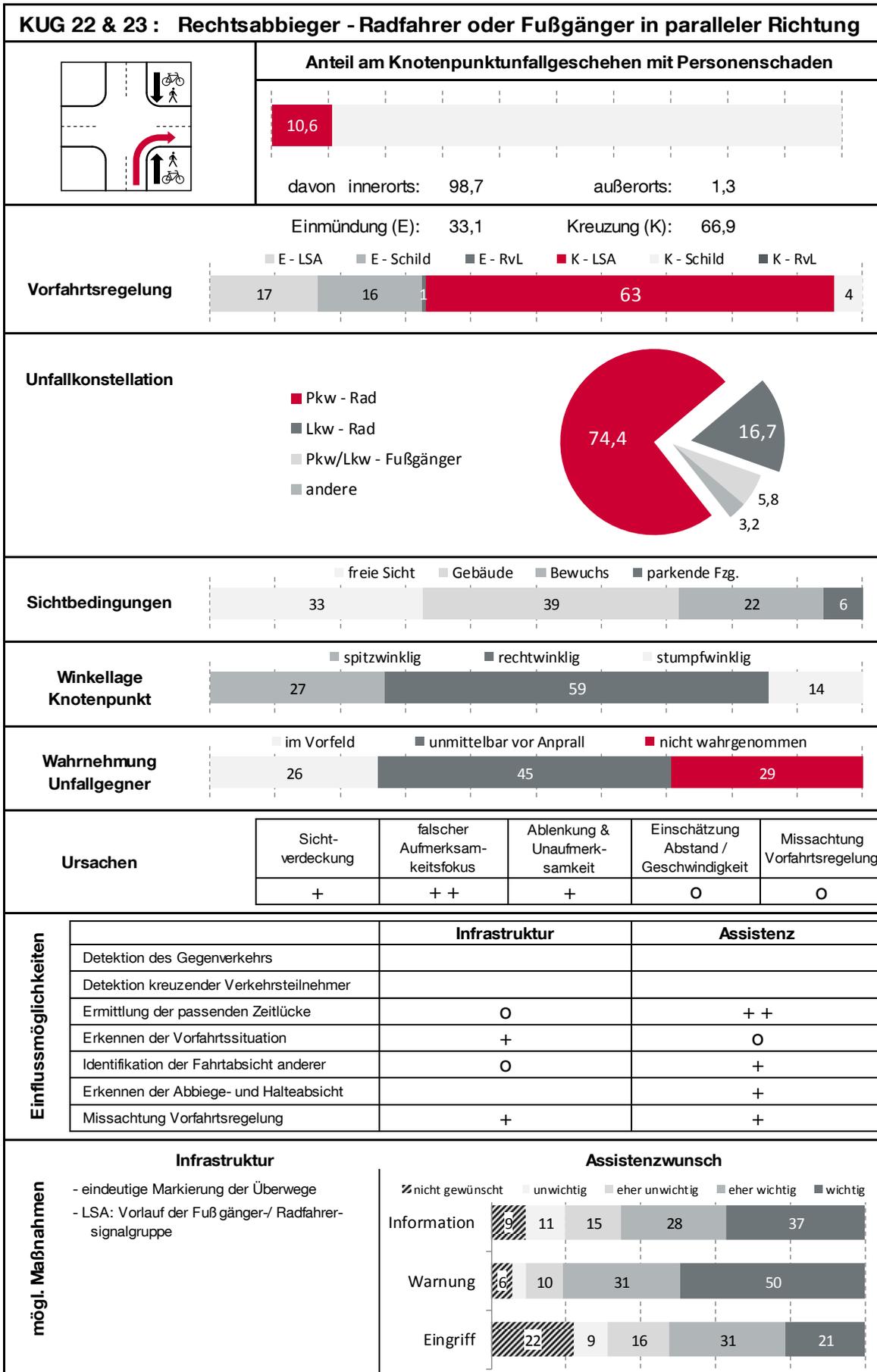
- „spitzwinklig“ - Winkel $\leq 70^\circ$;
- „rechtwinklig“ - Winkel im Bereich von $90^\circ \pm 20^\circ$;
- „stumpfwinklig“ - Winkel $\geq 110^\circ$;

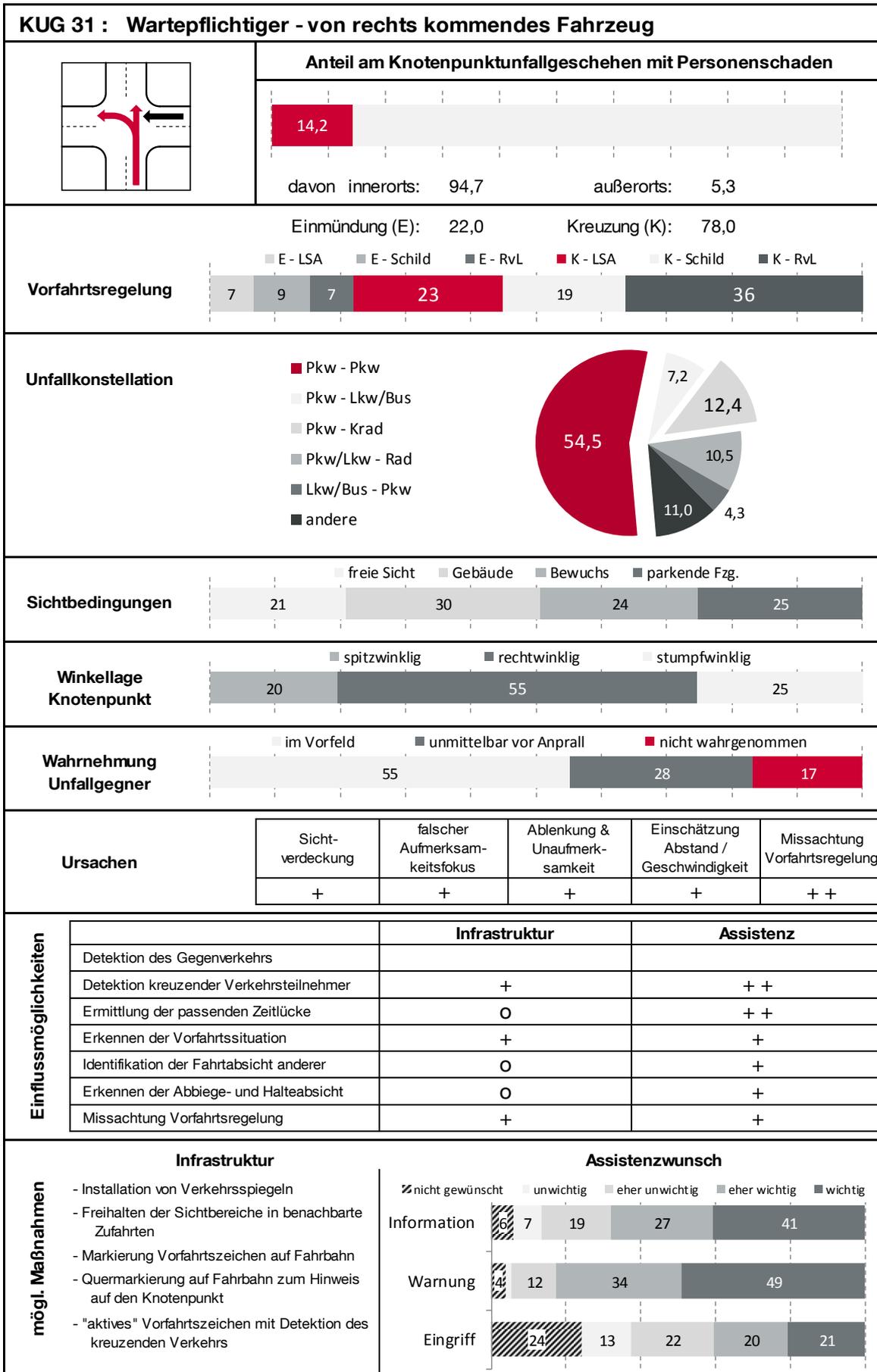
- Für *KUG 11 - 13* und *KUG 41 - 43* wird der Winkel zur linken benachbarten Zufahrt betrachtet;
 - Für *KUG 22 & 23* und *KUG 31 - 33* wird der Winkel zur rechten benachbarten Zufahrt betrachtet;
- (10) Prozentuale Verteilung der Wahrnehmung des Unfallgegners
- Grundlage: alle Unfälle der KUG mit Angaben zur Wahrnehmung des Unfallgegners in der GIDAS-Datenbank
- Die Art der Wahrnehmung wird unterschieden in:
- „im Vorfeld“ - der Unfallverursacher hat den Unfallgegner bereits vor Beginn des Fahrmanövers am Knotenpunkt wahrgenommen;
 - „unmittelbar vor Anprall“ - der Unfallverursacher hat den Unfallgegner erst unmittelbar vor der Kollision d. h. während der Ausführung des Fahrmanövers wahrgenommen;
 - „nicht wahrgenommen“ - der Unfallverursacher hat den Unfallgegner vor der Kollision nicht wahrgenommen;
- (11) Häufigkeit der generellen Ursachen der Unfälle der KUG - Unterscheidung nach:
- „o“ - die Ursache stellt nur selten den Grund des Konfliktes dar;
 - „+“ - die Ursache ist gelegentlich für die Entstehung des Unfalls verantwortlich;
 - „++“ - die Ursache ist sehr häufig Grund des Konfliktes.
- (12) Einschätzung der Einflussmöglichkeit verschiedener Verbesserungsansätze durch Anpassungen der Infrastruktur und Wirkung von Assistenzsysteme auf die Entstehung von Unfällen der KUG - Unterscheidung nach:
- „o“ - kaum / geringe Einflussmöglichkeit;
 - „+“ - mäßige Einflussmöglichkeit;
 - „++“ - starke Einflussmöglichkeit
- (13) Auflistung möglicher Maßnahmen der Anpassung der Infrastruktur zur Vermeidung von Unfällen der KUG
- (14) Einschätzung der Relevanz der Unterstützung durch Assistenzsysteme zur Vermeidung von Unfällen der KUG
- Die Art der Unterstützung durch ein Assistenzsystem (Ausprägung) wird unterschieden in:
- „Information“ - Hinweis auf relevante Verkehrsteilnehmer der KUG
 - „Warnung“ - Warnung vor der Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmern der KUG bei Weiterführung des begonnen Fahrmanövers
 - „Eingriff“ - Brems- und/oder Ausweichmanöver durch das Assistenzsystem zur Vermeidung der Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer der KUG
- Die Wichtigkeit der unterschiedlichen Arten der Unterstützung durch ein Assistenzsystem wird unterschieden in:

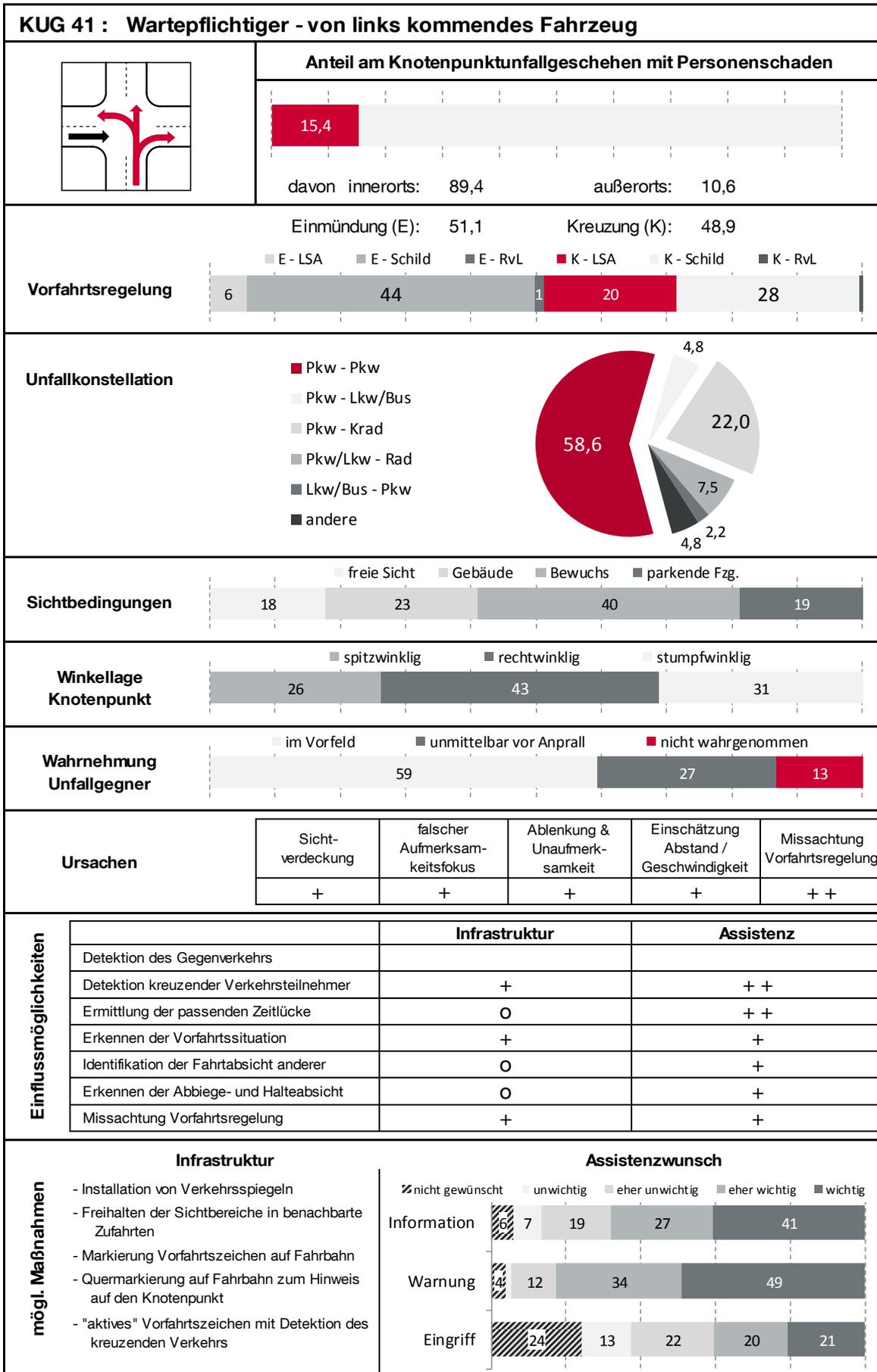
- „wichtig“ - diese Ausprägung des Assistenzsystems wird vom Fahrer als sehr wichtig angesehen;
- „eher wichtig“- diese Ausprägung des Assistenzsystems wird vom Fahrer als wichtig angesehen;
- „eher unwichtig“ - diese Ausprägung des Assistenzsystems wird vom Fahrer weniger wichtig angesehen;
- „unwichtig“ - diese Ausprägung des Assistenzsystems wird vom Fahrer als nicht wichtig angesehen;
- „nicht gewünscht“ - ein Assistenzsystems mit dieser Ausprägung wird vom Fahrer nicht gewünscht

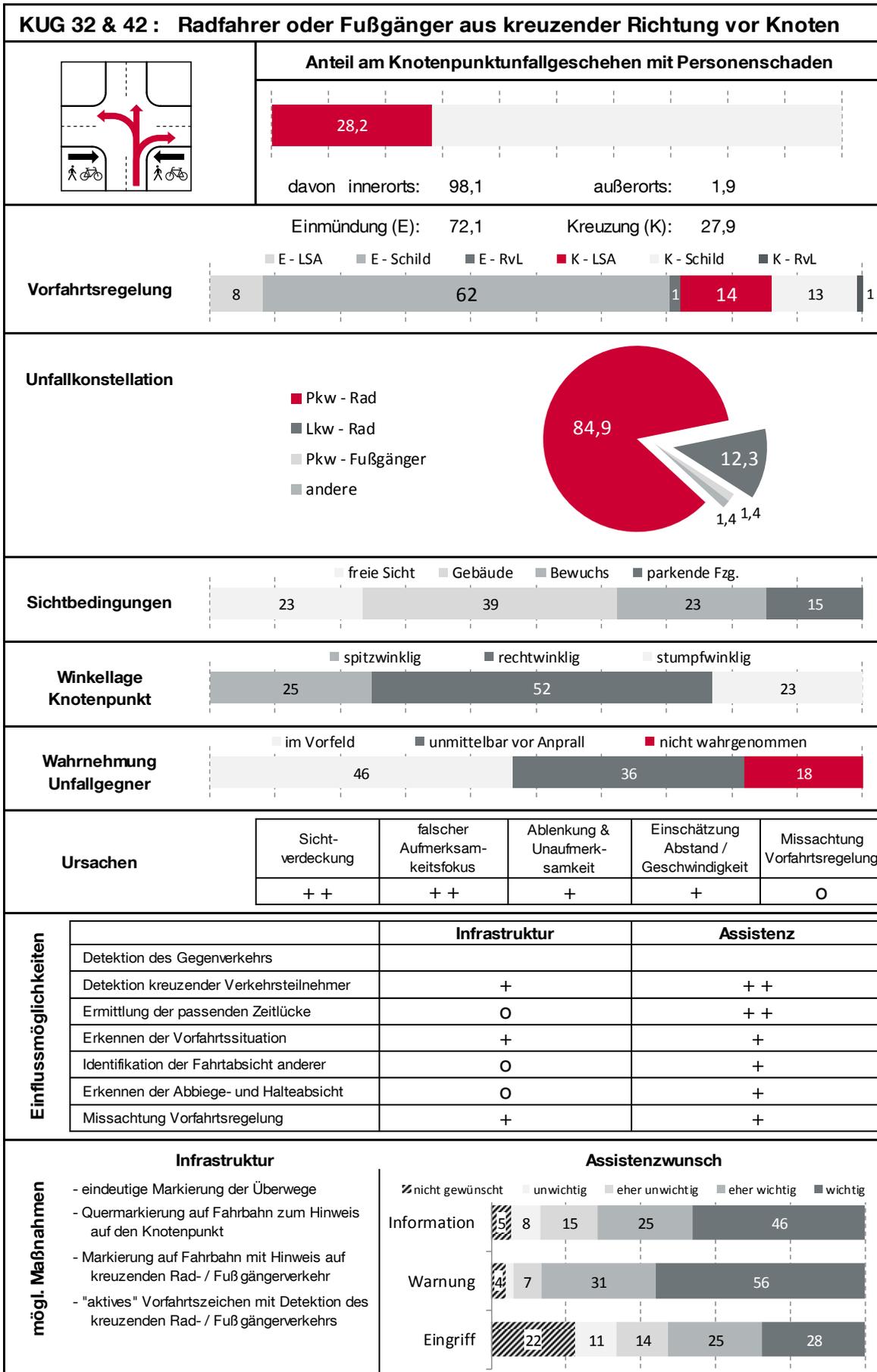












Einmündung (E): 72,1 Kreuzung (K): 27,9

■ E - LSA ■ E - Schild ■ E - RvL ■ K - LSA ■ K - Schild ■ K - RvL

Vorfahrtsregelung

8	62	1	14	13	1
---	----	---	----	----	---

Unfallkonstellation

- Pkw - Rad
- Lkw - Rad
- Pkw - Fußgänger
- andere

Sichtbedingungen

23	39	23	15
----	----	----	----

Winkellage Knotenpunkt

25	52	23
----	----	----

Wahrnehmung Unfallgegner

46	36	18
----	----	----

Ursachen

Sichtverdeckung	falscher Aufmerksamkeitsfokus	Ablenkung & Unaufmerksamkeit	Einschätzung Abstand / Geschwindigkeit	Missachtung Vorfahrtsregelung
++	++	+	+	O

Einflussmöglichkeiten		Infrastruktur	Assistenz
	Detektion des Gegenverkehrs		
	Detektion kreuzender Verkehrsteilnehmer	+	++
	Ermittlung der passenden Zeitlücke	O	++
	Erkennen der Vorfahrtssituation	+	+
	Identifikation der Fahrtabsicht anderer	O	+
	Erkennen der Abbiege- und Halteabsicht	O	+
	Missachtung Vorfahrtsregelung	+	+

mögl. Maßnahmen

- eindeutige Markierung der Überwege
- Quermarkierung auf Fahrbahn zum Hinweis auf den Knotenpunkt
- Markierung auf Fahrbahn mit Hinweis auf kreuzenden Rad- / Fußgängerverkehr
- "aktives" Vorfahrtszeichen mit Detektion des kreuzenden Rad- / Fußgängerverkehrs

Assistenzwunsch

■ nicht gewünscht ■ unwichtig ■ eher unwichtig ■ eher wichtig ■ wichtig

Information	5	8	15	25	46
Warnung	4	7	31	56	
Eingriff	22	11	14	25	28

