

Sicherheit und Komplexität von Knotenpunkten

**Sicherheit im Straßenverkehr für Kinder, Senioren und
Menschen mit Mobilitätseinschränkungen**

**Dissertation
zur Erlangung eines Doktorgrades**

im
**Fachbereich D – Architektur, Bauingenieurwesen,
Maschinenbau, Sicherheitstechnik**
der
Bergischen Universität Wuppertal

- Abteilung Bauingenieurwesen -

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Sebastian Seipel
aus Ratingen, geb. in Düsseldorf

Wuppertal, Oktober 2013

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20140715-102306-1

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20140715-102306-1>]

Vorwort

Die vorliegende Dissertationsschrift setzt auf Ergebnissen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer“ auf, welches im Auftrag des Gesamtverbandes der deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) / Unfallforschung der Versicherer (UDV) vom Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und -technik der Bergischen Universität Wuppertal (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gerlach, Dipl.-Ing. Sebastian Seipel) und zwei Unterauftragnehmern, dem Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund – IfADo (Dr. phil. Sebastian Poschadel) und der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA (Dr.-Ing. Dirk Boenke), durchgeführt wurde.

Ergebnisse der vom Verfasser dieser Dissertationsschrift durchgeführten Analysen zum Unfallgeschehen von Kindern, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen sowie der infrastrukturellen Sicherheitsdefizite fließen in diese Dissertation ein und werden hier zum ersten Mal veröffentlicht.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Jürgen Gerlach für die hervorragende Betreuung, die stete Unterstützung und die vielen wertvollen Gespräche. Herrn Prof. Jürgen Steinbrecher danke ich für seine Bereitschaft, das Zweitgutachten zu übernehmen.

Mein weiterer Dank gilt der Unfallforschung der Versicherer in Berlin, namentlich Herrn Jörg Ortlepp und Herrn Dr. J. Emmanuel Bakaba, die mit der Förderung des Projektes „Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer“ einen Grundstein für diese Dissertation gelegt hat. Zudem danke ich Herrn Dr. Dirk Boenke und Herrn Dr. Sebastian Poschadel, die mir in fachlichen und privaten Gesprächen zur Seite standen.

Herrn cand. ing. Manuel Beyen danke ich für seine Unterstützung im Rahmen der Verkehrszählungen sowie Frau cand. ing. Katharina Biernacki für ihre Hilfe bei diversen Planskizzen.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Freundin und meinen Eltern für ihre Unterstützung und ihr Verständnis danken, die damit die Fertigstellung der Arbeit in vielfältiger Weise gefördert und möglich gemacht haben.

Sebastian Seipel
Im Oktober 2013

Kurzfassung / Abstract

Kurzfassung

Das Sicherheitsmanagement der Straßenverkehrsinfrastruktur kann grundsätzlich in präventive und reaktive Verfahren unterteilt werden. Im bestehenden Straßennetz kommen i. d. R. reaktive Verfahren zum Einsatz, die vorwiegend betriebliche Mängel oder Unfallhäufungen identifizieren und darauf reagierend Maßnahmen zur Verbesserung ableiten. Ein formalisiertes und standardisiertes Verfahren, das auch unabhängig vom Unfallgeschehen Sicherheitsdefizite im Bestand identifizieren kann und dabei sämtliche Aspekte der Verkehrssicherheitsarbeit berücksichtigt, wird es mit den in der Erarbeitung befindlichen und für 2013 geplanten Empfehlungen für die Durchführung eines Bestandsaudits von Straßen geben. Eine vollständige Überprüfung des bestehenden Straßennetzes ist allerdings allein aufgrund begrenzter personeller und finanzieller Ressourcen nicht durchzuführen. Das Bestandsaudit soll daher anlassbezogen zum Einsatz kommen.

Im innerörtlichen Straßennetz sind Knotenpunkte Orte mit hohem Risikopotenzial für die Verkehrsteilnehmer. Im Weiteren wird oftmals die Komplexität der Verkehrsanlage als Unsicherheitsfaktor und mögliche Ursache für Unfälle angeführt. Somit könnte die Komplexität der Anlass sein, Knotenpunkte detailliert im Rahmen eines Bestandsaudits zu überprüfen, um auch präventiv die Verkehrssicherheit im Bestand zu erhöhen und Unfälle zu vermeiden. Unklar ist jedoch, wie und auf welcher Basis komplexe Knotenpunkte identifiziert werden können und ob die Komplexität einer Verkehrsanlage das Gefährdungspotenzial zum Ausdruck bringen kann.

Die vorliegende Arbeit leistet daher einen Beitrag zur Komplexitätsforschung an Knotenpunkten. Ein Ziel liegt in der zukünftigen Identifizierung von komplexen Knotenpunkten innerhalb geschlossener Ortschaften, die als Kandidaten für ein durchzuführendes Bestandsaudit besonders in Frage kommen. Im Weiteren wird der Frage nachgegangen, ob und in welcher Weise die Komplexität an Knotenpunkten mit dem Unfallgeschehen in Verbindung steht. Mit Blick auf eine nachhaltig sichere Gestaltung von Knotenpunkten und unter Berücksichtigung des demografischen Wandels, wird ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchung auf die Belange von Kindern, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen gelegt.

Um die Anforderungen an die Gestaltung von Knotenpunkten präzisieren zu können, wurde zunächst eine Grundlagenrecherche zu den spezifischen psychischen und physischen Fähigkeiten der intendierten Zielgruppen durchgeführt. Im Weiteren dienten makroskopische Unfallanalysen, Sicherheitsanalysen ausgewählter Knotenpunkte und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr dazu, prototypische Merkmale und Situationen an Knotenpunkten zu identifizieren, die vor allem für Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen komplexe Aufgaben darstellen.

Im Rahmen der Untersuchung konnten bekannte Einflussfaktoren, die gerade zu einer Gefährdung der genannten Personengruppen führen, sicher verifiziert werden. Dazu zählen vor allem die Gewährleistung der Sichtbeziehungen, die regelwerkskonforme Gestaltung von Verkehrsanlagen, insbesondere Überquerungsanlagen und Radverkehrsanlagen, sowie die gesicherte Führung von Linksabbiegern an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten.

Die beobachteten Konfliktsituationen und identifizierten Sicherheitsdefizite, die auch zu Unfällen führten, wurden an Knotenpunkten im Bestand aufgenommen. Deren Gestaltung entsprach in vielen Fällen nicht den Planungsempfehlungen aktueller Entwurfsregelwerke und somit nicht dem Stand der Verkehrssicherheitstechnik. Dies unterstreicht den Bedarf eines Bestandsaudits.

VIII

Zur Bestimmung und Beurteilung der Komplexität an Knotenpunkten wurde ein Verfahren konzipiert, das auf allgemein anerkannten Merkmalen der Komplexität beruht und einen Komplexitätsgrad ausgibt. Die zugrunde liegenden Merkmale Umgebung, Vernetztheit, Intransparenz, Eigendynamik, Zeitdruck, Zielpluralität und Handlungsmöglichkeiten werden dabei zunächst hinsichtlich ihrer eigenen Komplexität (Ausprägung) mithilfe von möglichst messbaren oder beurteilbaren Kennzeichen der Situation am Knotenpunkt beurteilt.

Mit Hilfe dieser Vorgehensweise wurden Komplexitätsgrade für Knotenpunkte und für konkrete Situationen, die insbesondere aus Sicht der intendierten Zielgruppen komplexe Aufgaben darstellen, bestimmt. Die Komplexitätsgrade dienen einerseits zur vergleichenden Darstellung der Komplexität an den betrachteten Knotenpunkten und andererseits bildeten sie die Grundlage, um den Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen zu untersuchen. Das gewählte Verfahren stellte dabei einen möglichen und plausiblen Ansatz dar, den es im Lauf der Untersuchung zu evaluieren galt.

Im Ergebnis zeigte sich, dass das Verfahren und die gewählte Vorgehensweise grundsätzlich zu plausiblen Ergebnissen führen und Knotenpunkte hinsichtlich ihrer Komplexität beurteilen können. Auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse konnten allerdings nicht alle Aspekte abschließend beurteilt werden.

So ist die Zeit, die einem Verkehrsteilnehmer zur Verfügung steht, um die Situation zu erfassen und eine angemessene Entscheidung zu treffen, ein Faktor, der die Komplexität beeinflusst. Sensitivitätsbetrachtungen, die dem Merkmal Zeitdruck eine höhere Gewichtung zukommen ließen, führten im Ergebnis zu Komplexitätsgraden, die die Situation vor Ort besser abbilden konnten. Die Frage, wie viel Zeit Verkehrsteilnehmer mit ggf. unterschiedlichen Fähigkeiten benötigen, um die jeweilige Situation angemessen beurteilen zu können, muss an dieser Stelle offen bleiben. In fortzuführenden Forschungen sollte daher verstärkt die Abhängigkeit der Merkmale, die die Übersichtlichkeit, die Begreifbarkeit und die potenziellen Konfliktsituationen an Knotenpunkten beschreiben, vom Faktor Zeit untersucht werden.

Im Weiteren scheint das Wissen der Verkehrsteilnehmer um die Komplexität der Situation bzw. die Möglichkeit, eine komplexe Situation zu erkennen, eine Rolle zu spielen. Z. T. führten sehr spezielle Aspekte, in einem zunächst wenig komplex wirkenden Umfeld, zu Unfällen. Andererseits darf die Komplexität auch nicht die Kapazität des Beobachters überschreiten. Der Bereich einer so zu formulierenden „notwendigen Komplexität“ kann allerdings auf Basis dieser Untersuchung nicht abgeleitet werden. Als zielführend werden weitere Untersuchungen angesehen, auf deren Basis sich z. B. psychologische Aspekte umfassender in ein Verfahren zur Bestimmung der Komplexität integrieren lassen.

Ein eindeutiger und belastbarer Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen an Knotenpunkten konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht hergestellt werden. Es haben sich allerdings Tendenzen ergeben, die zu zwei Thesen führen:

These 1: Mit zunehmender Komplexität nimmt das Unfallgeschehen zu.

These 2: Allerdings bedarf es auch einer bestimmten und vor allem erkennbaren Komplexität, um Unfälle zu vermeiden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Komplexität eines Knotenpunktes oder einer bestimmten Situation Auswirkungen auf das Unfallgeschehen haben kann und sich potenziell als Hilfsgröße für ein durchzuführendes Bestandsaudit eignet. Um einen möglichen Zusammenhang aber belastbar darstellen zu können, sind zukünftig weitere Anstrengungen erforderlich, die auf den Ergebnissen dieser Arbeit aufbauen können.

Abstract

The safety management of road infrastructure can be basically divided into preventive and reactive methods. In the existing road network usually reactive methods are used, which mainly identify operational deficiencies or black spots and derive on it reactive measures for the improvement. A formalized and standardized procedure that can identify safety deficiencies in the road network independent of accident data, taking into account all aspects of road safety, is located in 2013 with the recommendations for the implementation of an safety audit of existing roads in the context of road safety inspections. A full review of the existing road network is, however, on the basis of limited human and financial resources not to perform. Therefore the audit should be based on reasons.

In urban road network intersections are considered high-risk locations for road users. Furthermore, the complexity of the intersections is often cited as uncertainty and possible cause of accidents. Thus, the complexity could be the reason to check intersections in detail to improve road safety in the existing road network and to avoid accidents. It is unclear, however, how and on what basis complex intersections can be identified and whether the complexity of them can represent the potential risk.

Therefore, this dissertation contributes to the research of complexity at intersections. A future goal is to identify complex intersections within built-up areas that qualify as candidates for an detailed safety audit. In addition, the question whether and how the complexity of intersections is connected to accidents should be answered. With a view to sustainable safe design of intersections and taking into account the demographic changes, another focus of the study is placed on the needs of children, seniors and people with disabilities.

In order to determine the requirements for the design of intersections, a first basic research on the specific mental and physical abilities of the intended groups was conducted. In addition, macroscopic analyzes of accident data, safety analyzes of selected intersections and behavioral observations in real traffic were used to identify prototypical situations and characteristics at intersections that represent complex tasks, especially for children, seniors and people with disabilities.

Within the scope of this investigation known factors of influence which lead just to a danger of the called groups could be certainly verified. This mainly includes ensuring view relations, the set of rules-compliant design of traffic facilities, especially crossing facilities and cycle facilities, and secure management of left turning drivers at traffic light controlled intersections.

The observed conflict situations and identified safety deficiencies, which also led to accidents, were recorded at intersections of the existing road network. Their design corresponded in many cases not to the current design guidelines and therefore not to the state of the road safety technology. This underlines the need for safety audits in the existing road network.

In order to determine and assess the complexity at intersections, a procedure was developed that is based on generally accepted characteristics of complexity. The result is a level of complexity. The underlying characteristics of environment, interconnectedness, lack of transparency, momentum, time pressure, conflicting interests and possibilities for action are first to evaluate in their own complexity. Therefor measurable or evaluable indicators should be used.

Using this procedure complexity levels were determined for intersections and for specific situations that are complex tasks, particularly from the perspective of the intended groups. The

level of complexity served one hand for comparative representation of the complexity of the considered intersections and on the other hand, to investigate the correlation between the complexity and accidents. Thereby, the elected procedure was an possible and plausible alternative. However, it was necessary to evaluate this approach.

The investigations showed that the method and approach in principle leads to plausible results and can assess intersections in terms of their complexity. Based on the present findings, however, all aspects could not be conclusively assessed.

Thus, the time that is available to a road user, in order to detect the situation and make an appropriate decision, is a factor which affects the complexity. Sensitivity analyzes, in which the characteristic time pressure a higher weight was awarded, have ensue levels of complexity that could reflect the local situation better. The question how much time road users with if necessary different abilities need to be able to judge the respective situation appropriately must stay open at this point. Continuing research should lay a stronger focus on the time factor, especially for characteristics that describe the clarity, the comprehensibility and the potential conflicts at intersections.

Furthermore the knowledge of the road users about the complexity of the situation or the possibility to recognize a complex situation seems to play a role. Partly very specific aspects in a less complex environment led to accidents. On the other hand, the complexity must not be too large and exceed the capacity of the beholder. The area to be formulated as a "necessary complexity" can not be inferred, however, on the basis of this investigation. It seems to be purposeful that further investigations, for example, psychological aspects, should implement more comprehensive in the determining of a complexity level.

An unequivocal connection between the complexity and accidents at intersections could not be determined within the scope of this dissertation. However, there have arisen trends which lead to two theses:

Thesis 1: The more complex a situation is the more accidents will happen.

Thesis 2: However, it also requires a certain and especially recognizable complexity to avoid accidents.

In summary it should be noted that the complexity of intersections or particular situations may have an impact on accidents and is potentially suitable as a reason for a safety audit in the existing road network. To be able to show a possible connection certainly more efforts are needed which can be based on the results of this study.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Danksagung	V
Kurzfassung / Abstract	VII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Untersuchungsmethodik.....	7
2 Komplexität an Knotenpunkten	11
2.1 Vorbemerkungen.....	11
2.2 Merkmale der Komplexität im Allgemeinen.....	11
2.3 Merkmale der Komplexität an Knotenpunkten	15
2.4 Verfahren zur Ermittlung der Komplexität an Knotenpunkten	20
2.5 Fazit zur Grundlagenuntersuchung der Komplexität	23
3 Fähigkeiten, Fertigkeiten und Gefährdungspotenziale bei Kindern, Senioren und Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen	25
3.1 Vorbemerkungen.....	25
3.2 Kinder als aktive Teilnehmer am Straßenverkehr	25
3.3 Senioren als aktive Teilnehmer am Straßenverkehr	33
3.4 Menschen mit Mobilitätseinschränkungen als aktive Teilnehmer am Straßenverkehr	38
3.5 Welche Situationen sind insbesondere für Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen an Knotenpunkten komplex?	40
4 Makroskopische Analyse von Unfällen an Knotenpunkten innerorts	43
4.1 Vorbemerkungen.....	43
4.2 Datengrundlage.....	43
4.3 Das Unfallgeschehen an Knotenpunkten innerorts im Überblick.....	46
4.4 Unfallbeteiligte und Altersgruppen bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts.....	51
4.5 Unfälle an Knotenpunkten mit Beteiligung von Kindern	54
4.6 Unfälle an Knotenpunkten mit Beteiligung von Senioren	56
4.7 Unfälle an Knotenpunkten mit Beteiligung von Menschen mit Mobilitätsbehinderungen	58
4.8 Zusammenfassung der makroskopischen Unfallanalyse: typische Unfallsituationen und Gefährdungspotenziale	59

5	Makroskopische Komplexitätsbetrachtungen: Untersuchung von Knotenpunkten hinsichtlich des Unfallgeschehens und der Komplexität anhand äußerer Kennzeichen.....	61
5.1	Vorbemerkungen.....	61
5.2	Auswahl von Knotenpunkten	61
5.3	Ermittlung der Komplexität	63
5.4	Zusammenhang zwischen Komplexität und Unfallgeschehen	66
5.5	Fazit zur makroskopischen Komplexitätsbetrachtung	71
6	Mesoskopische Komplexitätsbetrachtungen: Untersuchung von Knotenpunkten hinsichtlich des Unfallgeschehens und der Komplexität anhand äußerer und innerer Kennzeichen	73
6.1	Vorbemerkungen.....	73
6.2	Auswahl von Knotenpunkten	73
6.3	Datenerhebung	74
6.4	Unfallgeschehen und Ermittlung der Unfallkenngrößen	75
6.5	Merkmale und Kennzeichen der Komplexität.....	78
6.6	Komplexitätsgrade der Knotenpunkte.....	84
6.7	Zusammenhang zwischen Komplexität und Unfallgeschehen	87
6.8	Fazit zur mesoskopischen Komplexitätsbetrachtung	91
7	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen an ausgewählten Knotenpunkten – Grundlagenermittlung für die mikroskopischen Komplexitätsbetrachtungen	93
7.1	Vorbemerkungen.....	93
7.2	Erläuterungen zu den Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen.....	93
7.3	Überblick über die Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen	96
7.4	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen nach Gruppe und Verkehrssituation.....	100
7.4.1	Fußgänger (insb. relevant für Kinder und Senioren)	100
7.4.2	Menschen mit Mobilitätseinschränkungen	102
7.4.3	Radfahrer (insb. relevant für Kinder und Senioren)	103
7.4.4	Krafffahrer (insb. relevant für Senioren)	105
7.5	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen – wesentliche Aspekte je Knotenpunktyp	109
7.6	Prototypischen Merkmale/Situationen nach Art der Verkehrsbeteiligung	110
7.7	Fazit zu den Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen	115

8	Mikroskopische Komplexitätsbetrachtungen: Untersuchung bestimmter Situationen an Knotenpunkten insbesondere aus Sicht von Kindern (Fußgängern) und Senioren (Kraftfahrern) hinsichtlich des Unfallgeschehens und der Komplexität	117
8.1	Vorüberlegungen.....	117
8.2	Komplexität beim Linksabbiegen – Ausgangssituationen	118
8.2.1	Merkmale und Kennzeichen der Komplexität und Ermittlung der Komplexitätsgrade	119
8.2.2	Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und der Komplexität beim Linksabbiegen	123
8.3	Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn – Ausgangssituationen	126
8.3.1	Merkmale und Kennzeichen der Komplexität und Ermittlung der Komplexitätsgrade	127
8.3.2	Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und der Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn	130
8.4	Fazit zur mikroskopischen Komplexitätsbetrachtung	135
9	Sensitivitätsbetrachtungen im Hinblick auf die Ermittlung der Komplexität an Knotenpunkten.....	137
9.1	Vorbemerkungen.....	137
9.2	Einfluss der Merkmale auf den Komplexitätsgrad	139
9.3	Einfluss der Kennzeichenwahl auf den Komplexitätsgrad	145
9.4	Vergleich der ermittelten Komplexität mit einer qualitativen Komplexität auf Basis der Sicherheitsanalysen	148
9.5	Fazit zu den Sensitivitätsbetrachtungen	150
10	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick	151
	Literaturverzeichnis.....	155
	Abkürzungsverzeichnis.....	159
	Abbildungsverzeichnis.....	161
	Tabellenverzeichnis.....	171
	Anlagenverzeichnis	173

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Vermeidung von Unfallopfern im Straßenverkehr sowie die Verbesserung der Verkehrssicherheit im Allgemeinen ist ein unumstrittenes Ziel.

Die Europäische Kommission bestätigt mit ihren Leitlinien für den Zeitraum 2011 bis 2020 u. a. weiterhin das Vorhaben, die Zahl der Verkehrstoten halbieren zu wollen. „Die Mitgliedstaaten sind aufgefordert, durch ihre nationalen Strategien für die Straßenverkehrssicherheit zu dem Erreichen des gemeinsamen Ziels unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Ausgangslagen, Erfordernissen und Gegebenheiten beizutragen.“ (Europäische Kommission 2010). Der deutsche Bundesrat hat mit seinem Beschluss vom 29.09.2010 diese Leitlinien grundsätzlich begrüßt (vgl. Bundesrat 2010).

Um diese Ziele erreichen zu können, sind nachhaltige Anstrengungen auf allen Ebenen der Verkehrssicherheitsarbeit erforderlich. Es gilt zum einen, präventiv Rahmenbedingungen zu schaffen, die Unfälle erst gar nicht entstehen lassen und zum anderen auf Unfallhäufungen bzw. -ursachen angemessen zu reagieren, um Gefährdungspotenziale gezielt reduzieren zu können.

Allgemein wird die Komplexität einer Verkehrsanlage als eine mögliche Einflussgröße auf das Unfallgeschehen gewertet. Dies wird in erster Linie damit begründet, dass die Fehlerhäufigkeit der Verkehrsteilnehmer in komplexen Situationen zunimmt, wenn sie unter Zeitdruck Entscheidungen treffen müssen. Die Verkehrsteilnehmer sind nicht mehr in der Lage, in einem eng gefassten Zeitraum die Situation umfassend zu überblicken, alle Einflüsse zu beurteilen und angemessen darauf zu reagieren.

Liegt somit in der Beurteilung der Komplexität einer Verkehrsanlage das Potenzial, das Gefährdungsrisiko zu beschreiben? Eignet sich ein noch zu definierender „Komplexitätsgrad“ als Hilfsgröße?

Wenn dies der Fall ist, liegt in der Bestimmung eines „Komplexitätsgrades“ auch die Chance, präventiv tätig zu werden. Verkehrsanlagen könnten aufgrund ihrer Komplexität hinsichtlich ihrer potentiellen Unfallgefahr beurteilt werden. Wenn es gelänge, eine Verkehrsanlage – unabhängig vom Wissen über das Unfallgeschehen - dahingehend zu beurteilen, wie hoch das Gefährdungsrisiko ist, könnte die Komplexität z. B. auch der Anlass sein, die Verkehrsanlage detailliert zu überprüfen und einem Bestandsaudit zu unterziehen. Die Veränderung der Komplexität, durch z. B. bauliche oder verkehrstechnische Maßnahmen, könnte dabei helfen, Unfälle zu vermeiden bzw. erst gar nicht entstehen zu lassen.

Im Weiteren stellt sich die Frage: Was genau heißt „komplex“? Grimm stellt mit Bezug zum Projektmanagement einleitend z. B. fest:

„Im alltäglichen Sprachgebrauch wird der Ausdruck ‚komplex‘ häufig für unüberschaubare Konstellationen verwendet. Oftmals ist dabei aber nicht klar, was genau darunter verstanden wird, ganz zu schweigen von der Problematik im Umgang mit derartigen Situationen.“ (Grimm 2009, S. 26)

Dies kann ebenso bei der Verwendung des Begriffs „Komplexität“ in Bezug zu Verkehrsanlagen gesehen werden. Es gibt derzeit keine Methodik, auf deren Basis man die Komplexität einer Verkehrsanlage beschreiben kann. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu liefern.

Die Beurteilung der Komplexität soll auf Basis möglichst messbarer bzw. objektiv beurteilbarer Indikatoren erfolgen, die z. B. die baulichen und verkehrstechnischen Randbedingungen berücksichtigen. Zum einen sollen dadurch die Vergleichbarkeit und die Übertragbarkeit des Verfahrens gewährleistet werden; zum anderen wird das Verfahren damit auf eine frei zugängliche und nachvollziehbare Datenbasis gestellt.

Daraus ergibt sich ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt. Welche konkreten Merkmale beeinflussen die Komplexität einer Verkehrsanlage und welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Einflussgrößen? In welchen Situationen sind Verkehrsteilnehmer besonders gefährdet?

Die Komplexitätsbetrachtungen sollen daher durch detaillierte Unfallanalysen, Sicherheitsanalysen der Verkehrsinfrastruktur sowie Verhaltensbeobachtungen der Verkehrsteilnehmer gestützt werden. Letzlich auch, um gegebenenfalls erforderliche Handlungsempfehlungen für die Regelwerkserstellung bzw. Gestaltungsempfehlungen für Verkehrsanlagen auszusprechen zu können.

Die Rahmenbedingungen können je Verkehrsanlage bzw. je Verkehrssituation variieren und unterschiedliche Einflüsse bzw. Bedeutungen haben. Ebenso spielen verschiedene Fähigkeiten und Erfahrungen der Verkehrsteilnehmer eine Rolle. Für die folgenden Untersuchungen werden daher Schwerpunkte gesetzt, um die Praktikabilität sicherzustellen.

Das Hauptgewicht der Untersuchung wird auf plangleiche Knotenpunkte im innerörtlichen Bereich gelegt. Sie gelten als Orte mit hohem Risikopotenzial.

„Keine andere Verkehrssituation ist so komplex und verlangt von den Verkehrsteilnehmern so viel Aufmerksamkeit und Übersicht. Trotz aller Regeln und Verkehrszeichen ist die Unfallhäufigkeit hoch. Mehr als jeder zweite Unfall in Ortschaften geschieht an einer Kreuzung.“ (DVR 2008, 2008)

Eine Entschärfung der konfliktträchtigen Situation an Knotenpunkten in Ortschaften könnte erheblich zur Verminderung von Unfällen und somit auch zum Ziel der Reduzierung der im Straßenverkehr Verunglückten beitragen.

Im innerstädtischen Verkehrsraum sind hauptsächlich die schwächeren Verkehrsteilnehmer, vor allem Fußgänger und Radfahrer, gefährdet, bei Unfällen schwere bis tödliche Verletzungsfolgen zu erleiden. Besonders Kinder, Senioren¹ und Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen sind aufgrund ihrer körperlichen und kognitiven Einschränkungen häufig benachteiligt.

Schwer wiegt die Tatsache, dass diese Personengruppen bei Verkehrsunfällen zu Fuß oder mit dem Fahrrad besonders häufig verunglücken (vor allem Kinder) oder besonders schwerwiegende Verletzungen bis hin zur Todesfolge erleiden (vor allem ältere Verkehrsteilnehmer). Bei älteren Menschen kommt das erhöhte Mortalitätsrisiko bei gleicher Unfallschwere als zusätzlicher negativer Einflussfaktor bei den Unfallfolgen hinzu. So waren z. B. im Jahr 2012 knapp zwei Drittel der getöteten Fußgänger und etwa jeder zweite getötete Radfahrer bei innerörtlichen Verkehrsunfällen älter als 65 Jahre (vgl. Statistisches Bundesamt 2013).

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Soweit nicht anders vermerkt, sind damit an dieser Stelle wie in der gesamten Arbeit sowohl weibliche wie auch männliche Personen gemeint.

Auch unter der Berücksichtigung der demografischen Entwicklung, sollte ein Schwerpunkt auf die besonderen Belange von Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen/-behinderungen gelegt werden. Ihre individuelle Mobilität muss grundsätzlich gewährleistet sein (vgl. Bundesrat 2010, Abs. 5).

Auf Belange von Kindern, Senioren und Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen oder -behinderungen wird im Rahmen der Untersuchung speziell eingegangen. Dabei wird ihre aktive Teilnahme am Straßenverkehr als Fußgänger, Radfahrer oder Kraftfahrer betrachtet.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit liegt in der Implementierung von Komplexitätsbetrachtungen und -beurteilungen von Verkehrsanlagen in das Sicherheitsmanagement von Straßen. Der Schwerpunkt wird dabei auf innerörtliche Knotenpunkte gelegt.

Mit der Richtlinie 2008/96/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. November 2008 über ein Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur liegt ein umfangreiches Maßnahmenpaket über verschiedene Verfahren der Verkehrssicherheitsarbeit vor (vgl. Europäische Kommission 2008). Der Maßnahmenkatalog umfasst im Wesentlichen

1. die Folgenabschätzung hinsichtlich der Straßenverkehrssicherheit für Infrastrukturprojekte (Art. 3),
2. das Straßenverkehrssicherheitsaudit für Infrastrukturprojekte (Art. 4),
3. die Sicherheitseinstufung und das Sicherheitsmanagement des in Betrieb befindlichen Straßennetzes (Art. 5) und
4. die Sicherheitsüberprüfungen (Art. 6).

Im Weiteren werden u. a. die Erfassung und Verarbeitung von Unfalldaten, die Bestellung und Ausbildung von Gutachtern sowie der Austausch bewährter Praktiken innerhalb der EU genannt.

Mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 26/2010 wurde dieses Straßenverkehrsinfrastruktur-Sicherheitsmanagement in Deutschland für alle Bundesfernstraßen verbindlich eingeführt (vgl. BMVBS 2010). Für den Bereich der Stadtstraßen gibt es keine verbindliche Regelung. Im Interesse einer einheitlichen Vorgehensweise wird es jedoch begrüßt, wenn die entsprechenden Anwendungen auch den Straßenbauverwaltungen der Landkreise und Kommunen empfohlen würden (vgl. BMVBS 2010, Nr. C, Abs. 3). Diesem Anliegen kann aus Sicht der Verkehrssicherheit nur zugesprochen werden. Die Verfahren des Sicherheitsmanagement sind für alle Straßen sinnvoll und können zur Unfallvermeidung und somit zur Verringerung der im Straßenverkehr Getöteten und Verletzten beitragen. Dabei können die vier genannten Verfahren der Richtlinie (Art. 3-6, s. o.) in präventive und reaktive Verfahren unterteilt werden. Sie werden im Folgenden kurz erläutert. Tabelle 1 zeigt zudem eine Übersicht über die Verfahren und die in Deutschland angewandten Methoden.

Zu 1. „Folgenabschätzung hinsichtlich der Straßenverkehrssicherheit für Infrastrukturprojekte“:

Die Folgenabschätzung hinsichtlich der Straßenverkehrssicherheit für Infrastrukturprojekte ist ein präventives Verfahren im Rahmen der ersten Planungsphase vor Erteilung von Baugenehmigungen. In seinem Ansatz kommt es z. B. der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gleich und rückt damit sicherheitsrelevante Aspekte direkt an den Beginn der Planung von

Straßen. So wie „die Auswirkungen auf die Umwelt im Rahmen von Umweltprüfungen (Umweltverträglichkeitsprüfung und Strategische Umweltprüfung) frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden“ (§ 1, Abs. 1 UVPG, vom 12.02.1990), sollen auch die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, z. B. über die Abschätzung der Unfallkosten (über Grundunfallkostenraten für Verkehrsanlagen bei richtliniengerechtem Ausbau), möglichst frühzeitig erfasst und beim Vergleich verschiedener Planvarianten berücksichtigt werden.

Zu 2. „Straßenverkehrssicherheitsaudit für Infrastrukturprojekte“:

Das Straßenverkehrssicherheitsaudit ist ebenfalls ein präventives Verfahren, das als Bestandteil des Entwurfsprozesses in den Planungsphasen vom Vorentwurf bis zur ersten Betriebsphase durchgeführt wird. Es handelt „sich um eine systematische und unabhängige Ermittlung der Sicherheitsdefizite bei Straßenbaumaßnahmen. Das Ziel des Sicherheitsaudits ist es, Straßen beim Neu-, Um- oder Ausbau so sicher wie möglich zu gestalten und damit Unfallgefahren gering zu halten.“ (FGSV 2002, S. S. 5).

Zu 3. „Sicherheitseinstufung und das Sicherheitsmanagement des in Betrieb befindlichen Straßennetzes“:

Die Sicherheitseinstufung und das Sicherheitsmanagement des in Betrieb befindlichen Straßennetzes beschreiben reaktive Verfahren, die auf festgestellte Gefährdungspotenziale infolge von Unfällen reagieren. Gemäß der EU-Richtlinie sollen Straßenabschnitten mit hoher Unfallhäufigkeit und Straßenabschnitte, die im Rahmen der Einstufung der Sicherheit des Straßennetzes zu untersuchen sind, ermittelt werden. Zudem sollen potenzielle Abhilfemaßnahmen identifiziert werden. (vgl. Europäische Kommission 2008)

Zu 4. „Sicherheitsüberprüfungen“:

Die Sicherheitsüberprüfungen der in Betrieb befindlichen Straßen sind ebenso als reaktive Verfahren einzustufen. Sie „umfassen regelmäßige Überprüfungen des Straßennetzes und Erhebungen über die möglichen Auswirkungen der Einrichtung von Straßenbaustellen auf die Sicherheit des Verkehrsflusses“ (Europäische Kommission 2008, Art.6, Abs. 2). Sie „sind so häufig durchzuführen, dass auf den jeweiligen Straßen ein ausreichendes Sicherheitsniveau sichergestellt ist“ (Europäische Kommission 2008, Art. 6, Abs. 3).

Tabelle 1: Sicherheitsmanagement nach EU-Richtlinie und Methoden in Deutschland (entnommen aus ESAS) (FGSV 2002)

Straßeninfrastruktur-Sicherheitsmanagement			Planungs-, Bau- und Betriebsphasen in D			
nach EU-RL		Methode in D	Phase	Genehmigung	HOAI	
Artikel	Phase					
Art. 3 Folgenabschätzung	„erste Planungsphase und vor Erteilung Baugenehmigung“	a)	BVWP-Bewertungsmethodik	BVWP, Bedarfsplanung	FStrAbG mit Bedarfsplan	-
Art. 4 Straßenverkehrssicherheitsaudit		b)	ESAS Phase 1 (Vorplanung)	Vorplanung	Linienbestimmung	Lph. 1 Grundlagenermittlung Lph. 2 Vorplanung
	„Vorentwurf“		ESAS Phase 2 (Vorentwurf)	Entwurfsplanung	Genehmigung AV Geschenvermerk BMVBS	Lph. 3 Entwurfsplanung
				Genehmigungsplanung	Planfeststellung, Plangenehmigung etc.	Lph. 4 Genehmigungsplanung
	„Ausführungsentwurf“		ESAS Phase 3 (Ausführungsentwurf)	Ausführungsplanung	Techn. Freigabe	Lph. 5 Ausführungsplanung
				Baudurchführung		Lph. 8 Bauoberleitung
	„Fertigstellung“		ESAS Phase 4 (vor und kurz nach Verkehrsfreigabe)	Verkehrsfreigabe		
Art. 5 Sicherheitseinstufung und -management		c)	ESN RSA Unfallkommission	Betrieb		
Art. 6 Sicherheitsüberprüfungen		d)	Streckenkontrolle RSA Verkehrsschau			

Die in Deutschland angewandten Methoden (vgl. Tabelle 1) decken weitgehend die Anforderungen ab, die sich aus dem Sicherheitsmanagement der EU-Richtlinie ergeben.

Das Verfahren der Folgenabschätzung mittels „der Abschätzung von Sicherheitsgraden, die sich bei richtliniengerechtem Ausbau auf Straßen im Mittel einstellen“ (FGSV 2012a) ist allerdings noch neu und noch nicht etabliert. Mit dem für 2013 geplanten „Handbuch für die Bewertung der Verkehrssicherheit von Straßen (HVS)“ soll dieses neue Konzept einer standardisierten Sicherheitsbewertung von Straßen in Deutschland eingeführt werden.

Für den Neu-, Um- und Ausbau von Straßen liegt mit dem Sicherheitsaudit gemäß den ESAS ein formalisiertes und bewährtes Verfahren in Deutschland vor, welches allerdings bisher nur für den Bereich der Bundesfernstraßen verbindlich eingeführt wurde.

Für bestehende Straßen gibt es in Deutschland verschiedene reaktive Verfahren, mit deren Hilfe Mängel identifiziert werden. Dazu gehören

- regelmäßige Streckenkontrollen,
- Regel- und thematische Verkehrsschauen,
- Örtliche Unfalluntersuchungen (gemäß M Uko) sowie
- Sicherheitsanalysen von Straßennetzen (gemäß ESN).

„Diese Verfahren decken jedoch nicht sämtliche Fälle ab. Die Streckenkontrolle beschränkt sich auf augenscheinliche Mängel des Straßenzustandes, die Verkehrsschau fokussiert sich auf verkehrsrechtliche Aspekte, die örtliche Unfalluntersuchung setzt erst bei unfallauffälligen Straßen ein und die Sicherheitsanalyse erlaubt nur die netzweite Aufdeckung von Bereichen mit hohen Verbesserungspotenzialen.

Es fehlt ein Verfahren, mit dem bestehende Straßen in standardisierter und formalisierter Weise bezüglich sämtlicher Aspekte der Verkehrssicherheit analysiert werden können, ohne dass sie unfallauffällig geworden sind bzw. wenn durch die Anwendung der ESN hohe Sicherheitsverbesserungspotenziale aufgedeckt worden sind. Diese Lücke soll durch das geplante Regelwerk eines ‚Bestandsaudits‘ geschlossen werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem ‚Bestandsaudit‘ nicht um eine regelmäßige Überprüfung wie beim Planungsaudit handelt, sondern dass dieses Verfahren nur anlassbezogen eingesetzt wird (z. B. dort, wo besondere Unsicherheiten vermutet werden oder sich die Funktion einer Straße ändern soll).“ (FGSV 2009)

Daraus leitet sich eine Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ab. Eine Sicherheitsüberprüfung des gesamten Straßennetzes durch Bestandsaudits, wie sie mit den für 2013 geplanten Empfehlungen vorliegen werden (vgl. FGSV 2009), wäre ggf. wünschenswert, ist aber alleine aufgrund des Aufwandes und begrenzter Ressourcen nicht zu rechtfertigen. Wie oben zitiert, sollen Bestandsaudits daher anlassbezogen durchgeführt werden, „z. B. dort, wo besondere Unsicherheiten vermutet werden“ (ebd.).

Knotenpunkte im innerörtlichen Straßennetz zählen zu Orten mit hohem Risikopotenzial. Es wird daher als zweckmäßig angesehen, eine erste Überprüfung des innerörtlichen Bestandes auf diese Bereiche zu fokussieren. Die Beurteilung der Komplexität der Verkehrsanlage dient dann als weiteres Entscheidungskriterium bzw. zur Priorisierung der zu begutachteten Knotenpunkte.

Die Komplexitätsbetrachtungen wären somit Teil des Sicherheitsmanagements bestehender Straßen. Gleichwohl bieten sie die Möglichkeit, präventiv tätig zu werden, komplexe Situationen zielorientiert zu entschärfen und somit zur Unfallvermeidung beizutragen. Der Anlass zur Begutachtung einer Verkehrsanlage wäre somit nicht reaktiv, z. B. aufgrund von Unfallkenngrößen, sondern in erster Linie präventiv, z. B. auf Basis von Komplexitätsgraden.

1.3 Untersuchungsmethodik

Die vorliegende Untersuchung gliedert sich in vier grundlegende Bereiche (Abbildung 1), die im Folgenden erläutert werden.

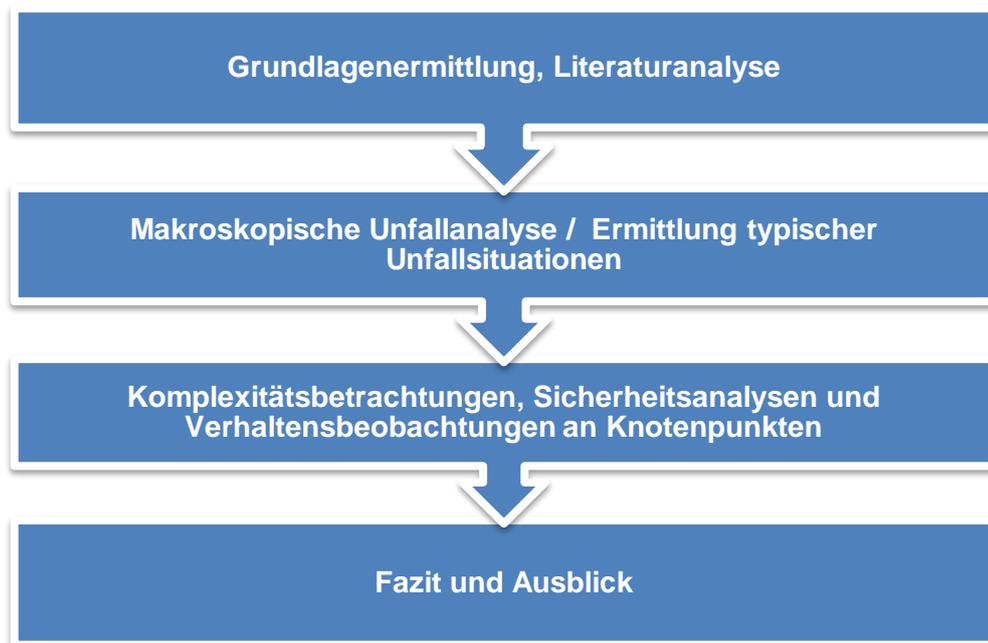


Abbildung 1: Untersuchungsaufbau

Im Rahmen der Grundlagenermittlung wird in einem ersten Schritt der Frage nachgegangen, ob und wie sich die Komplexität an Knotenpunkten darstellen lässt (s. Kapitel 2). Dazu gilt es,

- zunächst die Komplexität zu beschreiben und Merkmale der Komplexität zu identifizieren,
- im Weiteren Kennzeichen zu finden, die die Merkmale der Komplexität an Knotenpunkten beschreiben können und abschließend
- ein Verfahren zu erarbeiten, mit dessen Hilfe sich die Komplexität bzw. der Komplexitätsgrad eines Knotenpunkts bestimmen lässt.

Offensichtlich ist, dass sich **Komplexität** nicht allein aus einer einzigen Abhängigkeit beschreiben lassen kann. Wesentliche Merkmale der Komplexität, wie z. B. die Vielfältigkeit oder die Vielschichtigkeit eines Systems, sind allgemein bekannt und als solche akzeptiert. Diese Merkmale sollen im Rahmen einer allgemeinen Grundlagenrecherche zur Komplexität, auf Basis verschiedener Fachdisziplinen, möglichst umfassend ergänzt werden.

Wichtig dabei ist, dass sich diese Merkmale auf Verkehrsanlagen und im Besonderen auf Knotenpunkte übertragen bzw. mit Hilfe geeigneter Kennzeichen beschreiben und beurteilen lassen.

Eine besondere Herausforderung ist es, einen Komplexitätsgrad von Knotenpunkten zu ermitteln, der zum einen die Komplexität einer Anlage zum Ausdruck bringt und sich zum anderen dazu eignet, mehrere Knotenpunkte hinsichtlich ihrer Komplexität zu vergleichen. Dies ist in dieser Form bisher noch nicht analysiert worden. Es ist zudem nicht bekannt, welche

Merkmale in welcher Weise und mit welcher Gewichtung die Komplexität an einem Knotenpunkt maßgeblich beeinflussen.

Das Verfahren zur Ermittlung der Komplexität ist daher ein möglicher Ansatz, der auf Basis der Grundlagenrecherche plausibel ist, der aber im Lauf der Untersuchungen kontinuierlich auf seine Zweckmäßigkeit und Richtigkeit überprüft werden muss. Dies wird über Sensitivitätsbetrachtungen erfolgen. Grundlegend soll das Verfahren aber möglichst flexibel bleiben, um auch auf andere Verkehrsanlagen oder spezielle Situationen übertragen werden zu können.

Daneben gilt es, die **spezifischen Fertigkeiten und Fähigkeiten von Kindern, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen** hinsichtlich der Teilnahme am Straßenverkehr zu ermitteln, die sich vor allem aus physiologischen und psychologischen Aspekten ergeben (s. Kapitel 3).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden für Kinder und Jugendliche (14 Jahre und jünger) die Themenbereiche Fußgänger und Radfahrer als aktive Verkehrsteilnehmer hervorgehoben. Für die älteren Verkehrsteilnehmer (65 Jahre und älter) werden ebenfalls die Themenbereiche Fußgänger und Radfahrer betrachtet. Daneben wird der lebensältere Mensch vor allem aber auch als Kraftfahrer dargestellt. Die Darstellung für die Gruppe der Menschen mit Mobilitätseinschränkungen konzentriert sich auf Menschen mit einer Seh- oder Gehschädigung/-einschränkung. Die Teilnahme am öffentlichen Verkehr (Bus und Bahn) oder als Mitfahrer in Pkw wird für die bestehende Fragestellung ausgeklammert.

Diese erstgenannten Arbeitsschritte dienen als Grundlage, die Komplexität an Knotenpunkten allgemein, aber auch aus Sicht der intendierten Zielgruppen beschreiben und erfassen zu können.

Mit Hilfe **makroskopischer Unfallanalysen** sollen im Weiteren typische Unfallsituationen an Knotenpunkten, insbesondere die der betrachteten Untersuchungsgruppen, ermittelt werden (s. Kapitel 4). Hieraus können besondere Gefährdungssituationen abgeleitet werden, die sowohl im Rahmen der Komplexitätsbetrachtungen als auch im Hinblick auf Gestaltungsempfehlungen von Knotenpunkten von Bedeutung sind.

Die nächsten Untersuchungsschritte umfassen **Komplexitätsbetrachtungen, Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen** an ausgewählten innerstädtischen Knotenpunkten. Die Auswahl der Knotenpunkte erfolgt unter der Berücksichtigung des typischen Unfallgeschehens der genannten Zielgruppen.

Im Rahmen der Komplexitätsbetrachtungen (vgl. Kapitel 5, 6 und 8) werden Kennzeichen und Merkmale der Komplexität erfasst und beurteilt, Komplexitätsgrade bestimmt sowie der Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen untersucht.

Dies geschieht auf verschiedenen Ebenen bzw. mit drei unterschiedlichen Detaillierungsgraden, die im Folgenden als

- makroskopische,
- mesoskopische und
- mikroskopische Komplexitätsbetrachtungen

bezeichnet werden.

In der ersten (makroskopischen) Ebene soll der Komplexitätsgrad von Knotenpunkten anhand äußerer, relativ einfach zu bestimmender Kennzeichen der Umgebung und der Knotenpunktgestaltung bestimmt werden.

Die zweite (mesoskopische) Ebene dient ebenfalls der Bestimmung des Komplexitätsgrades der Gesamtanlage, die aber auf Basis möglichst umfassender Kennzeichen der Umgebung, der baulichen Gestaltung und der verkehrstechnischen Aspekte erfolgt.

In der dritten (mikroskopischen) Ebene werden gezielt Situationen an Knotenpunkten untersucht, die insbesondere für die Zielgruppen der Untersuchung ein Gefährdungsrisiko darstellen.

Diese Dreistaffelung erfolgt vorwiegend aus den folgenden Gründen:

1. Es ist nicht bekannt, welche und wie viele Kennzeichen an Knotenpunkten erfasst werden müssen, um die Komplexität der Anlage möglichst exakt zu beschreiben. Reichen bereits äußere Kennzeichen der Umgebung und Gestaltung, die Komplexität und das Gefährdungspotenzial einzuschätzen, wäre dies z. B. eine enorme Erleichterung bei der Identifizierung von Knotenpunkten, die einem Bestandsaudit unterzogen werden sollten.
2. Das Unfallgeschehen bzw. das Gefährdungspotenzial an Knotenpunkten kann trotz vergleichbarer Anlagen sehr heterogen sein. Oder: es können sich nur bestimmte Unfalltypen häufen, das Unfallgeschehen kann sich auf bestimmte Arten der Verkehrsbeteiligung konzentrieren oder aufgrund besonderer Randbedingungen sind nur Teilbereiche des Knotenpunktes von Unfällen betroffen. Es soll daher die Frage beantwortet werden, ob der Komplexitätsgrad einer Gesamtanlage dazu geeignet ist, Knotenpunkte hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials zu beschreiben oder ob es notwendig ist, einzelne Situationen – auch aus Sicht verschiedener Gruppen – im Detail zu betrachten.
3. Nicht zuletzt dient die Betrachtung in verschiedenen Detaillierungsgraden auch der Evaluation des Verfahrens zur Bestimmung des Komplexitätsgrades.

Die Gefährdungspotenziale an Knotenpunkten, insbesondere für die Zielgruppen der Untersuchung, werden im Rahmen umfangreicher Sicherheitsanalysen ermittelt. Diese beinhalten

- detaillierte Unfallanalysen,
- Planaudits sowie
- Sicherheitsinspektionen vor Ort

und werden durch Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr erweitert (s. Kapitel 7).

So können prototypische Merkmale bzw. Situationen dokumentiert werden, die insbesondere aus Sicht der „schwächeren Verkehrsteilnehmer“ sicherheitsrelevant sind, aber auch aus Sicht aller Verkehrsteilnehmer Sicherheitsrisiken bergen. Sie bilden die Grundlage der mikroskopischen Komplexitätsbetrachtungen. Zudem werden die maßgebenden Defizite der Verkehrsinfrastruktur dokumentiert.

Abschließend gilt es (s. **Fazit**, Kapitel 10) die Ausgangsfragestellungen,

- ob und wie sich die Komplexität an Knotenpunkten beschreiben lässt,
- in welcher Beziehung diese gegebenenfalls zum Unfallgeschehen steht und

- ob sich die Bestimmung eines Komplexitätsgrades eignet, potenzielle Unfallschwerpunkte bzw. Gefährdungspotenziale zu ermitteln und somit vermeiden zu können,

zu beantworten.

Die im Rahmen der Arbeit entwickelte Methodik zur Bestimmung der Komplexität ist abschließend zu diskutieren und hinsichtlich ihrer Eignung zu beurteilen.

2 Komplexität an Knotenpunkten

2.1 Vorbemerkungen

Im Vordergrund des folgenden Kapitels steht die Frage, was Komplexität im Allgemeinen bedeutet, durch welche Merkmale sie sich kennzeichnet und in welcher Weise und über welche Kennzeichen diese Merkmale auf Verkehrsanlagen wie Knotenpunkte übertragen werden können.

Auf dieser Basis wird ein Verfahren erarbeitet, mit dessen Hilfe sich die Komplexität an Knotenpunkten – und auch für andere Fragestellungen, wie z. B. das Linksabbiegen – abschätzen und vergleichen lässt.

Dabei ist zu beachten, dass derzeit kein allgemein anerkanntes Verfahren existiert, die Komplexität an Knotenpunkten über einen quantifizierbaren Indikator zu beschreiben. Das hier gewählte und im Folgenden dargestellte Vorgehen ist daher ein möglicher Ansatz, der auf Grundlage der Recherchen plausibel ist, aber keine Alleingültigkeit für sich beansprucht.

Das grundsätzliche Vorgehen, die Wahl der Merkmale und Kennzeichen sowie das Verfahren zur Bestimmung eines Komplexitätsgrades sind im Rahmen dieser Untersuchung kontinuierlich zu prüfen.

2.2 Merkmale der Komplexität im Allgemeinen

Komplexität ist allgemeingültig und umfassend nur schwer – vielleicht gar nicht – zu beschreiben bzw. zu definieren. Der Begriff selbst wirkt bereits komplex. Im Umgang mit sogenannten komplexen Situationen spielen zudem verschiedene Sichtweisen und Erfahrungen eine Rolle. Ein Kind nimmt seine Umgebung anders wahr als ein Erwachsener und ein erfahrener Autofahrer wird Situationen anders empfinden und handhaben als ein Fahranfänger oder Gelegenheitsfahrer.

„Eine Definition der Komplexität zu schärfen wäre [daher] bereits irreführend. Komplexität ist ein in unserer Welt nicht nur weit verbreiteter und vielfältiger Zustand von Gegenständen, sie ist auch stets polymorph, so daß [sic] ihrer Bestimmung erst eine ganze Reihe von Merkmalen genügen kann.“ (Riedl 2000, S. 4).

Mit dem Ziel, diese Merkmale möglichst umfassend zusammenzustellen, wird der Begriff der Komplexität und Ansätze zu ihrer Beschreibung aus Sicht verschiedener Wissenschaften und/oder Autoren im Folgenden betrachtet. Diese Merkmale sollen später dabei helfen, eine Verkehrsanlage wie einen Knotenpunkt – auch aus Sicht verschiedener Nutzergruppen – hinsichtlich der Komplexität zu beurteilen.

Ein Ansatz aus der Systemtheorie sagt z. B., dass „die Komplexität eines Systems mit der Anzahl an Elementen, der Anzahl an Verknüpfungen zwischen diesen Elementen sowie der Funktionalität dieser Verknüpfungen steigt (zum Beispiel Nicht-Linearität).“ (Milling 1981).

In den Wirtschaftswissenschaften wird die Komplexität in ähnlicher Weise als die „Vielfalt der Beziehungen der Elemente eines Systems“ bezeichnet:

„1. Begriff: Gesamtheit aller voneinander abhängigen Merkmale und Elemente, die in einem vielfältigen aber ganzheitlichen Beziehungsgefüge (System) stehen. Unter Komplexität wird

die Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten der Elemente und die Veränderlichkeit der Wirkungsverläufe verstanden.

2. Merkmale: Komplexität ist durch Anzahl und Art der Elemente und deren Beziehungen untereinander bestimmbar. Komplexe Prozesse weisen eine Eigendynamik auf und sind meist irreversibel, so dass Handlungen nicht rückgängig gemacht werden können. Wichtigstes Merkmal komplexer Situationen ist die Intransparenz für den Entscheider: Er hat keine Möglichkeit, das Netzwerk zirkulärer Kausalität intuitiv zu erfassen, keine Möglichkeit exakter Modellierung und exakter Prognosen, er muss mit Überraschungen und Nebenwirkungen rechnen. Der Umgang mit komplexen Systemen erfordert ein hohes Maß an Wissen über die kausalen Zusammenhänge der Systemelemente (Art der Vernetzung) und die Fähigkeit, Komplexität auf wenige Merkmale und Muster zu reduzieren (Komplexitätsreduktion).“ (Gabler Verlag 2013)

Der Zoologe Rupert Riedle schrieb in diesem Zusammenhang, dass wir als komplex „Struktur- wie Funktionszusammenhänge, gruppiert durch graduelle Abstufungen bestimmter Eigenschaften, gleich ob Naturdinge, Artefakte, Vorstellungs- oder Denkformen“ bezeichnen. „Sie können kompliziert sein. Aber Komplikation ist nicht ihr kennzeichnendes Merkmal.“ (Riedl 2000, S. 3). Zudem benennt er Kennzeichen bzw. Hauptmerkmale der Komplexität:

1. Historizität,
2. hierarchische Organisation und
3. Systembedingungen im engeren Sinn.

Die Historizität (geschichtliche Einmaligkeit) ist nach Riedl ein Hauptmerkmal, dass die Submerkmale Irreversibilität, Phasenübergänge und Emergenzen einschließt. „Ersteres bedeutet, daß [sic] sich die Entstehungsvorgänge weder am gleichen Weg zurückführen noch wiederholen lassen. Sie haben vielmehr Phasenübergänge durchlaufen, die selbst einmalig, in der Regel weder aufschließbar noch wiederholbar sind, aber zur Emergenz neuer Eigenschaften führen, die auch in Spuren in den Konstituenten des neuen Systems nicht enthalten, also in der Praxis nicht vorhersehbar sind.“ (Riedl 2000, S. 4)

Die hierarchische Organisation beschreibt Stufen emergenter Qualitäten. Jede Schicht habe beim Zusammenwirken mehrerer Faktoren Phasenübergänge durchlaufen und träte mit neuen, nicht voraussagbaren Qualitäten wieder in Erscheinung. Verbunden mit der hierarchischen Ordnung ist nach Riedl das Merkmal der Polymorphie. Wobei die Polymorphie allein die Komplexität noch keineswegs bestimmt. „Mit der Hierarchie ist das anders. Auch die einfachste Hierarchie von Bauteilen oder Funktionen läßt [sic] uns komplexe Verhältnisse erwarten.“ (Riedl 2000, S. 5)

Die Systembedingungen im engeren Sinn stehen für Gesetzmäßigkeiten, Regeln und dynamische Prozesse innerhalb des Systems. „Die inneren Zustände eines Systems gewinnen Eigenständigkeit, folgen eigenen Trends, Constraints und Freiheitsgraden.“ (Riedl 2000, S. 5)

Reinhard Grimm nimmt diese Gedanken auf und hält fest, „dass es sich um Zusammenhänge unterschiedlicher Ausprägungen handelt, deren Elemente eben nicht für sich alleine stehen. Verknüpfung ist damit Grundvoraussetzung für komplexe Konstellationen. (...) Komplexität bezeichnet demnach vernetzte Zusammenhänge, die eine Historizität aufweisen und

durch deren Vernetzung emergente Eigenschaften erwachsen, die bei isolierter Betrachtung der Strukturelemente nicht erklärt werden können.“ (Grimm 2009, S. 27)

Im Weiteren bezieht sich Grimm auch auf den Soziologen Niklas Luhmann und seiner darüber hinausgehenden Definition, die die Beziehung von Elementen und Verknüpfungen mit einschließt:

„Bei Zunahme der Zahl der Elemente, die in einem System oder für ein System als dessen Umwelt zusammengehalten werden müssen, stößt man sehr rasch an eine Schwelle, von der ab es nicht mehr möglich ist, jedes Element zu jedem anderen in Beziehung zu setzen. An diesen Befund kann eine Bestimmung des Begriffs der Komplexität angeschlossen werden: Als komplex wollen wir eine zusammenhängende Menge von Elementen bezeichnen, wenn auf Grund immanenter Beschränkungen der Verknüpfungskapazität der Elemente nicht mehr jedes Element jederzeit mit jedem anderen verknüpft sein kann.“ (Luhmann 1984, S. 46).

Damit können in komplexen Konstellationen nur bestimmte Verknüpfungen existieren, andere wiederum nicht. Dies bedeutet, dass jede komplexe Konstellation eine gewisse Individualität besitzt. (vgl. Grimm 2009, S. 27)

„Zudem übersteigt die Anzahl an Verknüpfungen sehr rasch die Kapazität eines einzelnen Beobachters, sodass selbst bei Kenntnis des gegenwärtigen Zustandes durch diesen keine Vorhersage getroffen werden kann, wie ein komplexes Gebilde auf eine bestimmte Beeinflussung reagieren wird. Bei beiden Ausprägungen von Komplexität – Historizität und (zu) hohe Anzahl von Verknüpfungen – ist es unerheblich, ob es sich um Personen oder Artefakte handelt, die verknüpft sind. Lediglich die Kapazität des Betrachters, den Zustand und die Verknüpfungen einer komplexen Situation zu erfassen und zu verarbeiten, erlaubt es ihm, Reaktionen vorherzusagen oder nicht.“ (Grimm 2009, S. 28)

Damit liegen grundlegende Merkmale, wie Anzahl, Vielfalt, Vielschichtigkeit und Vernetzung von Elementen eines dynamischen, in der Regel einmaligen und in dieser Form nicht wiederherstellbaren Systems, zur Beschreibung eines komplexen Gefüges vor.

Rüdiger von der Weth nimmt diese Eigenschaften auf und nennt am Beispiel von Marketingaufgaben Faktoren, die Arbeitsaufträge auf verschiedenen Dimensionen komplex machen können:

- großer Umfang,
- Vernetztheit,
- Intransparenz,
- Eigendynamik,
- Zeitdruck,
- Zielpluralität und
- viele Handlungsmöglichkeiten (vgl. Weth 2001, S. 10 f.).

Für Knotenpunkte gibt es derzeit keine geeigneten Kenngrößen, mit denen die Komplexität umfassend bezeichnet, eingestuft und/oder bewertet werden kann. Hagen Schüller formuliert allerdings einen Zusammenhang zwischen der Komplexität von Straßen und der Umfeldnutzung:

„Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Abschätzung, wie stark eine Randnutzung in Verbindung mit dem Aufkommen an nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern – vor allem Fußgänger – steht. Die gewerbliche Nutzung (GB) erhält die niedrigste Gewichtung. Arbeitsstätten generieren maßgeblich früh und am Nachmittag starke Fußgängerströme und in den restlichen Zeiten nur ein geringes Aufkommen an nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern. Sonstige gewerbliche Bebauung findet sich häufig an mehrstreifigen Zufahrtsstraßen (Gewerbegebiete), welche eine geringe Knotenpunktdichte, wenige Haltestellen und ein geringes Aufkommen an nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern aufweisen. Solche Straßen können als wenig komplex im Sinne der Umfeldnutzung bezeichnet werden, d. h., sie besitzen eine maßgebliche Verbindungsfunktion und nur eine geringe Erschließungsfunktion. Reine Wohnbebauung (W) findet sich an nahezu allen Arten von Straßen im Netz. Aufgrund eines höheren Aufkommens an ruhendem Verkehr sowie einer vermehrten Nutzung durch Fußgänger und Radfahrer ist diese Art der Umfeldnutzung als komplexer gegenüber der gewerblichen Nutzung einzustufen. Einzelhandel wie z. B. allein stehende Supermärkte mit zugehörigem Parkplatz ergänzen häufig punktuell die reine Wohnbebauung in Wohngebieten. Eingeschossige Bebauung mit ausschließlich Geschäftsbesatz (EH) wird aufgrund des hohen Platzverbrauchs in Relation zum Verkehrsaufkommen, aber auch der häufigen Verwendung von Pkw, um diese Örtlichkeiten zu erreichen (große Parkplätze an Supermärkten), ähnlich der reinen Wohnbebauung gewichtet. Geschäftsstraßen weisen die komplexesten Straßenräume auf. Hier ist aufgrund häufiger Ein- und Ausparkvorgänge, eines hohen Fußgänger- und Radverkehrsaufkommens, einer häufigen Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs (wartende Fahrgäste) und des Auftretens von Liefer- und Ladeverkehr ein hoher Erschließungsgrad gegeben. Solche Straßenräume sind häufig geprägt von einer geschlossenen Wohnbebauung mit Geschäftsbesatz in den unteren Geschossen (WEH).“ (Schüller 2011).

2.3 Merkmale der Komplexität an Knotenpunkten

In Abschnitt 2.2 wurden Merkmale der Komplexität im Allgemeinen aufgezeigt. Diese Basis dient nun dazu, Merkmale zu identifizieren, mit deren Hilfe die Komplexität von Knotenpunkten eingeschätzt und beurteilt werden soll, um letztlich einen Komplexitätsgrad zu bestimmen.

An dieser Stelle sei nochmals erwähnt, dass das hier gewählte und im Folgenden dargestellte Vorgehen ein möglicher Ansatz ist, der auf Basis der Recherchen plausibel ist, den es aber im Lauf der Untersuchung zu überprüfen gilt.

Die grundlegende Idee von Rüdiger von der Weth, Faktoren (Merkmale) zu benennen, die die Komplexität beeinflussen können (vgl. Weth 2001, S. 10 f.), wird hier aufgenommen, da sie sich sehr gut übertragen lässt und auch zur Bestimmung der Komplexität an Knotenpunkten geeignet erscheint. Denn ebenso kann die Komplexität an Knotenpunkten durch die Ausprägung verschiedener Faktoren bzw. Merkmale beschrieben werden.

Um später einen Komplexitätsgrad bestimmen zu können, müssen die Merkmale in ihrer Ausprägung messbar sein. Zumindest müssen sie sich qualitativ beschreiben lassen. Es werden daher die folgenden Merkmale gewählt, die insbesondere die Umgebung, die Gestaltung und die Verkehrsregelung des Knotenpunktes sowie besondere Randbedingungen vor Ort umfassen:

1. Umgebung,
2. Vernetztheit,
3. Intransparenz,
4. Eigendynamik,
5. Zeitdruck,
6. Zielpluralität und
7. Handlungsmöglichkeiten.

Jedes Merkmal kann durch verschiedene und mehrere Kennzeichen erfasst und hinsichtlich seiner Ausprägung beurteilt werden. Die Kennzeichen können sich zudem auf mehrere Merkmale auswirken. So kann das Merkmal der Vernetztheit mitunter durch das Kennzeichen der ungesicherten Überquerung von Fußgängern beschrieben werden. Gleichzeitig wird eine ungesicherte Überquerung der Fußgänger die Intransparenz und die Eigendynamik erhöhen, da z. B. für Kraftfahrer keine vergleichbar eindeutige Regelung mehr besteht, wo und wann Fußgänger überqueren, wie dies bei einer signalisierten Furt oder einem Fußgängerüberweg der Fall wäre.

Diese Vorgehensweise erlaubt es zudem, nicht nur Knotenpunkte im Gesamten, sondern z. B. nur Teilaspekte, bestimmte Fahraufgaben oder die Verkehrsanlage aus Sicht bestimmter Nutzergruppen im Hinblick auf die Komplexität beurteilen zu können. Die Merkmale bleiben i. d. R. bestehen, können je nach Fragestellung aber auch ausgeblendet oder durch andere ersetzt werden. Die Kennzeichen sind immer variabel und sollen je nach Fragestellung angepasst werden. Sie können daher auch sehr spezielle oder ortsgebundene Situationen erfassen.

Die sieben Merkmale werden im Folgenden erläutert.

Merkmal „Umgebung“

Die Umgebung eines Knotenpunktes kann sich auf die Komplexität z. B. infolge

- der Umfeldnutzung,
- der Randbebauung oder
- bedeutender Punkte/Orte im Umfeld (sog. Points Of Interest - POI) auswirken.

Die Umfeldnutzung gibt einen ersten Aufschluss über die Verkehrszusammensetzung. Beispielsweise ist an einem Knotenpunkt in einem Gewerbegebiet ein höherer Schwerverkehrsanteil zu erwarten als in einem Wohngebiet. An einer Hauptgeschäftsstraße ist mit einem hohen Fußgängerverkehrsaufkommen zu rechnen, zudem mit einem höheren Überquerungsbedarf als an einer reinen Verbindungsstraße. Auch können ablenkende Reize, wie Schaufenster oder Werbetafeln, die Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmer beeinträchtigen.

Die Randbebauung, z. B. weit abgesetzt, lückenhaft oder geschlossen, prägt ebenso das Erscheinungsbild und kann ggf. die Sichtverhältnisse, insbesondere für einbiegende oder kreuzende Verkehrsteilnehmer, einschränken.

Bedeutende Orte im Umfeld des Knotenpunktes, wie Halte- und Umsteigepunkte des Öffentlichen Verkehrs (ÖV), Einrichtungen des Gesundheitswesens, Kindergärten oder Schulen wirken sich auch auf die Verkehrszusammensetzung aus (z. B. mehr Rad fahrende Kinder) und können zusätzliche Bedingungen darstellen, die u. a. von Kraftfahrern berücksichtigt werden müssen.

Zum Merkmal „Umgebung“ kann auch die infrastrukturelle Ausstattung bzw. die Gestaltung des Knotenpunktes gezählt werden. So können z. B. fehlende Nullabsenkungen oder fehlende taktile, akustische und/oder optische Hilfen die Komplexität für Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung erhöhen.

Merkmal „Vernetztheit“

Die Vernetztheit von Elementen stellt ein wesentliches Merkmal der Komplexität dar. Auf Knotenpunkte bezogen, kann die Vernetztheit z. B. durch die möglichen Interaktionen der Verkehrsteilnehmer oder deren gemeinsamer Nutzung von Verkehrsflächen erfasst werden. Es beschreibt mitunter die Zahl der potenziellen Konflikte.

Als Kennzeichen eignen sich u. a.

- die Art der Fahrstreifen (Richtungsfahrstreifen oder Mischfahrstreifen),
- mögliche Verflechtungsvorgänge im Knotenpunktbereich aufgrund einer Fahrstreifen-subtraktion hinter dem Knotenpunkt,
- die Art der Verkehrsregelung (signaltechnisch gesicherte oder ungesicherte bzw. bedingt verträgliche Führung),
- die Führung des Fußgängerverkehrs (Trennung nicht verträglicher Verkehrsströme mithilfe einer Fußgängerfurt oder in potenzielle Konflikte tretend an einer ungesicherten Überquerungsanlage) oder

- die Führung des Radverkehrs (im Mischverkehr auf der Fahrbahn oder auf Radfahrstreifen).

Merkmal „Intransparenz“

Komplexe Situationen zeichnen sich zudem dadurch aus, dass sie vom Betrachter nicht vollständig erfasst werden können.

Je undurchschaubarer eine Situation an einem Knotenpunkt ist, umso mehr Schwierigkeiten wird ein Verkehrsteilnehmer voraussichtlich haben, diese Situation zu meistern. Er hat keine Möglichkeit, sich einen ausreichenden Überblick zu verschaffen, der es ihm erlaubt, sich angemessen zu verhalten. Dies umso mehr, je kürzer die Zeit ist, die ihm dazu zur Verfügung steht.

Grundlegende Entwurfsrichtlinien wie die RAS 06 führen daher an, dass Knotenpunkte

- „aus allen Knotenpunktzufahrten rechtzeitig **erkennbar** sein [müssen],
- **begreifbar** sein [müssen], um für alle Verkehrsteilnehmer die Bevorrechtigung, mögliche Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern sowie Einordnungs- und Abbiegemöglichkeiten zu verdeutlichen,
- so **übersichtlich** sein [müssen], dass zumindest alle Wartepflichtigen bei der Annäherung an einen Gefahrenpunkt die bevorrechtigten Verkehrsteilnehmer rechtzeitig sehen können [und]
- **gut und sicher befahrbar bzw. begehbar** sein [müssen].“ (FGSV 2006, S. 109)

Kennzeichen, die sich daraus ableiten und die Intransparenz an Knotenpunkten beschreiben, können u. a. folgende sein:

- die Größe und Geometrie (z. B. Schnittwinkel der Achsen) des Knotenpunktes,
- die Sichtbeziehungen (ggf. eingeschränkt durch Bebauung, Bepflanzung o. w.),
- die Führung der Kfz in den Knotenpunktzufahrten (z. B. Anzahl der Fahrstreifen, Richtungs- oder Mischfahrstreifen, markierte Richtungspfeile),
- die Lage der Haltlinien (ggf. weit abgesetzt),
- die Führung von abbiegenden Kfz (signaltechnisch gesichert, bedingt verträglich mit anderen Verkehrsströmen),
- Führungshilfen für abbiegende Kfz (Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich),
- das gleichzeitige Zulassen von Wenden und Linksabbiegen,
- die Ausführung / das Vorhandensein von Überquerungsanlagen oder
- die Ausführung / das Vorhandensein von Orientierungshilfen für Menschen mit einer Sehschädigung.

Merkmal „Eigendynamik“

Ähnlich wie die Intransparenz, können auch eigendynamische Prozesse dazu beitragen, die Komplexität zu erhöhen.

Situationen werden unvorhersehbar, wenn sich bestimmte Abläufe verselbstständigen, keinen bekannten Regeln mehr folgen und daraus auch immer wieder neue Situationen entste-

hen können. Dem Betrachter eines Systems wird damit die Möglichkeit genommen, Situationen, z. B. aufgrund seiner Erfahrung, einschätzen und Auswirkungen vorhersehen zu können.

So wird auch ein Verkehrsteilnehmer von nicht erwarteten, nicht zu kalkulierenden und ggf. sehr plötzlich eintretenden Ereignissen überrascht. Hinzu kommt, dass er sich in der ihm zur Verfügung stehenden geringen Zeit, nicht mehr auf die neue Situation angemessen einstellen kann. Unfälle können dann die Folge sein.

Einschränkende und eindeutige Regelungen können die Eigendynamik eindämmen und eignen sich als Kennzeichen zu Beschreibung dieses Merkmals.

Generell wird an signalisierten Knotenpunkten das Potenzial für eigendynamische Prozesse im Vergleich zu nicht signalisierten Knotenpunkten begrenzter sein.

An Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage oder signaltechnisch gesicherter Führung können Leit- und Wartelinien Linksabbieger im Kreuzungsbereich ordnen und dabei helfen, das Geschehen zu strukturieren und Abläufe in gewisser Weise zu standardisieren. Auch kann die Möglichkeit für geradausfahrende Kraftfahrer, an wartenden oder langsam abbiegenden Fahrzeugen vorbeizufahren, indem sie Verkehrsflächen des Radverkehrs oder der Gegenrichtung nutzen oder hinter diesen auf benachbarte Fahrstreifen des Geradausverkehrs der gleichen Richtung ausscheren, eigendynamische Prozesse in Gang setzen.

Merkmal „Zeitdruck“

Neben der Anzahl der Elemente und deren Verbindungen untereinander, muss eine zeitliche Komponente beachtet werden, in der z. B. Situationen beurteilt und Entscheiden getroffen werden müssen. Je mehr Entscheidungen in kurzer Zeit zu treffen sind, umso komplexer wird die Situation auch für Verkehrsteilnehmer an einem Knotenpunkt sein. Potenziell wird auch die Fehlerhäufigkeit zunehmen, wenn Entscheidung nicht überdacht, sondern unter Zeitdruck gefällt werden müssen.

Zeitdruck kann die Verkehrsteilnehmer zudem dazu verleiten „unvorsichtig“ zu werden oder Regeln zu missachten. Z. B. wenn Fußgänger bei ROT die Straße überqueren, um noch den wartenden Bus zu erreichen. Ihr Verhalten ist für andere Verkehrsteilnehmer nicht vorherzusehen und schwer abzuschätzen.

Die Verkehrsmenge, die zur Verfügung stehenden Zeitlücken, die zulässige Geschwindigkeit und auch das Vorhandensein von Haltestellen des ÖV, Schulen oder vergleichbaren Einrichtungen, kann als Kennzeichen dienen, die Örtlichkeit im Hinblick auf dieses Merkmal einzuschätzen.

Merkmal „Zielpluralität“

Zielpluralität liegt insbesondere dann vor, wenn bestimmte Interessen gegeneinander stehen und Sachverhalte gegeneinander abgewogen werden müssen.

In diesem Kontext betrifft dies z. B. die Entscheidung zwischen sicherem bzw. regelkonformem und unsicherem bzw. nicht regelkonformem Verhalten. Lange Wartezeiten an signalisierten Furten können dazu führen, dass das Signal ROT von Fußgängern nicht akzeptiert wird und diese versuchen, vor Beginn der Freigabezeit zu überqueren. Dies beschreibt in

ähnlicher Weise auch die Entscheidung, noch den Bus oder die Straßenbahn zu erreichen, dafür aber bei ROT zu überqueren.

Ortskundige Autofahrer, die z. B. wissen, dass die herannahende Straßenbahn ihre Freigabezeit am Knotenpunkt anfordert, fahren ggf. (zu) spät über den Knotenpunkt, um längere Wartezeiten zu vermeiden und riskieren dabei den Konflikt mit einbiegenden oder kreuzenden Verkehrsteilnehmern.

Somit können u. a. das Signalprogramm (z. B. hohe Umlaufzeit) oder Haltestellen des ÖV dazu dienen, den Knotenpunkt auf möglich Ausprägungen im Merkmal Zielpluralität einzuschätzen.

Merkmal „Handlungsmöglichkeiten“

Der Umfang der Handlungsmöglichkeiten beschreibt letztlich die Vielfältigkeit eines Systems. Mögliche Kennzeichen zur Beschreibung ergeben sich z. B. aus den folgenden Fragen:

- Ist an dem betrachteten Knotenpunkt sowohl das Linksabbiegen als auch das Wenden für einen Verkehrsstrom möglich?
- Sind Leit- und Wartelinien für Linksabbieger vorhanden und erkennbar?
- Existiert das Verkehrszeichen Z 720 (Grüner Pfeil) für Rechtsabbieger an einem lichtsignalgeregelten Knotenpunkt?
- Werden Geradeausfahrer auf mehreren Fahrstreifen der Zufahrt geführt? Sind diese Fahrstreifen dann Richtungsfahrstreifen oder werden darauf auch wartepflichtige Rechts- oder Linksabbieger geführt, die dazu führen können, dass Geradeausfahrer nach links oder rechts ausscheren?
- Wie werden die Kfz-Linksabbieger geführt (signaltechnisch gesichert oder bedingt verträglich mit Fahrzeugen der Gegenrichtung)?

2.4 Verfahren zur Ermittlung der Komplexität an Knotenpunkten

In den vorangegangenen Abschnitten wurden Merkmale der Komplexität und Kennzeichen zu deren Beschreibung erläutert. Zur Bestimmung der Komplexität eines Knotenpunktes – oder einer anderen Fragestellung – ist es nun notwendig, diese Merkmale und Kennzeichen einzustufen und hinsichtlich ihrer Komplexität bzw. Ausprägung beurteilen und bewerten zu können. Das Ziel ist die Ermittlung eines Komplexitätsgrades.

Komplexitätsgrade für Verkehrsanlagen sind in dieser Form bisher noch nicht untersucht bzw. gebildet worden. Das im Folgenden erläuterte Verfahren stellt einen möglichen Ansatz dar. Diesen gilt es im Rahmen der Untersuchung auf seine Anwendbarkeit und seine Berechtigung zu überprüfen.

Generell soll das Verfahren möglichst unkompliziert auf verschiedene Fragestellungen bzw. auf differenzierte Komplexitätsbetrachtungen (z. B. Knotenpunkte insgesamt oder Knotenpunkte aus Sicht von Kindern, Senioren, Linksabbiegern, Fußgängern, Radfahrern oder anderen) angewendet werden können. Es ist daher in seinem grundsätzlichen Ablauf allgemein gehalten, um möglichst flexibel zu sein. Es basiert auf den Kennzeichen und Merkmalen zur Beschreibung der Komplexität, die aufgrund ihrer Ausprägung oder Bedeutung eingestuft werden müssen.

Der Komplexitätsgrad soll sowohl die Ausprägung der einzelnen Merkmale als auch die Komplexität des Knotenpunktes oder der jeweils betrachteten Situation/Aufgabe im Gesamten widerspiegeln. Er bildet darüber hinaus auch die Grundlage, auf der sich z. B. mehrere Knotenpunkte im Hinblick auf ihre Komplexität miteinander vergleichen lassen.

Für den Komplexitätsgrad wird eine Skala von

- 0 (nicht komplex / keine Ausprägung) bis
- 10 (sehr komplex / starke Ausprägung)

gewählt, die auf der anteiligen Ausprägung der Komplexität (zwischen 0 und 100 %) der einzelnen Merkmale oder der gesamten Anlage basiert.

Tabelle 2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Verfahrens.

Zunächst muss die Fragestellung definiert werden, für die die Komplexität untersucht werden soll. Dies kann z. B. der gesamte Knotenpunkt, nur das Linksabbiegen oder eine andere Situation aus Sicht bestimmter Verkehrsteilnehmer sein (vgl. Tabelle 2, Spaltenbereich „Kennzeichen für...“)

Entsprechend der betrachteten Fragestellung werden in einem nächsten Schritt die Kennzeichen bestimmt, die Einfluss auf die Komplexität nehmen. Grundsätzlich können beliebig viele Kennzeichen gewählt werden. Dies dient der Flexibilität des Verfahrens und berücksichtigt, dass es derzeit keine Untersuchungen darüber gibt, wie viele und welche Kennzeichen erfasst werden sollten, um die Komplexität einer Verkehrsanlage zu beschreiben. Am Beispiel der Tabelle 2 sind es insgesamt zehn. Möchte man z. B. die Komplexität des Linksabbiegens an Knotenpunkten untersuchen, ist ein zweckmäßiges Kennzeichen die Verkehrsregelung der Linksabbieger, das z. B. das Kennzeichen 1 sein könnte.

Bei Bedarf können die einzelnen Kennzeichen in Bereiche oder Gruppen zusammengefasst werden. So können verschiedene Kennzeichen, z. B. der Umgebung (Umfeldnutzung, Randbebauung, POI u. w.) oder der Verkehrsmengen (Kraftfahrer, Radfahrer, Fußgänger), einzeln

erfasst und beurteilt, aber auch zusammenfassend ausgewertet werden. Exemplarisch sind in der Tabelle 2 die Bereiche bzw. Gruppen A, B und C aufgeführt.

Jedes Kennzeichen erhält einen Kennwert, der die Ausprägung bzw. die Komplexität beschreibt. Dieser Kennwert liegt ebenfalls zwischen 0 (nicht komplex) und 10 (komplex bzw. sehr komplex). Die Differenzierung der Komplexität kann in einer 2er-Einstufung (nicht komplex / komplex) erfolgen, aber auf der Skala von 0 bis 10 auch stark differenziert werden (vgl. Tabelle 3). Am Beispiel des bereits genannten Linksabbiegens, könnte folgende Differenzierung vorgenommen werden, die die Komplexität des Kennzeichens „Verkehrsregelung“ beschreibt:

Kennwert 0: signaltechnisch gesichert geführt (keine Komplexität)

Kennwert 5: signaltechnisch nicht gesichert geführt, aber auf eigenem Linksabbiegestreifen und mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich (mittlere Komplexität)

Kennwert 10: signaltechnisch nicht gesichert geführt, auf Mischfahrstreifen mit Geradeausverkehr und ggf. Rechtsabbiegern und ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich (hohe Komplexität)

Im Weiteren erfolgt die Zuordnung der Kennzeichen zu den sieben Merkmalen der Komplexität (vgl. Abschnitt 2.3). Dies erfolgt über die Relevanz, die das jeweilige Kennzeichen für die verschiedenen Merkmale besitzt (vgl. Tabelle 2):

0 (rot): das Kennzeichen hat keine Relevanz für das Merkmal,

1 (gelb): das Kennzeichen ist bedingt relevant für das Merkmal oder

2 (grün): das Kennzeichen ist relevant für das Merkmal.

Für jedes Merkmal ist damit die maximal erreichbare Punktzahl festgelegt. Sie entspricht:

a) der Summe der relevanten Kennzeichen multipliziert mit 2 multipliziert mit 10 plus

b) der Summe der bedingt relevanten Kennzeichen multipliziert mit 10.

Im Beispiel der Tabelle 2 kann das Merkmal „1. Umgebung“ maximal 40 Punkte erreichen (= 2 relevante Kennzeichen multipliziert mit der Relevanz 2 multipliziert mit dem maximalen Kennwert 10); das Merkmal „4. Eigendynamik“ erreicht maximal die Punktzahl 30 (= 1 relevantes Kennzeichen multipliziert mit 2 multipliziert mit 10 plus 1 bedingt relevantes Kennzeichen multipliziert mit 10).

Über die vorhin beschriebene Vergabe von Kennwerten je Kennzeichen, erreicht jedes Merkmal eine bestimmte Anzahl von Punkten. Diese kann zwischen 0 und 100 % der maximal zu erreichenden Punkte betragen. Der Komplexitätsgrad je Merkmal ($K_{\text{Merkmal},i}$) liegt dementsprechend zwischen 0 und 10.

Tabelle 4 veranschaulicht das Prinzip. Das Merkmal „1. Umgebung“ kann maximal 40 Punkte erreichen. Über die Vergabe der Kennwerte (9 im Kennzeichen 1 und 8 im Kennzeichen 2) werden tatsächlich 34 Punkte erreicht. Dies entspricht einem Anteil von 85 %. Dem Merkmal „1. Umgebung“ wird somit der Komplexitätsgrad $K_{\text{Merkmal},1} = 8,5$ zugewiesen.

Der Komplexitätsgrad der Anlage bzw. der betrachteten Fragestellung (K_{gesamt}) bestimmt sich aus den Komplexitätsgraden der Merkmale ($K_{\text{Merkmal},i}$). Es wird eine Gleichgewichtung der Merkmale gewählt, da nicht bekannt ist, welches Merkmal mit welchem Gewicht und in welcher Weise die Komplexität beeinflusst. Die Komplexitätsgrad K_{gesamt} entspricht daher dem

arithmetischen Mittel der einzelnen Komplexitätsgrade. Im Beispiel der Tabelle 4 ist $K_{gesamt} = 6,35$.

Eine bezifferbare prozentual differenzierte Gewichtung der Merkmale ist an dieser Stelle nicht begründbar. Obwohl es durchaus sein kann, dass die Merkmale die Komplexität in unterschiedlicher Weise und Ausprägung beeinflussen. Im Rahmen der Untersuchungen gilt es daher auch zu prüfen, ob bestimmte Merkmale (oder Kennzeichen) die Komplexität maßgeblich beeinflussen, um eine gegebenenfalls erforderlich werdende und begründbare Gewichtung vornehmen zu können.

Tabelle 2: Schema zur Ermittlung der Komplexität

Kennzeichen für... (je nach Fragestellung/Betrachtung, z. B. für die Gesamtanlage, speziell für das Linksabbiegen o. a.)				Merkmale						
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
				Umgebung	Vernetztheit	Intransparenz	Eigendynamik	Zeitdruck	Zielpluralität	Handlungsmöglichkeiten
Bereich / Kennzeichen-gruppe	Kennzeichen	Differenzierung des Kennzeichens	Kennwert	Relevanz des Kennzeichens für das Merkmal						
A	1	nicht komplex / nicht relevant	0	2	0	0	0	0	0	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
A	2	nicht komplex / nicht relevant	0	2	0	0	0	0	1	1
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
A	3	nicht komplex / nicht relevant	0	0	2	2	0	0	0	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
B	4	nicht komplex / nicht relevant	0	0	2	2	2	0	0	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
B	5	nicht komplex / nicht relevant	0	0	0	0	0	2	0	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
B	6	nicht komplex / nicht relevant	0	0	0	0	0	0	2	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
C	7	nicht komplex / nicht relevant	0	0	2	2	0	0	1	2
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
C	8	nicht komplex / nicht relevant	0	0	2	0	0	1	0	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
C	9	nicht komplex / nicht relevant	0	0	2	0	0	0	0	2
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							
C	10	nicht komplex / nicht relevant	0	0	0	2	1	0	0	0
		geringe bis hohe Ausprägung (Komplexität)	1 bis 10							

Erläuterungen:
Ein Kennzeichen ist relevant für ein Merkmal (Wert 2, grün hinterlegt), bedingt relevant (Wert 1, gelb hinterlegt) oder nicht relevant (Wert 0, rot hinterlegt).

Tabelle 3: Mögliche Differenzierung der Komplexität bzw. der Ausprägung eines Kennzeichens

Einstufung	Kennwert											Ausprägung (Komplexität), z. B.:	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2er Stufung	x											x	nicht komplex / (sehr) komplex
3er Stufung	x					x						x	nicht komplex / komplex / sehr komplex
4er Stufung	x			x				x				x	nicht / wenig / mittel / hoch
5er Stufung	x			x		x		x				x	nicht / wenig / mittel / hoch / sehr hoch
...													...
Skala "0 bis 10"	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	starke Differenzierung der Ausprägung (Komplexität)

Tabelle 4: Beispiel zur Ermittlung des Komplexitätsgrades

Kennzeichen (je nach Fragestellung / Betrachtung)			1. Umgebung		2. Vernetztheit		3. Intransparenz		4. Eigendynamik		5. Zeitdruck		6. Zielpluralität		7. Handlungsmöglichkeiten	
			Relevanz (0/1/2)	Kennwert	Relevanz (0/1/2)	Kennwert										
Bereich / Kennzeichen- gruppe	Kennzeichen	Kennwert														
A	Kennzeichen 1	9	2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	Kennzeichen 2	8	2	16	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	8	
A	Kennzeichen 3	7	0	0	2	14	2	14	0	0	0	0	0	0	0	
B	Kennzeichen 4	5	0	0	2	10	2	10	2	10	0	0	0	0	0	
B	Kennzeichen 5	8	0	0	0	0	0	0	0	2	16	0	0	0	0	
B	Kennzeichen 6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	
C	Kennzeichen 7	9	0	0	2	18	2	18	0	0	0	1	9	2	18	
C	Kennzeichen 8	8	0	0	2	16	0	0	0	1	8	0	0	0	0	
C	Kennzeichen 9	5	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0	0	2	10	
C	Kennzeichen 10	1	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
Erreichte Punkte je Merkmal			34		68		44		11		24		19		36	
Maximal mögliche Punkte je Merkmal			40		100		80		30		30		40		50	
Erreichter Anteil			85,00%		68,00%		55,00%		36,67%		80,00%		47,50%		72,00%	
Komplexitätsgrad je Merkmal			8,50		6,80		5,50		3,67		8,00		4,75		7,20	
Komplexitätsgrad der Fragestellung / Betrachtung															6,35	

2.5 Fazit zur Grundlagenuntersuchung der Komplexität

Komplexität lässt sich allgemeingültig, umfassend und detailliert nur schwer – vielleicht gar nicht – definieren. Dazu sind die Faktoren, die die Komplexität beeinflussen zu vielfältig und vielschichtig, stehen teilweise in Wechselwirkung zueinander oder können je Fragestellung bzw. je Sichtweise auch variieren oder andere Gewichtungen erhalten.

Dennoch gibt es Merkmale, die die Komplexität beschreiben bzw. die Einfluss auf die Komplexität nehmen und welche näher formuliert werden können. Diese Merkmale eignen sich dazu, auch die Komplexität an Knotenpunkten zu beschreiben.

Eine annähernde Erfassung der Komplexität an Knotenpunkten oder bestimmter Fragestellungen kann allerdings nur durch die Berücksichtigung einer ganzen Reihe von Merkmalen und Kennzeichen erfolgen, die die Vorgänge und komplexen Zusammenhänge möglichst umfassend beschreiben. Diese Merkmale und Kennzeichen können hinsichtlich ihrer Ausprägung beurteilt und zur Bildung eines Komplexitätsgrades herangezogen werden.

Unbekannt an dieser Stelle ist noch, in welcher Quantität und Qualität dies erfolgen muss. Auch können verschiedene Einflüsse vorliegen, die unterschiedlich gewichtet werden müssen, aber noch nicht erforscht sind. Das hier gewählte Verfahren stellt somit einen möglichen Ansatz dar, der im Lauf der Untersuchung anhand der Ergebnisse validiert werden muss.

3 Fähigkeiten, Fertigkeiten und Gefährdungspotenziale bei Kindern, Senioren und Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen

3.1 Vorbemerkungen

Zur (sicheren) Teilnahme am Straßenverkehr werden verschiedene psychologische und motorische Fähigkeiten benötigt, die es Verkehrsteilnehmern erlauben, z. B. Risikosituationen abzuwägen und einzuschätzen oder das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer zu beurteilen und vorherzusehen, um ggf. schnell und richtig darauf reagieren zu können. Auch spielen physiognomische Bedingungen, wie z. B. die Körpergröße bzw. die Sichthöhe, eine Rolle, wenn Situationen überblickt werden müssen oder wenn Fußgänger von Kraftfahrern gesehen werden sollen bzw. mit diesen „kommunizieren“ wollen.

Diese Fähigkeiten und Fertigkeiten besitzen Menschen nicht von Beginn an. Ebenso verändert sich die kognitive und körperliche Leistungsfähigkeit über die Lebensspanne. Zudem können bestimmte Fähigkeiten, z. B. Gehen, Sehen oder Hören, im Fall einer Behinderung stark eingeschränkt oder gar nicht gegeben sein.

So können vergleichbare Situationen an Knotenpunkten, z. B. aufgrund der Gestaltung oder der Verkehrsregelung, für Menschen unterschiedlichen Alters oder mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Voraussetzungen völlig andere Herausforderungen bedeuten. Anders ausgedrückt: „für verschiedene Menschen sind Probleme auch in verschiedener Weise komplex“ (Weth 2001, S. 13).

Im Folgenden werden die grundlegenden Besonderheiten und speziellen Fertigkeiten der intendierten Zielgruppen näher beschrieben. Dieser Überblick kann und soll nicht in jeder Beziehung vollständig sein, sondern sich auf Aspekte konzentrieren, die die (sichere) Teilnahme am Straßenverkehr betreffen.

Das Ziel ist die Identifizierung von Situationen, die insbesondere aus Sicht der genannten Gruppen an Knotenpunkten komplex sind bzw. Gefährdungspotenziale bergen. Auf dieser Basis lassen sich später auch Gestaltungsempfehlungen ableiten.

3.2 Kinder als aktive Teilnehmer am Straßenverkehr

Das Augenmerk der Untersuchung liegt auf der aktiven Teilnahme am Straßenverkehr und befasst sich in erster Linie mit den infrastrukturellen Voraussetzungen an Knotenpunkten. Einleitend soll kurz auf das Kinderunfallgeschehen in Deutschland im Allgemeinen eingegangen werden. Eine ausführliche Analyse von Unfällen mit Beteiligung von Kindern enthält das Kapitel 4.

Erfreulich ist, dass die Zahlen der im Straßenverkehr verunglückten oder getöteten Kinder in Deutschland in den letzten Jahren tendenziell rückläufig sind. Dennoch gehören „Unfälle mit Kindern [...] nach wie vor zum traurigsten Kapitel unseres Verkehrsalltages. Im Durchschnitt des letzten Jahres [2011, Anm. d. Verf.] kam alle 17 Minuten ein Kind im Straßenverkehr zu Schaden, jeden vierten Tag wurde ein Kind getötet.

Insgesamt verunglückten 30 676 Kinder im Jahr 2011 auf deutschen Straßen, das waren 7,2 % mehr als 2010. Erfreulicherweise sind aber wieder weniger Kinder im vergangenen Jahr im Straßenverkehr ums Leben gekommen, nachdem es im Jahr 2010 mehr tödlich ver-

unglückte Kinder zu beklagen gab. Die Zahl der Verkehrsoffer unter 15 Jahren ging im Jahr 2011 um 17,3 % auf 86 Kinder zurück.

Der Anteil der Kinder unter 15 Jahren an allen Verunglückten bei Straßenverkehrsunfällen betrug 7,7 %, ihr Bevölkerungsanteil lag bei 13,4 %. Bezogen auf die Einwohnerzahl ihrer Altersgruppe (11 Millionen Einwohner) verunglückten 280 Kinder je 100 000 Einwohner im Jahr 2011. Acht Kinder je eine Million Einwohner dieser Altersgruppe kamen ums Leben.“ (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 5)

Fast zwei Drittel der bei Unfällen im Straßenverkehr verletzten Kinder, verunglückten im Jahr 2011 als aktiver Teilnehmer (Radfahrer und Fußgänger) (Abbildung 2). „Dabei ergibt sich in den einzelnen Altersgruppen ein unterschiedliches Bild:

Es verunglückten

- **Kinder unter 6 Jahren** zu 59,6 % im Pkw, zu 24,6 % als Fußgänger und zu 8,8 % als Fahrradbenutzer.
- **Kinder im Alter von 6 bis unter 10 Jahren** zu 36,1 % als Insasse im Pkw, zu 33,5 % als Fußgänger und zu 25,6 % als Fahrradbenutzer.
- **Kinder über 10 Jahren** zu 49,6 % als Fahrradbenutzer, zu 23,7 % als Pkw-Insasse und zu 20,4 % als Fußgänger.“ (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 8)

„Von den im Jahr 2011 getöteten Kindern verloren 32 Kinder bzw. 37,2 % als Mitfahrer in einem Pkw ihr Leben. Mehr als jedes dritte getötete Kind (33,7 %) war zu Fuß unterwegs als der Unfall passierte, weitere 27,9 % auf einem Fahrrad.“ (ebd.)

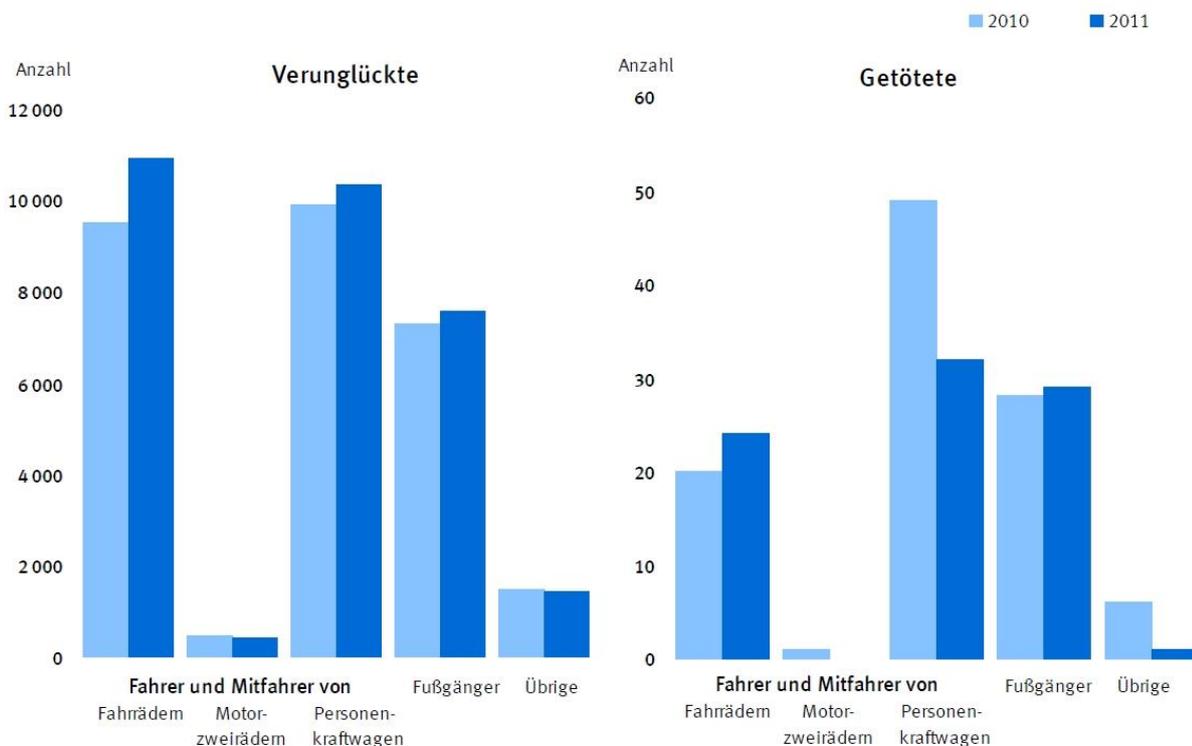


Abbildung 2: Verunglückte Kinder unter 15 Jahren bei Straßenverkehrsunfällen nach Art der Verkehrsbeteiligung in 2010 und 2011 (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 8)

Die Unfallstatistiken des Bundes zeigen, auch vor dem Hintergrund, dass nicht alle Kinderunfälle im Straßenverkehr der Polizei gemeldet werden und in den Statistiken auftauchen können, somit dringenden Handlungsbedarf auf. Die Verkehrspsychologin Maria Limbourg stellt in diesem Zusammenhang sehr anschaulich fest:

„Will man die Sicherheit von Kindern im Straßenverkehr erhöhen und die Häufigkeit und Schwere von Kinderunfällen verringern, muss man die Erlebens- und Verhaltensweisen von Kindern unterschiedlicher Altersstufen als Fußgänger, Radfahrer und als Mitfahrer in Pkw, Bussen und Bahnen kennen und bei der Entwicklung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen berücksichtigen.“ (Limbourg 2001, ohne Seitenangabe)

Man muss also verstehen, welche Situationen im Straßenverkehr für Kinder schwer zu bewältigen bzw. besonders komplex sind. Das Gefährdungspotenzial für Kinder, als aktive Teilnehmer im Straßenverkehr zu verunglücken, ergibt sich vorwiegend aus den noch nicht voll ausgebildeten psychologischen und physiognomischen Fertigkeiten und Fähigkeiten, die zur sicheren Teilnahme am Straßenverkehr benötigt werden. Diese werden im Folgenden grundlegend erläutert.

Entwicklung kognitiver Funktionen

„Für die Teilnahme am Straßenverkehr wichtige kognitive Funktionen, wie etwa die Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit [Fähigkeit zwischen relevanten und irrelevanten Reizen zu unterscheiden, Anm. d. Verf.], entwickeln sich erst mit zunehmendem Alter.“ (Poschadel 2006, S. 67). Jüngere Untersuchungsmethoden zeigen immer deutlicher, dass Informationsverarbeitungsprozesse bei Kindern nicht langsamer, sondern vor allem anders verlaufen als bei Erwachsenen. „Je jünger Kinder sind, desto geringer ist der funktionale Reifegrad des Gehirns, desto unterschiedlicher sind Informationsverarbeitungsprozesse im Vergleich zu Erwachsenen.“ (ebd.). Dies ist mit ein Grund dafür, warum sich Kinder – je jünger sie sind – schlechter im Straßenverkehr („der Welt der Erwachsenen“) zurechtfinden. Zudem ist es für Erwachsene nur schwer möglich, das Verhalten der Kinder richtig einzuschätzen, da sie selber Situationen anders erfassen und beurteilen.

Entwicklung der visuellen und auditiven Wahrnehmung

Mit zunehmendem Alter lernen bzw. erlangen Menschen die Fähigkeit Umweltreize über die Sinnesorgane wahrzunehmen, zu verarbeiten und darauf angemessen zu reagieren.

Aufgrund des unterschiedlichen Verlaufs von Informationsverarbeitungsprozessen muss davon ausgegangen werden, dass Kinder z. B. visuelle Reize anders verarbeiten als Erwachsene, „auch wenn es beispielsweise bei der Entdeckung von visuellen Stimuli im peripheren Sehfeld nur geringe Mittelwertunterschiede zwischen Erwachsenen und Kindern gibt“ (Poschadel 2006, S. 67). Es besteht somit das Risiko, dass sich Kinder ggf. selbst gefährden, weil sie Reize im Straßenverkehr nicht „richtig“ interpretieren können.

Neben der visuellen ist die auditive Wahrnehmung eine wichtige Voraussetzung zur sicheren Teilnahme am Straßenverkehr. Untersuchungen zur auditiven Wahrnehmung von Kindern kommen jedoch zu dem Ergebnis, dass selbst 11-jährige Kinder nur etwa 60 % dargebotener auditiver Reize, die das Nähern, das Vorbeifahren bzw. das Entfernen von Pkw wiedergaben, richtig beurteilen konnten. Und: je jünger die Kinder waren, umso schlechter waren die Ergebnisse. (vgl. Pfeffer und Barnecutt 1996)

Die noch nicht ausgereifte visuelle und auditive Wahrnehmung wirkt sich unter anderem auch auf die Fähigkeit aus, Entfernungen und Geschwindigkeiten richtig einzuschätzen. Kinder bis etwa 6 Jahren können kaum beurteilen, ob ein sich annäherndes Fahrzeug weit weg oder bereits sehr nah ist. „Die Schätzung von Geschwindigkeiten ist auch noch für ältere

Kinder sehr schwierig. Erst mit ca. 10 Jahren können Kinder Geschwindigkeiten annähernd realistisch einschätzen. Sehr junge Kinder (3-4 Jahre) können häufig nicht einmal ein stehendes von einem fahrenden Auto unterscheiden – deshalb bleiben sie manchmal am Zebrastreifen stehen und überqueren nicht die Fahrbahn, obwohl der Autofahrer hält.“ (Limbourg 2001, ohne Seitenangabe)

Entwicklung eines Sicherheitsbewusstseins

Die Existenz eines Sicherheitsbewusstseins und die Fähigkeit zur Gefahrenerkennung sind zwei weitere wichtige Bausteine zu sicheren Teilnahme am Straßenverkehr. Dies gilt insbesondere für Fußgänger und Radfahrer.

Bei Kindern muss sich ein Bewusstsein für Gefahren erst entwickeln. Die Verkehrspsychologin Maria Limbourg beschreibt auf Basis ihrer Forschungen und Recherchen ein Stufenmodell:

„**1. Stufe:** Auf der ersten Stufe lernen die Kinder, gefährliche Situationen im Straßenverkehr zu erkennen, aber erst dann, wenn sie schon akut gefährdet sind. Wenn z. B. ein Kind, das einen steilen Abhang mit dem Fahrrad herunterfährt und immer schneller wird, Angst bekommt, hat es schon ein akutes Gefahrenbewusstsein. In diesem Stadium lässt sich der Unfall kaum mehr vermeiden, die Wahrnehmung der Gefahr kommt in der Regel zu spät. Diese erste Stufe wird mit ca. 5 bis 6 Jahren erreicht.

2. Stufe: Auf der zweiten Stufe lernen die Kinder, Gefahren vorauszusehen, d. h. sie lernen zu erkennen, durch welche Verhaltensweisen sie in Gefahr geraten könnten (vorausschauendes Gefahrenbewusstsein). Erkennt das Kind z. B. das Radfahren auf abschüssigen Wegen gefährlich ist, hat es schon ein vorausschauendes Gefahrenbewusstsein. Diese Stufe wird mit ca. 8 Jahren erreicht.

3. Stufe: Auf der dritten Stufe lernen Kinder, vorbeugende Verhaltensweisen bewusst einzusetzen, um Gefahren zu reduzieren (Präventionsbewusstsein). Ein Kind, das einen Umweg in Kauf nimmt, um eine Straße sicher zu überqueren, hat schon ein Bewusstsein für vorbeugende Maßnahmen entwickelt. Diese Stufe wird erst mit ca. 9-10 Jahren erreicht.

Die einzelnen Altersangaben für das Erreichen bestimmter Stufen können nur als Durchschnittswerte betrachtet werden, mit großen interindividuellen Schwankungen. Aus diesem Grund muss man immer mit Kindern rechnen, die sich langsamer entwickeln und die einzelnen Stufen wesentlich später erreichen.

Eine einigermaßen "sichere" Teilnahme am Straßenverkehr kann erst dann erwartet werden, wenn die Kinder die dritte Stufe erreicht haben (Bewusstsein für vorbeugende Maßnahmen), aber auch das Erreichen der zweiten Stufe (vorausschauendes Gefahrenbewusstsein) bringt schon eine deutliche Sicherheitserhöhung für die Kinder.“ (Limbourg 1997, ohne Seitenangabe)

Somit besitzen Kinder erst mit etwa 8 - 10 Jahren ein annähernd realistisches Bewusstsein für Gefahren. Vorher sind sie im Straßenverkehr hoch gefährdet, da sie Gefahren zu spät oder gar nicht erkennen.

Konzentration und Aufmerksamkeit im Kindesalter

Neben einem ausgeprägten Bewusstsein sind Konzentration und Aufmerksamkeit zur Gefahrenerkennung notwendig. Die Entwicklung der Aufmerksamkeit und der Konzentrationsfähigkeit ist allerdings erst im Alter von 14 Jahren abgeschlossen. Jüngere Kinder können sich nicht gleichzeitig auf zwei Sachen konzentrieren. Zudem kommen andere, ablenkende Reize, die für Kinder interessanter sind, als der Straßenverkehr.

Maria Limbourg skizziert die Entwicklung der Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit wie folgt:

„Im Alter von 2-4 Jahren wird die Aufmerksamkeit fast ausschließlich durch interessante Reize aus der Umwelt gesteuert. Von den für sie interessanten Reizen lassen sich die Kinder häufig so stark ablenken, dass sie im Verkehr in Gefahr geraten.“

In dieser Altersspanne sind die Kinder noch kaum in der Lage, die für ihre Sicherheit erforderlichen Aufmerksamkeitsleistungen zu erbringen. Deshalb laufen sie schnell mal aus dem Kaufhaus oder aus dem Garten heraus – und manchmal direkt vor ein Auto. Oder sie reißen sich plötzlich auf dem Gehweg von der elterlichen Hand los und laufen auf die Fahrbahn, wenn dort etwas für sie Interessantes zu sehen ist. Auch das kindliche Trotzverhalten kann zu solchen Verhaltensweisen führen. Diese Verhaltensweisen überraschen die Autofahrer und die Eltern – sie haben damit nicht gerechnet.

Ab ca. 5 Jahren beginnen die Kinder, ihre Aufmerksamkeit bewusster zu steuern, sie lassen sich aber noch sehr leicht ablenken – bis zum Alter von 8 bis 10 Jahren.

Erst ab ca. 8 Jahren sind die Kinder fähig, sich auch über eine längere Zeit (z. B. für die Gesamtdauer des Schulwegs) auf den Straßenverkehr zu konzentrieren. Voll ausgebildet ist diese Fähigkeit jedoch erst mit ca. 14 Jahren. Vorher lassen sich Kinder sehr leicht vom Straßenverkehr durch andere interessante Reize ablenken.“ (Limbourg 2001, ohne Seitenangabe)

Soziale Fähigkeiten

An nicht signalisierten Knotenpunkten und ungesicherten Überquerungsstellen oder wenn abbiegende Kfz mit Fußgängern bedingt verträglich geführt werden, ist auch die Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern von Bedeutung. Hier liegen weitere Gefahrenpotenziale vor allem für jüngere Kinder, da sie noch nicht in der Lage sind mit den Kraftfahrern zu kommunizieren.

„Jüngere Kinder (bis ca. 7 Jahren) können sich noch nicht in andere Personen hineinversetzen und ihre Absichten einschätzen; sie schließen von sich auf andere. Da sie selbst in der Lage sind, auf der Stelle stehen zu bleiben, gehen sie davon aus, dass auch Autos sofort anhalten können. [...] Wenn sie das Auto sehen nehmen sie an, dass der Fahrer auch sie sieht.“ (Limbourg et al. 2000, S. 43)

Diese Fehleinschätzung kann zu fatalen Folgen führen.

Psychomotorische Leistungsfähigkeit bei Kindern und Entwicklung der Körpergröße

Kinder sind unruhiger und haben einen größeren Bewegungsdrang als Erwachsene. Insbesondere jüngere Kinder werden sich oftmals nicht umsichtig und vorsichtig auf dem Gehweg aufhalten, sondern ggf. rennen oder hüpfen und dadurch versehentlich auf die Fahrbahn geraten. Zudem kommt, dass „Kinder bis zum Alter von ca. 8 Jahren [...] große Schwierigkeiten [haben], einmal begonnene Handlungen (z. B. einem Ball nachlaufen) abubrechen oder zu unterbrechen (z. B. am Bordstein anhalten, um sich umzusehen). Sie werden in der Regel hinter dem Ball herlaufen, ohne am Bordstein anzuhalten und auch mit dem Rad können die Kinder ihre Handlungen nur schlecht abbrechen - sie fahren deshalb häufig plötzlich vom Gehweg auf die Fahrbahn.“ (Limbourg 2001, ohne Seitenangabe)

Die psychomotorischen Fähigkeiten sind im Weiteren beim Radfahren von Bedeutung, um z. B. das Gleichgewicht zu halten, zu lenken oder zu bremsen. Ab etwa drei Jahren sind Kinder in der Lage, einfache Fahrmanöver zu bewältigen. Erst ab einem Alter von etwa 8 - 10

Jahren können Kinder auch komplexe Fahraufgaben, wie das Stabilisieren des Rades bei langsamer Fahrt, sicher bewältigen. (vgl. Pfafferott 1994)

Neben den oben beschriebenen Fähigkeiten ist die Körpergröße von Kindern ein wichtiger Faktor bzw. kann zum entscheidenden Nachteil für sie werden, wenn sie als Fußgänger am Straßenverkehr teilnehmen. Die Abbildung 3 veranschaulicht sehr gut, wie groß Kinder im Alter zwischen 4 und 10 Jahren im Vergleich zu einem „Mittelklasse Pkw“ sind. Erst ab etwa 10 Jahren sind sie in der Lage, diesen (teilweise) zu überblicken und die Situation im Verkehrsraum zumindest visuell zu erfassen.

Ebenso schwierig stellt sich die Situation für einen Pkw-Fahrer dar. Abbildung 4 zeigt das schematische Blickfeld eines Pkw-Fahrers. Kinder, die sich hinter oder zwischen parkenden Kfz aufhalten, sind für ihn nur schwer oder gar nicht zu sehen, wobei in der Abbildung davon ausgegangen wird, dass das Kind etwa 6 Jahre alt und etwa 1,16 m groß ist.

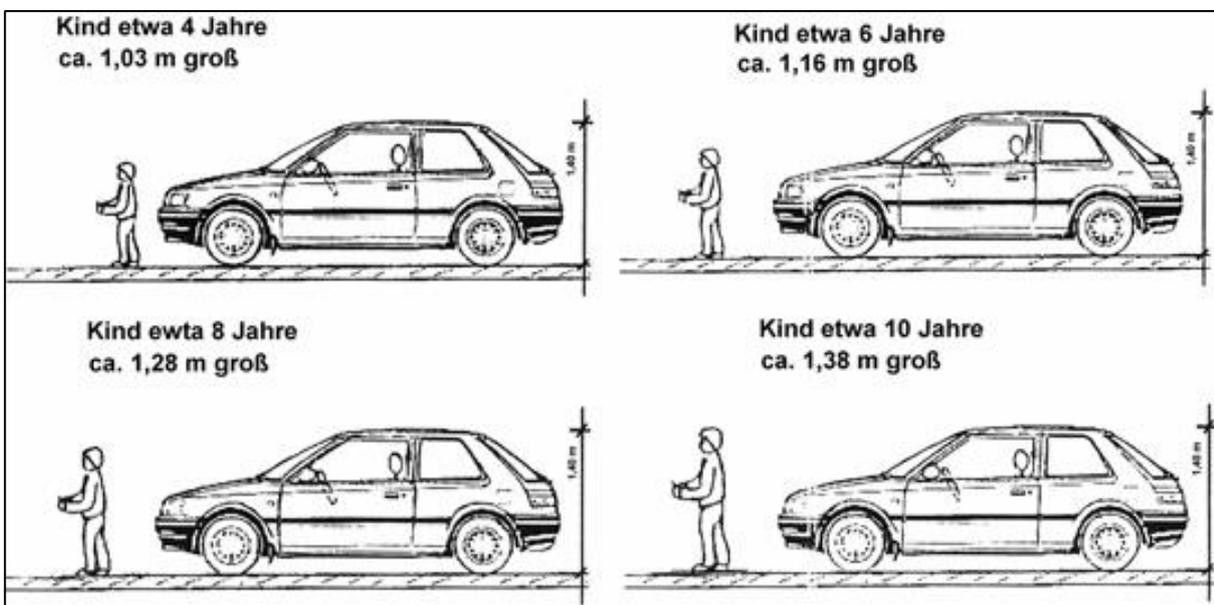


Abbildung 3: Größe eines Kindes abhängig vom Alter in Relation zu einem Pkw (Poschadel 2006)

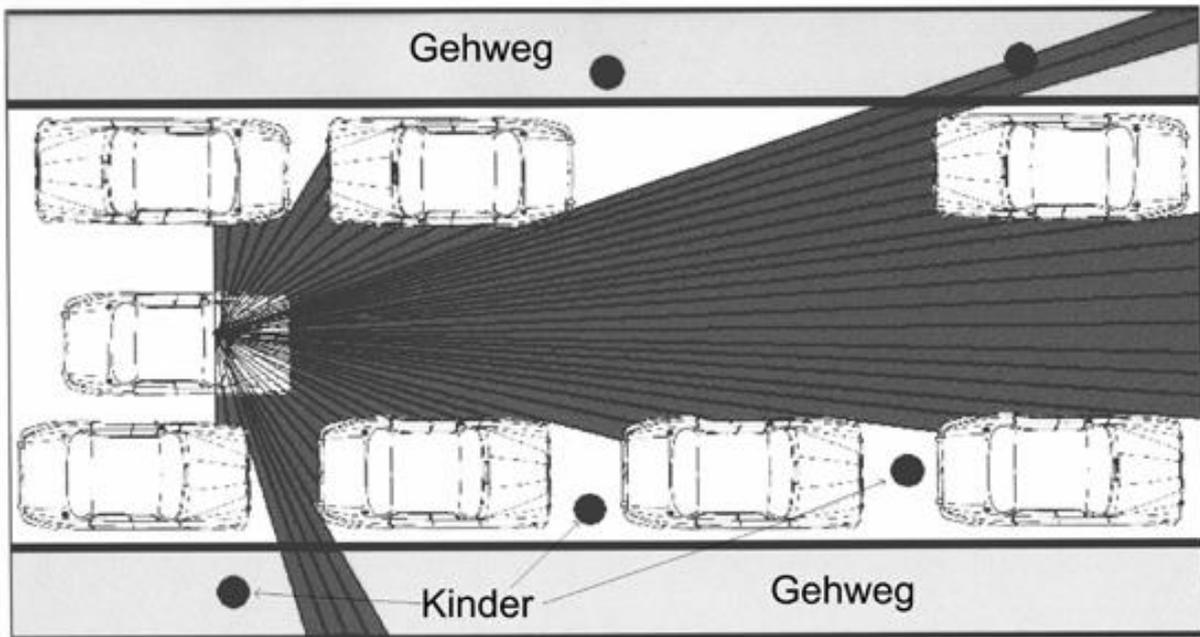


Abbildung 4: Schematisiertes Blickfeld eines Pkw-Fahrers in einer Straße mit beidseitigen Parkstreifen (Poschadel 2006)

Auf die selbstständige und möglichst sichere Teilnahme am Straßenverkehr müssen Kinder somit vorbereitet werden. Können sie in Begleitung genügend Erfahrungen sammeln und werden nicht ausschließlich als Mitfahrer transportiert, „werden sie mit ca. 8 - 10 Jahren zu Fußgängern und mit ca. 13 - 15 Jahren zu Radfahrern, die mit den täglichen Anforderungen des Straßenverkehrs einigermaßen sicher umgehen können. Vor diesem Alter geraten die Kinder durch ihre besonderen Erlebens- und Verhaltensweisen immer wieder in gefährliche Konfliktsituationen mit anderen Verkehrsteilnehmern, die leider manchmal mit einem Unfall enden.“ (Limbourg 2001, ohne Seitenangabe)

Die spezifischen Verhaltensweisen von Kindern spiegeln sich auch in den polizeilich festgehaltenen Fehlverhalten der unfallverursachenden Kinder wider.

Als Fußgänger fällt insbesondere das Überqueren der Fahrbahn ins Gewicht (Abbildung 5). Fast 90 % der Kinder zwischen 6 und 15 Jahren, die 2011 als Fußgänger Unfälle verursachten, machten hierbei Fehler. Diese „Fehler“ liegen aber zu einem Großteil (über 80 %) in dem für Kinder typischen Verhalten bzw. ihren körperlichen Bedingungen begründet:

- plötzliches Hervortreten hinter Sichthindernissen und
- Überschreiten der Fahrbahn ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten.

Beim Radfahren machten etwa 20 % der Kinder Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren (Abbildung 6); also den Fahrmanövern, die für sie aufgrund ihrer psychomotorischen Leistungsfähigkeit besonders schwierig sind. Ähnliches gilt für das Fehlverhalten, die Vorfahrt / den Vorrang anderer Verkehrsteilnehmer zu beachten (rd. 14 %). Hier können auch die noch nicht voll ausgebildete Konzentrationsfähigkeit / Aufmerksamkeit eine Rolle spielen. Die falsche Straßenbenutzung (rd. 22 % des Fehlverhaltens) zeigt an, wie wichtig sichere Radverkehrsanlagen für Kinder sind.

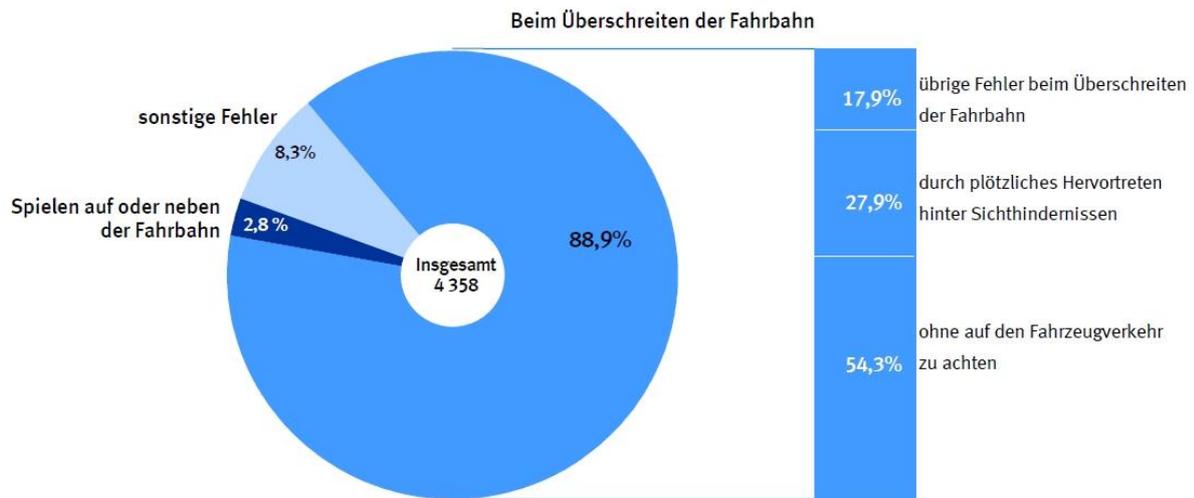


Abbildung 5: Fehlverhalten der Fußgänger im Alter von 6 bis unter 15 Jahren im Straßenverkehr 2011 (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 11)

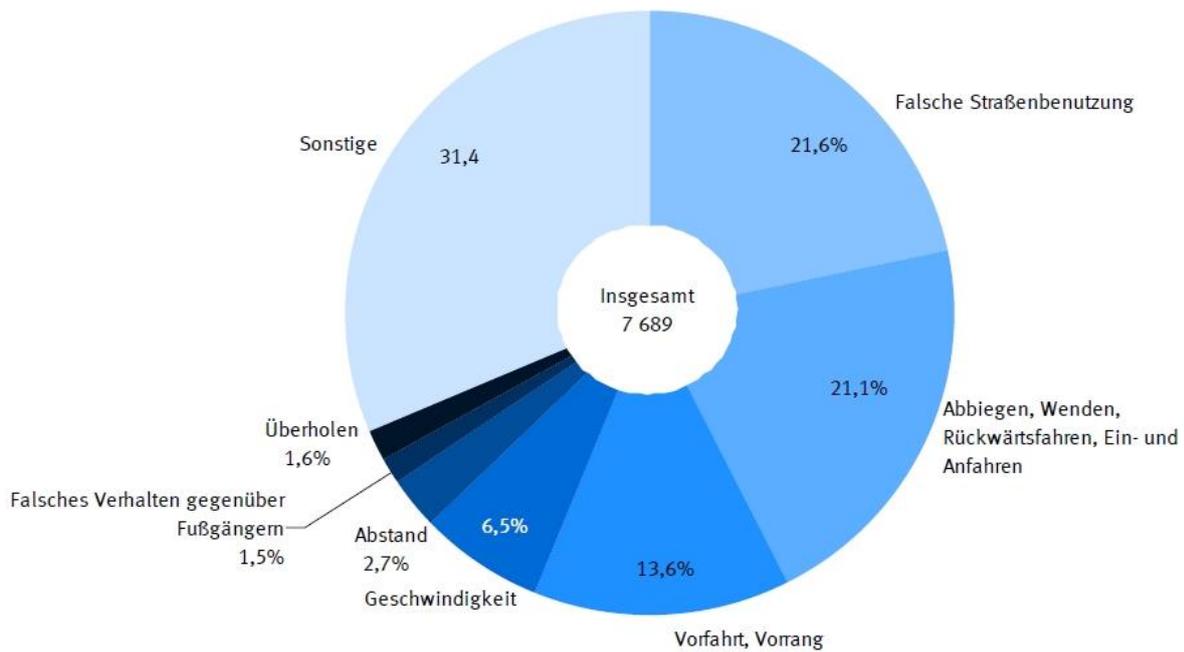


Abbildung 6: Fehlverhalten der Radfahrer im Alter von 6 bis unter 15 Jahren im Straßenverkehr 2011 (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 12)

3.3 Senioren als aktive Teilnehmer am Straßenverkehr

„Die Gruppe der Senioren ist eine sehr inhomogene Altersgruppe, was ihre Wahrnehmungs- und Leistungsfähigkeit sowie ihren Gesundheitszustand anbelangt. Hier seien insbesondere die Verschlechterung des Sehvermögens und die Verringerung der Reaktionsgeschwindigkeit mit zunehmendem Alter genannt.

Art, Dauer und Häufigkeit der Verkehrsbeteiligung weisen bei den älteren Menschen deutliche Unterschiede zu den jüngeren Altersgruppen aus und haben damit auch Auswirkungen auf das Unfallgeschehen der Senioren.“ (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 5)

Das Unfallgeschehen von Senioren wird zu einem Großteil durch Unfälle geprägt, bei denen sie als Pkw-Insassen (Fahrer und Mitfahrer) beteiligt sind (Abbildung 7 und vgl. auch Abschnitt 4.6). Etwa die Hälfte der verunglückten Senioren kam im Jahr 2011 als Pkw-Insassen zu Schaden; fast 30 % verunglückten als Radfahrer, etwa 15 % als Fußgänger. Auch die meisten der tödlich verunglückten Senioren verstarben bei Unfällen als Pkw-Insassen (rd. 42 %); rd. 30 % als Radfahrer und etwa 20 % als Fußgänger. (vgl. Statistisches Bundesamt 2012a, S. 8)

Allerdings erbringen Senioren als Pkw-Fahrer auch eine höhere Verkehrsleistung als mit dem Rad oder als Fußgänger. „Berücksichtigt man die Verkehrsleistung von Senioren, ist das Unfallrisiko für ältere VerkehrsteilnehmerInnen beim Zu-Fuß-Gehen und beim Radfahren wesentlich größer als beim Autofahren [...]. Am größten ist das Fußgänger- und das Radfahrerunfallrisiko bei den über 75jährigen Seniorinnen und Senioren.“ (Limbourg 1999, ohne Seitenangabe)

Die Verkehrspsychologin Maria Limbourg empfiehlt daher eine differenzierte Betrachtung im Rahmen der Verkehrssicherheitsarbeit: „Faßt [sic] man die Erkenntnisse der Unfallforschung zusammen, muß [sic] der Schwerpunkt der Verkehrssicherheitsarbeit bei den Senioren ab 65 Jahren bei den Fußgängern und Radfahrern liegen. In der Gruppe der über 75jährigen Senioren müssen neben den Fußgängern und Radfahrern auch die Autofahrer unter den Senioren eine Zielgruppe der Verkehrssicherheitsarbeit sein.“ (ebd.)

Besonders kritisch ist darüber hinaus, dass die „Verletzungsschwere bei den älteren Fußgängern [...] im Vergleich zu anderen Arten der Verkehrsbeteiligung besonders hoch [ist]: Während im Durchschnitt 1,2 % der verunglückten unter 65-jährigen Fußgänger an den Unfallfolgen verstarben, waren es bei den Senioren 4,4 %.

Insgesamt war über die Hälfte der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (52,6 %) und fast jeder zweite getötete Fußgänger mindestens 65 Jahre alt. Bei den getöteten Pkw-Insassen gehörte mehr als jeder fünfte zur Altersgruppe der Senioren.“ (vgl. Statistisches Bundesamt 2012a, S. 8)

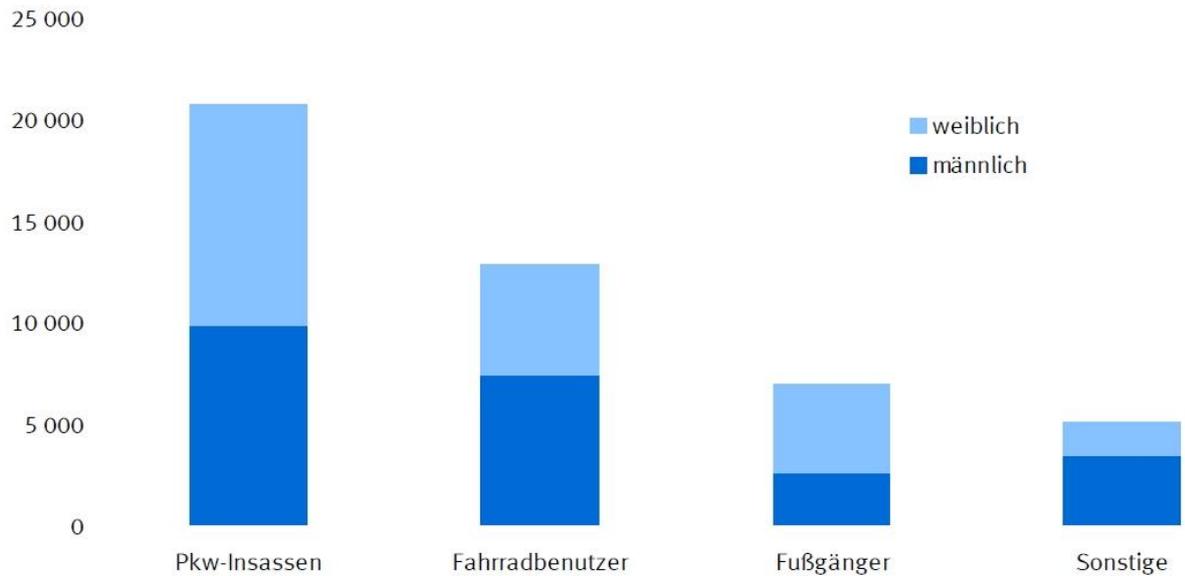


Abbildung 7: Verunglückte Senioren im Alter von 65 Jahren und älter bei Straßenverkehrsunfällen nach Geschlecht und Art der Verkehrsbeteiligung 2011 (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 8)

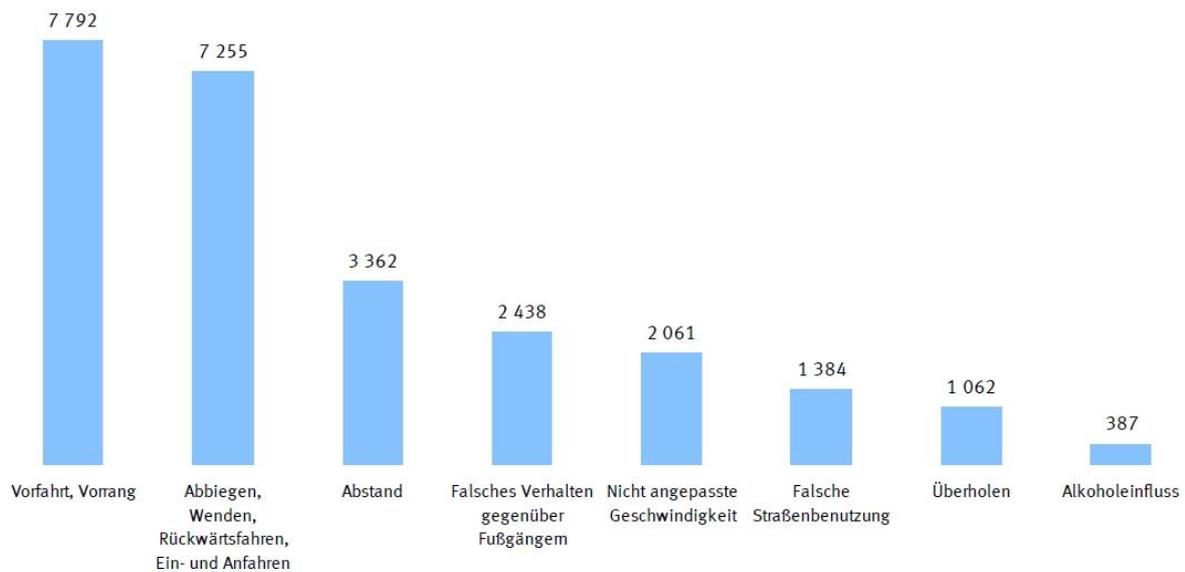


Abbildung 8: Fehlverhalten der Senioren im Alter von 65 und älter als Fahrer von Personenkraftwagen 2011 (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 11)

Als aktive Verkehrsteilnehmer, vorwiegend als Kraftfahrer, die Unfälle verursachten, begingen Senioren im Jahr 2011 mehrheitlich Fehler bei der Gewährung der Vorfahrt / des Vorranges anderer Verkehrsteilnehmer oder beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren; fast 60 % aller Fehlverhalten entfielen auf diese beiden Fehlverhaltensgruppen (Abbildung 8). Es sind die Fehlverhalten, die insbesondere an Knotenpunkten von Bedeutung sind und zu den am häufigsten vorkommenden Unfalltypen (Einbiegen/Kreuzen- und Abbiege-Unfällen) an Knotenpunkten führen (vgl. Abschnitt 4.3 und 4.6). Dies gilt auch für ältere Untersuchungen.

Der Verkehrspsychologe Bernhard Schlag stellt dazu fest:

„Typisch für ältere Kraftfahrer sind Unfälle in Kreuzungen und Einmündungen, bei denen sie die Vorfahrt missachteten (Abb. 6) [Abbildung nicht aufgeführt, Anm. d. Verf.] – drei Viertel der von älteren Fahrern verursachten Unfälle geschehen in Knotenpunkten. Weitere wesentliche Gefahrenpotenziale für ältere Pkw-Fahrer sind im Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren und Ein- und Ausfahren zu finden. Vermehrte Fahrfehler bei der Vorfahrtregelung, bei Richtungswechseln und gegenüber Fußgängern an Fußgängerüberwegen heben Ellinghaus et al. (1990) sowie Emsbach und Friedel (1999) [nicht im Literaturverzeichnis, Anm. d. Verf.] als seniorentypische Unfallursachen hervor. Haben diese ‚alterstypischen‘ Fehlverhaltensweisen eindeutig benennbare Ursachen und sind sie ggf. durch entsprechende Gestaltungsmaßnahmen oder Verhaltenstrainings zu mindern?“ (Schlag 2008, S. 26–27)

Der Frage nach den benennbaren Ursachen wird im Folgenden nachgegangen. Dazu werden die spezifischen Fertigkeiten und Fähigkeiten von Senioren grundlegend aufgezeigt. Dies dient zudem der Beantwortung der Frage, welche Gestaltungsmaßnahmen Senioren helfen können bzw. welche Situationen an Knotenpunkten besonders komplex für ältere Menschen sind.

Zu beachten ist, dass die sehr heterogenen Voraussetzungen von Menschen über 65 Jahren nicht in aller Tiefe dargestellt werden können. Auch können sich zukünftig andere Schwerpunkte ergeben. Die heutige Generation der Senioren nimmt mit anderen Voraussetzungen und Erfahrungen am Straßenverkehr teil, als dies bei zukünftigen Generationen der über 65-jährigen der Fall sein wird (z. B. Führerscheinbesitz, Pkw-Verfügbarkeit). Weitere Fortschritte, z. B. in der medizinischen Entwicklung oder der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, könnten zukünftig ebenso andere (bessere) Voraussetzungen schaffen. Die Ergebnisse bzw. Statistiken heutiger Unfallforschungen zu Senioren sind daher nicht eins zu eins auf zukünftige Generationen von Senioren übertragbar (vgl. Limbourg 1999, ohne Seitenangabe).

Dennoch ergibt sich die Notwendigkeit, altersbedingte Fähigkeiten bei der Planung der Straßenverkehrsinfrastruktur zu berücksichtigen und die Randbedingungen zu verbessern, die älteren Menschen eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr ermöglichen; insbesondere vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung.

„Das wachsende Verkehrsaufkommen bei einer in etwa gleichbleibenden Bevölkerung ist im Wesentlichen auf eine höhere Mobilität der Senioren im Alter von 65 Jahren oder mehr zurückzuführen. Dies geht aus der Studie ‚Mobilität in Deutschland 2008‘ hervor, die im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durchgeführt wurde. Zudem ist der Anteil der Senioren an der Gesamtbevölkerung in den letzten zwanzig Jahren ständig gestiegen (von 15,0 % auf 20,6 %) und dürfte weiter zunehmen, auch wenn die Zahl der Menschen im Alter ab 65 Jahren zum Jahresende 2010 erstmals leicht unter dem Vorjahreswert lag. Damit spielen sie als Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr eine immer wichtigere Rolle.“ (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 5)

Zunächst ist festzuhalten, dass „Alterungsprozesse [...] multidimensional und multidirektional [verlaufen]. Es ist kein genereller, linearer und universeller Abbau („Defizit-Modell“) von Leistungsmöglichkeiten im Alter nachweisbar. Gerade im Alter besonders ausgeprägt ist hingegen die hohe inter- und intraindividuelle Variabilität und Plastizität einmal der Leistungsfähigkeiten und zum anderen oft mehr noch der Performanz. Auch wenn das Alter eines Menschen im Alltag chronologisch bzw. kalendarisch (in Jahren) definiert wird, kann das kalendarische Alter nur ein dürftiger Indikator zur Beschreibung älterer Menschen sein. Für geronto-

logische Betrachtungen relevanter ist das funktionale Alter, das die Dimensionen Physis (körperliche Leistungsfähigkeit und Gesundheit), Psyche (kognitive Leistungsfähigkeit und emotionale Befindlichkeit), Soziales (soziale Rollen und Integration) und Identität (Werte und Selbstbild) umfasst. Dimensionen des funktionalen Alters können für Mobilität und Sicherheit relevante Entwicklungen besser beschreiben als der Bezug zum kalendarischen Alter. So ist es meist nicht das Alter per se, sondern es sind die Konsequenzen des Alterns, die Bedeutung für die Verkehrsteilnahme und das Fahrverhalten haben. Um beurteilen zu können, welche Kompetenzen bei der Verkehrsteilnahme und insbesondere bei der Fahrzeugführung wichtig sind, sind zunächst die Anforderungen herauszuarbeiten, die diese Tätigkeiten stellen.“ (Schlag 2008, S. 27–28)

Der Schwerpunkt wird im Folgenden auf die Entwicklung der körperlichen und kognitiven Leistungsfähigkeit gelegt.

Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit

Der Mensch befindet sich mit etwa 20 Jahren auf dem Höhepunkt seines körperlichen Leistungsvermögens. Danach lässt das physische Leistungsvermögen des Körpers allmählich nach. Allerdings lassen sich keine konkreten Altersangaben für das nachlassen verschiedener Kompetenzen machen, da der Alterungsprozess von vielen Faktoren, wie z. B. dem Gesundheitszustand, der Fitness, dem Training usw. abhängt (vgl. Limbourg und Matern 2009, S. 31).

Kompetenzeinbußen, die insbesondere für den Straßenverkehr von Bedeutung sind, begründen sich in erster Linie aus

- der Abnahme der visuellen Wahrnehmung, durch Nachlassen des Sehvermögens (Insbesondere die Sehkraft bei Dunkelheit sowie die Fähigkeit zur schnelleren Scharfstellung nehmen ab. Die Blendempfindlichkeit nimmt zu und Wahrnehmung von Bewegungen am Rande des Gesichtsfeldes verschlechtert sich.),
- der Abnahme der auditiven Wahrnehmung, durch Nachlassen des Hörvermögens,
- der Einschränkung der Beweglichkeit, z. B. durch Arthrose, Rheuma oder ungenügender Blutversorgung (bestimmte Bewegungen, wie z. B. das Kopfdrehen sind erschwert oder verlangsamt),
- der schnelleren Ermüdbarkeit und
- der Verlängerung der Reaktionszeit.

Zudem können Krankheiten, wie Herz- und Kreislaufbeschwerden oder Zuckerkrankheit, sowie die Einnahme von Medikamenten das Fahrverhalten beeinträchtigen. (vgl. Limbourg und Matern 2009, S. 30 und bfu 2013)

Entwicklung der kognitiven Leistungsfähigkeit

Frühere Theorien zum kognitiven Altern gingen vornehmlich von einem übergreifenden Leistungsabbau im Alter aus. „Inzwischen ist jedoch klar, dass im Alter nicht alle, sondern nur bestimmte kognitive Funktionen spezifisch beeinträchtigt oder verlangsamt sind. Beispielsweise ist die sprachliche Kompetenz im Alter anscheinend unverändert und eher sogar höher. Des Weiteren sind Reizverarbeitungs- und Entscheidungszeiten bei einfachen Aufgaben nicht altersbedingt verlangsamt (Yordanova et al., 2004) [nicht im Literaturverzeichnis, Anm. d. Verf.]. Andererseits ist allgemein bekannt, dass bei Älteren Gedächtnisfunktionen beeinträchtigt sind (Craik & Bialystok, 2006) [nicht im Literaturverzeichnis, Anm. d. Verf.]. Weniger bekannt – aber aus verkehrspsychologischer Sicht besonders relevant – ist eine altersbe-

dingte Veränderung von Funktionen, die z. B. die schnelle und selektive Verarbeitung von Information unter Ablenkbedingungen und die schnelle Einstellung auf neue Situationen und Aufgaben beinhalten.“ (Falkenstein und Sommer 2008, S. 113)

Kompetenzeinbußen, die im Alter auftreten können und im Straßenverkehr von Bedeutung sind, gehen mit

- einer Veränderung der Aufmerksamkeitsleistung (Verringerung der Fähigkeit zu geteilter und selektiver Aufmerksamkeit und zur Ausblendung irrelevanter Informationen, erhöhte Ablenkbarkeit),
- einem nachlassenden Leistungstempo bei der Informationsverarbeitung, der Entscheidung und bei der Ausführung einer geplanten Handlung,
- einer verringerten Multitaskingfähigkeit,
- einer häufigeren Überforderung bei neuen, hohen und komplexen Leistungsanforderungen,
- einer verringerten Belastungsfähigkeit sowie
- einer verlängerten Reaktionszeit einher. (vgl. Limbourg und Matern 2009, S. 30 und Gerlach et al. in Druck)

Zusammenfassend ist festzuhalten: „kognitive Fähigkeiten, die mit Erfahrungswissen im Zusammenhang stehen, bleiben auch im hohen Erwachsenenalter eher stabil. Andererseits nehmen kognitive Fähigkeiten, die mit Tempoprozessen und Mehrfachanforderungen im Zusammenhang stehen, im hohen Erwachsenenalter eher ab. Dieser Leistungswandel macht die typischen Schwierigkeiten älterer Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr plausibel, da vor allem solche kognitiven Fähigkeiten nachlassen, die mit Aufmerksamkeitsprozessen im engen Zusammenhang stehen. Das ist vor allem in komplexen Situationen der Fall, wie beispielsweise dem ‚Links-Abbiegen‘ oder dem Befahren von komplexen Kreuzungen.

Die kognitive Laborforschung zeigt jedoch eindeutig, dass sich derartige Veränderungen durch gezieltes Training (auch langfristig) positiv beeinflussen lassen.“ (Gerlach et al. in Druck)

3.4 Menschen mit Mobilitätseinschränkungen als aktive Teilnehmer am Straßenverkehr

Mobilitätseinschränkungen können bei Menschen temporär oder dauerhaft vorliegen. Die Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA) unterscheiden daher in *Mobilitätseinschränkungen im engeren Sinn* und *Mobilitätseinschränkungen im weiteren Sinn* (Abbildung 9). Für Mobilitätseinschränkungen im engeren Sinn wird häufig auch der Begriff „Mobilitätsbehinderung“ verwendet (vgl. Gerlach et al. in Druck).

Aus den unterschiedlichen Fähigkeiten ergeben sich unterschiedliche Ansprüche an öffentliche Verkehrsanlagen, die teils deckungsgleich – auch zu allen anderen Menschen – sind und teils gegeneinander stehen, z. B. an Überquerungen: Nullabsenkung (Rollstuhlnutzer) – Bordkante (Langstocknutzer). „Dies birgt ein erhebliches Konfliktpotenzial, das ganzheitlich in einer integrierten Planung im Sinne des Designs für Alle abgewogen und ausgehandelt werden muss.“ (FGSV 2011, S. 10)

Im Folgenden wird der Schwerpunkt auf die Ansprüche von Menschen mit einer Geh- oder Sehbehinderung gelegt, die auch bei den Menschen mit einer Mobilitätsbehinderung zahlenmäßig die größte Bedeutung haben (vgl. Gerlach et al. in Druck). Die Ansprüche ergeben sich in erster Linie aus der maßgebenden und potenziell konfliktreichsten Situation an Knotenpunkten für Fußgänger (auch für „rollende Fußgänger“), der Überquerung.

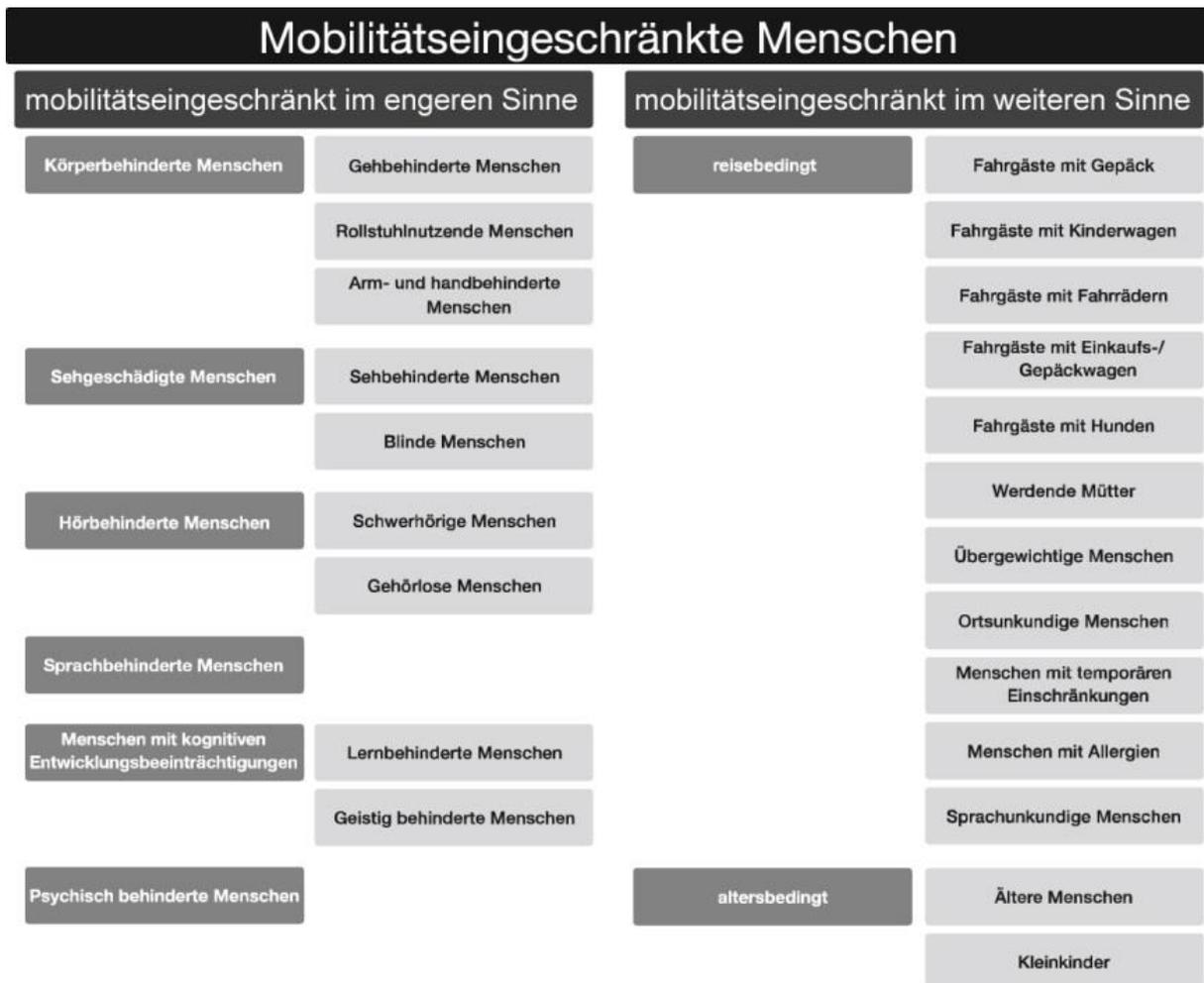


Abbildung 9: Übersicht mobilitätseingeschränkter Menschen (FGSV 2011, korrigierte Fassung)

Rollstuhlnutzer

Selbst innerhalb der Personengruppe der Rollstuhlnutzer ist die Leistungsfähigkeit und Fortbewegungsgeschwindigkeit individuell sehr verschieden. Sie hängen zum einen von den körperlichen Voraussetzungen (Muskelkraft) und zum anderen von der Antriebsart des Rollstuhls (handbetrieben oder elektrisch) ab. So unterscheidet sich schon die Geschwindigkeit beim Überqueren der Fahrbahn deutlich: von etwa 1,0 m/s (3,6 km/h) bei handbetriebenen Rollstühlen bis zu 6, 10, 12 oder 15 km/h bei elektrischen Rollstühlen, die für die Fahrt auf Fußgänger- oder Radverkehrsflächen zugelassen sind (vgl. Gerlach et al. in Druck).

Neben dem zeitlichen Aspekt (Zeitlücken im fließenden Verkehr, Länge der Freigabezeit), können sich wesentliche Herausforderungen bzw. Konfliktpotenziale aus zwei weiteren Aspekten ergeben: Sichtbeziehungen und Kanten/Schwellen.

Aufgrund der sitzenden Position haben Rollstuhlnutzer eine geringe Körper- bzw. Sichthöhe. Ähnlich wie bei Kindern besteht die Gefahr, dass sie z. B. von Kraftfahrern beim Abbiegen oder hinter parkenden Fahrzeugen übersehen bzw. zu spät gesehen werden. Sie selber haben ebenfalls keine oder nur sehr begrenzte Möglichkeiten, Sichthindernisse, wie parkende Pkw am Fahrbahnrand, zu überblicken und müssen sich ggf. auf die Fahrbahn begeben, um den fließenden Verkehr einsehen zu können.

Niedrige Kanten (Bordsteinkanten) und Schwellen können für Rollstuhlnutzer, insbesondere bei handbetriebenen Rollstühlen, Hindernisse sein, die sie nur sehr schwer überwinden können. Dies spielt vor allem beim zügigen Verlassen der Fahrbahn eine Rolle. Das Überwinden der Kanten erfordert einige Übung hinsichtlich des Kraftaufwandes und der Gewichtsverlagerung. Es besteht die Gefahr, dass der Rollstuhl nach hinten kippt. (ebd.)

Rollatornutzer und gehbehinderte Menschen

„Die Anforderungen gehbehinderter Menschen ergeben sich aus Schwierigkeiten beim Gehen und Unsicherheiten beim Stehen. Ein großer Teil der gehbehinderten Menschen nutzt daher Hilfsmittel. Dazu zählen neben den bereits genannten Rollstühlen insbesondere Rollatoren, Gehstöcke, sowie weniger verbreitet Unterarm- und Achselstützen und Vierfußgehilfen.“ (ebd.)

Die Schwierigkeiten, die sich für Rollatornutzer und gehbehinderte Menschen beim Überqueren der Fahrbahn vorwiegend ergeben können, liegen in der u. U. langsamen Gehgeschwindigkeit und in Problemen bei der Stufenüberwindung begründet.

An signalisierten Furten können die Freigabe- bzw. Räumzeiten für Fußgänger mit Gehbehinderungen für ihre Voraussetzungen zu gering sein, wenn ihre Gehgeschwindigkeit unter die in der RiLSA angegebene Spannbreite von 1,0 bis 1,5 m/s fällt, die als Grundlage zur Berechnung der Räumzeiten herangezogen wird (vgl. FGSV 2010, S. 25). An nicht signalisierten Überquerungsstellen besteht die Gefahr, dass gehbehinderte Menschen die Fahrbahn nicht schnell genug verlassen können oder den Zeitbedarf zum Überqueren der Fahrbahn unterschätzen (ebd.).

Die Überwindung von Höhenunterschieden, z. B. Bordsteinkanten, kann für Menschen mit Rollatoren zu Schwierigkeiten führen, wenn ihnen die Kraft oder die Standsicherheit fehlt, den Rollator anzuheben bzw. anzukippen.

Sehgeschädigte Menschen (Blindheit, Sehbehinderung)

Blinde Menschen nutzen zur Orientierung im Straßenverkehr vor allem ihren Tast- und Gehörsinn. Sie sind daher auf ertastbare und/oder hörbare Hilfen angewiesen, wie z. B. Bordsteinkanten, taktile Bodenelemente oder akustische Signalgeber. Taktile Informationen können sie selber, z. B. mithilfe eines Langstocks, erfassen. Im Weiteren können Föhrhunde

z. B. auf das Erkennen von Bordsteinkanten trainiert werden und den blinden Menschen vor dem betreten der Fahrbahn warnen. (ebd.)

Sehbehinderte Menschen sind in besonderem Maße auf optische Informationen angewiesen, um ihre Restsehkraft nutzen zu können. Sie haben u. a. Schwierigkeiten bei kontrastarmen Übergängen, z. B. bei niedrigen Hindernissen und Höhenunterschieden, kleinteiligen Informationen oder bei der Beobachtung des fließenden Verkehrs, bedingt durch ein ggf. stark eingeschränktes Gesichtsfeld. (ebd.)

3.5 Welche Situationen sind insbesondere für Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen an Knotenpunkten komplex?

Das Ziel einer nachhaltigen Verkehrsplanung sollte sein, den Straßenverkehr an die Leistungsmöglichkeiten der genannten Personengruppen anzupassen, damit diese sich darin sicher bewegen und aufhalten können.

Die vorgenannten Ausführungen haben einige grundlegende Aspekte dazu aufgeführt, die sich aus den spezifischen Fähigkeiten ergeben. Teilweise führt dies zu den selben Anforderungen, die Kinder, Senioren oder Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung an Verkehrsanlagen stellen. Teilweise ergeben sich unterschiedliche Anforderungen, die auch im Gegensatz zueinander stehen können.

Im Folgenden werden die wichtigsten Aspekte je Personengruppe aufgeführt.

Komplexe Situationen für Kinder

Kinder sind vorwiegend aufgrund ihrer Körpergröße und ihrer noch nicht voll entwickelten kognitiven Fähigkeiten bzw. ihres altersgerechten Verhaltens im Straßenverkehr gefährdet.

Sie laufen, rennen und bewegen sich z. T. unkalkulierbar auf dem Gehweg, können schnell ihre Gehrichtung ändern, geraten unversehens auf die Straße oder überqueren diese, ohne den fließenden Verkehr zu beachten, da sie einem Ball hinterherlaufen oder etwas für sie interessantes auf der gegenüberliegenden Straßenseite entdeckt haben. Es gibt aber viele Möglichkeiten, ihre Situation bzw. ihre Sicherheit im Straßenverkehr zu verbessern.

Neben der Bedingung, dass Kinder an ein sicheres Verhalten im Straßenverkehr herangeführt werden müssen, sollten Knotenpunkte selbsterklärend sein. Insbesondere an nicht signalisierten Knotenpunkten sollte klar ersichtlich sein, wo man die Straße am einfachsten (sichersten) überqueren kann. Überquerungsstellen, die häufig von Kindern genutzt werden, sollten allerdings generell gesichert sein.

Komplexe Situationen bzw. Gefährdungspotenziale ergeben sich insbesondere dort, wo

- die Sichtbeziehungen, z. B. durch den ruhenden Verkehr, eingeschränkt sind (Komplexitätsmerkmal: Intransparenz),
- ein gewisses Ablenkungspotenzial durch für Kinder interessante Orte wie Kioske, Spielwarengeschäfte vorhanden ist oder Haltestellen des ÖV nur über ungesicherte Überquerungsstellen erreicht werden können (Komplexitätsmerkmale: Umgebung, Vernetztheit, Zielpluralität),
- die Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr an einer ungesicherten Überquerungsstelle zu hoch sind (Komplexitätsmerkmal: Zeitdruck),

- Fuß- und Radverkehrsanlagen, insbesondere Überquerungsanlagen, unzureichend ausgebaut, für den Kfz-Verkehr schlecht zu erkennen sind oder fehlen (Komplexitätsmerkmale: Vernetztheit, Intransparenz).

Komplexe Situationen für Senioren

Senioren können aufgrund altersbedingter und ggf. eingeschränkter psychophysischer Fähigkeiten im Straßenverkehr gefährdet bzw. benachteiligt sein.

Diese altersbedingten Veränderungen bewirken aber nicht zwangsläufig ein gefährdendes oder unfallverursachendes Verhalten. Ältere Menschen wenden z. T. Kompensationsstrategien an, z. B. als Kraftfahrer durch eine altersgemäße Geschwindigkeitswahl oder eine moderate Beschleunigung und Verzögerung (vgl. u. a. Engeln und Schlag 2008), die es ihnen ermöglichen, Situationen zu bewältigen. „Allerdings scheinen die Ebenen, in denen ältere Kraftfahrer vermehrt Probleme haben, und die Ebenen, in denen sie ausgleichendes Bewältigungsverhalten zeigen, teilweise nicht identisch zu sein. Probleme zeigen sich vor allem auf den zeitkritischen Ebenen, der Kontrollebene (schnelles Reagieren in dynamischen Verkehrssituationen) und der Manöverebene. Ausgleichendes Bewältigungsverhalten findet vorrangig auf der strategischen Ebene statt.“ (Engeln und Schlag 2008, S. 264)

Auch für Senioren lassen sich deutliche Sicherheitsverbesserungen im Straßenverkehr mit relativ einfachen Mitteln erzielen.

„Eine sehr wirkungsvolle Möglichkeit, den Seniorinnen und Senioren das Autofahren trotz ihres altersbedingten verringerten Leistungstempos zu erleichtern und somit Unfälle zu verhindern, ist eine Verlangsamung und eine Vereinfachung des Straßenverkehrs. Bei geringeren Geschwindigkeiten des Autoverkehrs haben die Seniorinnen und Senioren mehr Zeit, eine Verkehrssituation zu erfassen, zu beurteilen und angemessen zu reagieren. Ähnliches gilt für die Komplexität von Verkehrssituationen: Je einfacher und überschaubarer Verkehrssituationen sind, desto leichter sind sie auch von älteren Verkehrsteilnehmern zu bewältigen.

Tempo 30 als Stadtgeschwindigkeit ist für Senioren als Autofahrer, aber auch für zu Fuß gehende und radfahrende Senioren eine wichtige unfallpräventive Maßnahme. [...]

Mit dem Ziel, das Autofahren für Seniorinnen und Senioren leichter zu machen, müssten [sic] an vielen Stellen die Anzahl der Verkehrsschilder verringert und konfliktreiche Ampelschaltungen an Kreuzungen (Rechts-/ Linksabbieger und Fußgänger haben zur gleichen Zeit ‚GRÜN‘) verändert werden (getrennte Grünphasen für unterschiedliche Verkehrsteilnehmergruppen).“ (Limbourg 1999, ohne Seitenangabe)

Komplexe Situationen bzw. Gefährdungspotenziale ergeben sich für Senioren insbesondere

- als Kraftfahrer beim signaltechnisch nicht gesicherten Linksabbiegen, vor allem bei straken Verkehrsmengen der Gegenrichtung und/oder wenn Führungshilfen im Kreuzungsbereich fehlen (Komplexitätsmerkmale: Intransparenz, Zeitdruck, Eigendynamik),
- als Kraftfahrer beim Einbiegen und Kreuzen, z. B. bei hohen Geschwindigkeiten auf der Hauptachse oder bei eingeschränkter Anfahrtsicht (Komplexitätsmerkmale: Intransparenz, Zeitdruck),
- generell in unübersichtlichen Situationen, in denen viele Informationen unter Zeitdruck verarbeitet werden müssen (Komplexitätsmerkmale: Intransparenz, Zeitdruck, Eigendynamik, Handlungsmöglichkeiten).

Komplexe Situationen für Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung

Komplexe und gefährliche Situationen für Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung ergeben sich insbesondere dort, wo die infrastrukturellen Voraussetzungen nicht an ihre Anforderungen angepasst sind. Dazu zählen

- eingeschränkte Sichtbeziehungen, z. B. für Rollstuhlnutzer infolge des ruhenden Verkehrs (Komplexitätsmerkmal: Intransparenz),
- Kanten und Schwellen, z. B. Bordsteinkanten, die für Rollator- und Rollstuhlnutzer ein schnelles Verlassen der Fahrbahn erschweren und – neben der Gefahr vom Kfz-Verkehr erfasst zu werden – auch Stress verursachen können (Komplexitätsmerkmale: Umgebung, Zeitdruck),
- hohe Geschwindigkeiten an ungesicherten Überquerungsstellen (Komplexitätsmerkmal: Zeitdruck) sowie
- fehlende taktile, akustische oder optische Elemente, an denen sich sehgeschädigte Menschen orientieren können (Komplexitätsmerkmal: Intransparenz).

Hinzu kommt, dass im Fall eines nicht ausreichenden Angebotes, Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung auf Flächen für andere Verkehrsteilnehmer ausweichen müssen (z. B. Nullabsenkung für Radfahrer, Nutzung der Fahrbahn anstatt des Gehweges). Dies wiederum erhöht die Komplexität für andere Verkehrsteilnehmer, die damit nicht rechnen bzw. davon überrascht werden.

4 Makroskopische Analyse von Unfällen an Knotenpunkten innerorts

4.1 Vorbemerkungen

Das Ziel der makroskopischen Unfallanalyse ist die Ermittlung typischer (häufiger) Unfälle von Kindern, Senioren und Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen oder Mobilitätsbehinderungen an innerörtlichen Knotenpunkten. Auf dieser Grundlage können erste Einschätzungen vorgenommen werden, in welchen Situationen die genannten Gruppen besonders gefährdet sind bzw. mit welchen Gegebenheiten und Verkehrsaufgaben sie insbesondere Schwierigkeiten haben.

Die typischen Unfallsituationen von Kindern und Senioren werden auf der Grundlage elektronischer Unfalldatenbestände ermittelt. Für mobilitätsbehinderte Menschen ließen sich anhand der vorliegenden elektronischen Unfalldaten keine weitreichenden Aussagen hinsichtlich des Unfallgeschehens ermitteln. Neben der geringen Anzahl von Menschen, die aufgrund ihrer Hilfsmittel bei der Unfallaufnahme für die Polizei vor Ort als Mensch mit Behinderung zu identifizieren sind, sieht das derzeitige Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (StVUnfStatG) die Erfassung eines Merkmals „Behinderung“ nicht vor (StVUnfStatG, vom 15.06.1990). Dadurch ist eine systematische, makroskopische Analyse elektronischer Unfalldaten hinsichtlich der Unfälle mobilitätsbehinderter Menschen i. d. R. nicht möglich. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Unfallgeschehen mobilitätsbehinderter Menschen anhand von Fallbeispielen untersucht.

Im Folgenden wird zunächst die Datengrundlage aufgezeigt und anschließend das Unfallgeschehen an Knotenpunkten innerorts im Allgemeinen sowie speziell aus Sicht der untersuchten Personengruppen analysiert. Abschließend werden die hauptsächlichen Gefährdungspotenziale für Kinder, Senioren und Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen oder Mobilitätsbehinderungen an Knotenpunkten dargestellt.

4.2 Datengrundlage

Die Grundlage der makroskopischen Unfalluntersuchung bilden elektronische Datenbestände zu Unfällen mit Personenschaden und zu schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden (Unfallkategorien 1 bis 4)² aus den fünf Bundesländern Berlin, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Sachsen-Anhalt³. Gemessen an dem Anteil der jeweiligen Altersgruppen, geben die betrachteten fünf Bundesländer den bundesweiten Durchschnitt gut wieder und eignen sich daher für die Fragestellungen der in dieser Untersuchung im Besonderen berücksichtigten Altersgruppen (Abbildung 10).

² Vgl. Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen: **Unfallkategorie 1:** Unfälle mit Getöteten (U(GT): mindestens ein getöteter Verkehrsteilnehmer). **Unfallkategorie 2:** Unfälle mit Schwerverletzten (U(SV): mindestens ein schwerverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten). **Unfallkategorie 3:** Unfälle mit Leichtverletzten (U(LV): mindestens ein leichtverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten und keine Schwerverletzten). **Unfallkategorie 4:** Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden (U(SS): Unfälle mit Sachschaden und Straftatbestand oder Ordnungswidrigkeits-Anzeige (unfallursächlich), bei denen mindestens ein Kraftfahrzeug nicht mehr fahrbereit ist (abschleppen). (FGSV 2012b, S. 8)

³ Die Daten wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer“ vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) – Unfallforschung der Versicherer (UDV) (Unfälle aus Berlin, NRW, Sachsen und Sachsen-Anhalt) und vom Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (Unfälle aus RLP) zur Verfügung gestellt.

Tabelle 5 listet die fünf Bundesländer auf und gibt einen Überblick über die Zeiträume der zugrunde liegenden Unfalldaten. Im Weiteren ist die Anzahl der Unfälle je Unfallkategorie und Bundesland aufgeführt.

Insgesamt sind 523.729 innerörtliche Unfälle erfasst. Davon geschahen 285.526 an Knotenpunkten, was einem Anteil von 55 % aller erfassten innerörtlichen Unfälle entspricht. Mehr als jeder zweite Unfall mit Personenschaden oder schwerwiegendem Sachschaden innerorts findet an einem Knotenpunkt statt.

Bei Unfällen mit Getöteten oder Schwerverletzten ist der Anteil der Knotenpunktunfälle teilweise geringer bzw. zeigt deutlichere Unterschiede in den Bundesländern. Dies ist in der unterschiedlichen Knotenpunktdichte bzw. der unterschiedlichen Raumstruktur des Stadtstaates Berlin gegenüber den Flächenländern begründet (vgl. auch Tabelle 6). In Summe finden aber etwa 50 % der innerörtlichen Unfälle mit Personenschaden an einem Knotenpunkt statt⁴.

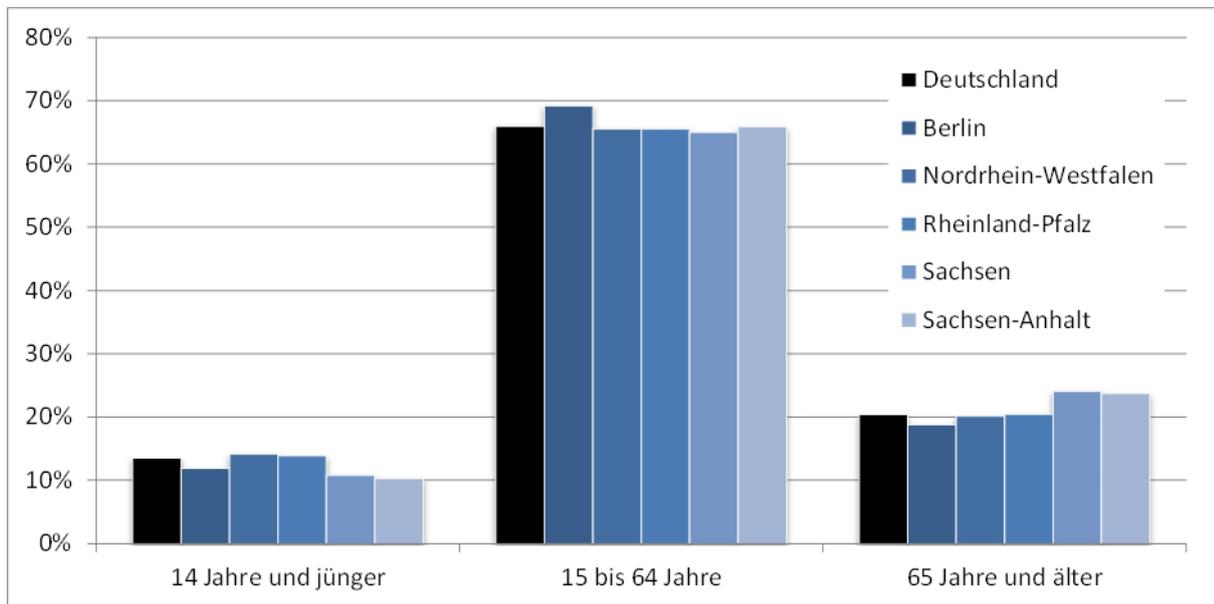


Abbildung 10: Anteil der Altersgruppen an der Gesamtbevölkerung zum Stichtag 31.12.2008
(Quelle: Statistisches Bundesamt)

⁴ Berlin: 26.716 U(P) an Knotenpunkten von 43.660 U(P) innerorts \cong 61 %, NRW: 128.337 U(P) an Knotenpunkten von 247.874 U(P) innerorts \cong 52 %, RLP: 22.883 U(P) an Knotenpunkten von 51.796 U(P) innerorts \cong 44 %, Sachsen: 23.303 U(P) an Knotenpunkten von 45.855 U(P) innerorts \cong 51 %, Sachsen-Anhalt: 9.370 U(P) an Knotenpunkten von 19.155 U(P) innerorts \cong 49 %

Tabelle 5: Bundesländer, Betrachtungszeiträume und Unfallzahlen

Bundesland	Betrachtungszeitraum	Jahre	Unfälle je Unfallkategorie				Σ
			1	2	3	4	

Unfälle innerorts – insgesamt (n = 523.729)							
Berlin	01.01.2006 - 31.12.2008	3	182	5.296	38.182	3.593	47.253
Nordrhein-Westfalen	01.01.2004 - 31.12.2008	5	1.337	42.226	204.311	68.583	316.457
Rheinland-Pfalz	01.01.2004 - 31.07.2009	5,5	261	8.771	42.764	20.859	72.655
Sachsen	01.01.2004 - 31.12.2007	4	409	10.471	34.975	16.795	62.650
Sachsen-Anhalt	01.01.2006 - 31.12.2008	3	141	3.491	15.523	5.559	24.714
Summen			2.330	70.255	335.755	115.389	523.729

Unfälle innerorts – nur Unfälle an Knotenpunkten (n = 285.526)						
Berlin		93	3.068	23.555	2.175	28.891
Nordrhein-Westfalen		583	20.308	107.446	46.610	174.947
Rheinland-Pfalz		63	3.418	19.402	11.574	34.457
Sachsen		144	4.570	18.589	11.017	34.320
Sachsen-Anhalt		45	1.511	7.814	3.541	12.911
Summen		928	32.875	176.806	74.917	285.526

Unfälle innerorts – Anteil der Knotenpunkt-Unfälle an den Unfällen insgesamt [%]						
Berlin		51	58	62	61	61
Nordrhein-Westfalen		44	48	53	68	55
Rheinland-Pfalz		24	39	45	55	47
Sachsen		35	44	53	66	55
Sachsen-Anhalt		32	43	50	64	52
Summen		40	47	53	65	55

Tabelle 6: Durchschnittliche Anzahl der Unfälle innerorts je Jahr und je 10.000 Einwohner

Bundesland	Einwohner (Stand 2008)	Unfälle innerorts je Jahr und 10.000 EW	Unfälle innerorts an Knotenpunkten je Jahr und 10.000 EW
Berlin	3.431.675	45,90	28,06
Nordrhein-Westfalen	17.933.064	35,29	19,51
Rheinland-Pfalz	4.028.351	32,79	15,55
Sachsen	4.192.801	37,36	20,46
Sachsen-Anhalt	2.381.872	34,59	18,07

4.3 Das Unfallgeschehen an Knotenpunkten innerorts im Überblick

Mit 69 % nehmen Einbiegen/Kreuzen- und Abbiege-Unfälle den größten Anteil an allen Unfällen an Knotenpunkten erwartungsgemäß ein (Seite 48, Abbildung 12 und Abbildung 13). An dritter Stelle folgen Unfälle im Längsverkehr (13 %), sodass allein diese drei Unfalltypen etwa vier Fünftel aller Unfälle an Knotenpunkten innerorts ausmachen. Bezogen auf die Häufigkeit ergibt sich folgende Rangordnung der Unfalltypen:

1. Unfalltyp 3: Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (126.550, 44 %)
2. Unfalltyp 2: Abbiege-Unfälle (72.419, 25 %)
3. Unfalltyp 6: Unfälle im Längsverkehr (36.330, 13 %)
4. Unfalltyp 1: Fahrurfälle (19.681, 7 %)
5. Unfalltyp 4: Überschreiten-Unfälle (13.912, 5 %)
6. Unfalltyp 7: Sonstige Unfälle (13.368, 5 %)
7. Unfalltyp 5: Unfälle durch ruhenden Verkehr (3.266, 1 %)

Betrachtet man jedoch die Verteilung der 3-stelligen Unfalltypen⁵, fällt auf, dass der Unfalltyp 211⁶ (Abbiege-Unfall) noch vor den 3-stelligen Unfalltypen der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle rangiert (Abbildung 11) und somit den Vorgang des Linksabbiegens als besonders problematisch herausstellt. Generell ist auch eine hohe Konzentration bestimmter Unfalltypen festzustellen. So umfassen acht 3-stellige Unfalltypen bereits die Hälfte aller untersuchten Unfälle an Knotenpunkten in NRW.

Insgesamt verunglückten bei den 285.526 Unfällen 210.356 aktiv am Verkehrsgeschehen beteiligte Personen (Hauptverursacher und weitere Unfallbeteiligte, ohne Mitfahrer)⁷. In der Gesamtbetrachtung ergibt sich ein vergleichbares Bild zu den Unfällen im Hinblick auf die Häufigkeitsverteilung der Unfalltypen. Auch bei den Verunglückten nehmen die Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (40 %) den größten Anteil ein, gefolgt von den Abbiege-Unfällen (26 %) und den Unfällen im Längsverkehr (15 %) (Seite 49, Abbildung 14 und Abbildung 15).

Betrachtet man die Unfallschwere genauer und differenziert nach Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten je Unfalltyp (Seite 50, Abbildung 16 bis Abbildung 18), wird das Risiko für Fußgänger, besonders schwere Unfallfolgen zu erleiden, deutlich. Bei den Getöteten nehmen die Überschreiten-Unfälle mit 30 % den größten Anteil ein, gefolgt von Einbiegen/Kreuzen- und Abbiege-Unfällen (beide 26 %). Je geringer die Verletzungsschwere, umso mehr gehen die Überschreiten-Unfälle zurück, sodass sich bei den Leichtverletzten ein vergleichbares Bild zu der Häufigkeitsverteilung der Unfalltypen insgesamt ergibt.

⁵ Die 3-stelligen Unfalltypen lagen nicht für alle Unfalldaten vor. Die Auswertung der 3-stelligen Unfalltypen erfolgt am Beispiel der Unfalldaten aus Nordrhein-Westfalen.

⁶ Unfalltyp 211: Zusammenstoß zwischen einem nach links abbiegenden Kfz (Wartepflicht) mit einem Fahrzeug der Gegenrichtung.

⁷ Einschließlich der Mitfahrer verunglückten insgesamt 257.845 Personen. Da im Rahmen dieser Arbeit der Schwerpunkt auf aktiv am Verkehrsgeschehen beteiligte Personen gelegt wird, werden die 47.489 verunglückten Mitfahrer nicht weiter berücksichtigt.

Zusammenfassend stehen bei Unfällen an innerörtlichen Knotenpunkten somit

- Einbiegen/Kreuzen- und Abbiege-Unfälle (Aufkommen und Unfallschwere) sowie
- Überschreiten-Unfälle (Unfallschwere)

im Vordergrund.

Während Unfälle im Längsverkehr (Aufkommen und Unfallschwere) sowie Fahrnfälle (Unfallschwere) je Betrachtungsweise noch etwa 5 bis 15 % der Unfälle einnehmen, spielen Unfälle durch ruhenden Verkehr und sonstige Unfälle an Knotenpunkten eine untergeordnete Rolle.

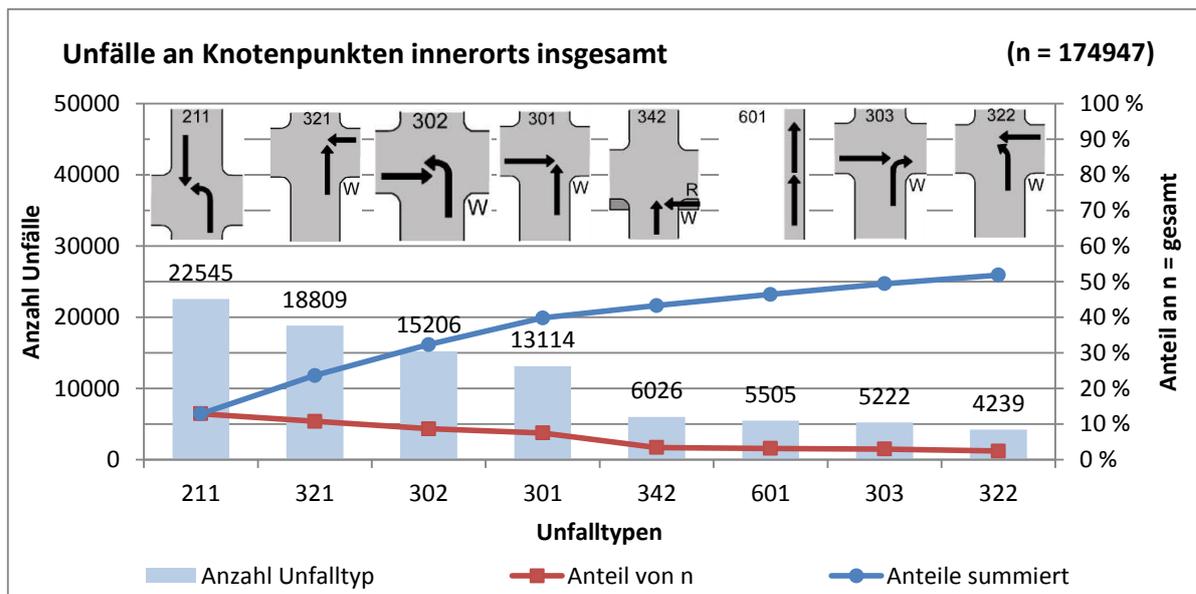


Abbildung 11: Häufigste dreistellige Unfalltypen von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden an Knotenpunkten innerorts am Beispiel der Unfalldaten Nordrhein-Westfalen aus 2004 bis 2008 ($n_{\text{ges}} = 174.947$)

**Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden
an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp**

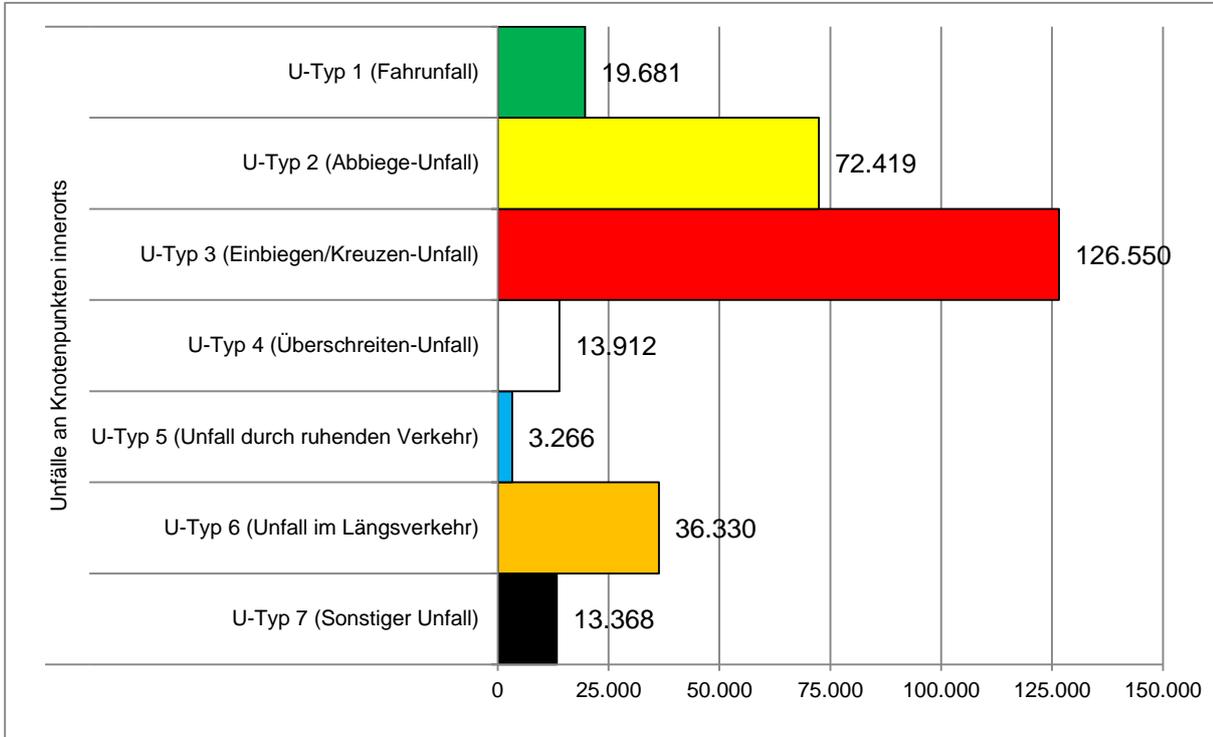


Abbildung 12: Häufigkeit von Unfällen an Knotenpunkten innerorts nach Unfalltyp (n = 285.526)

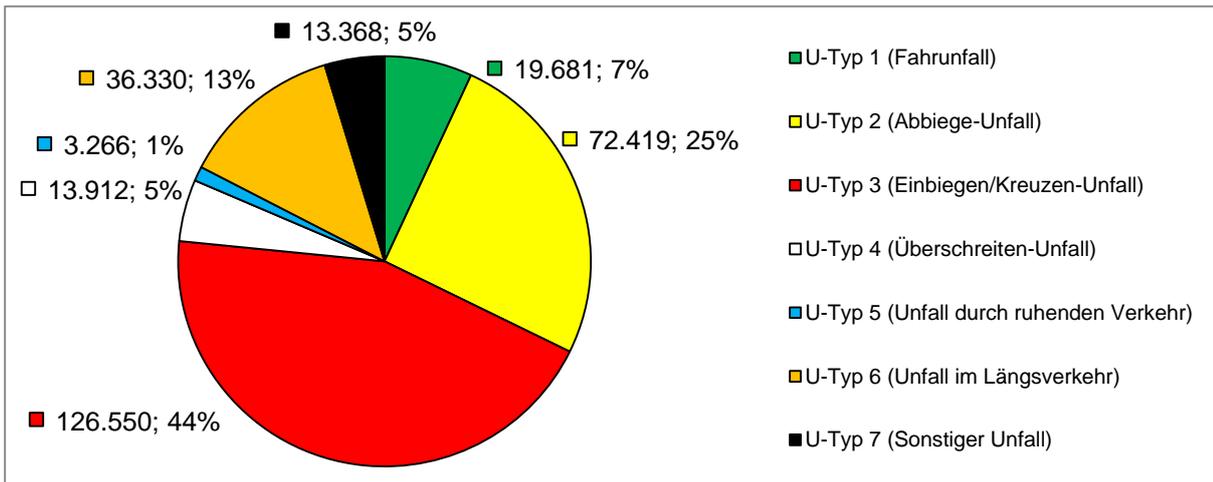


Abbildung 13: Verteilung der Unfalltypen von Unfällen an Knotenpunkten innerorts (n = 285.526)

Verunglückte bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp

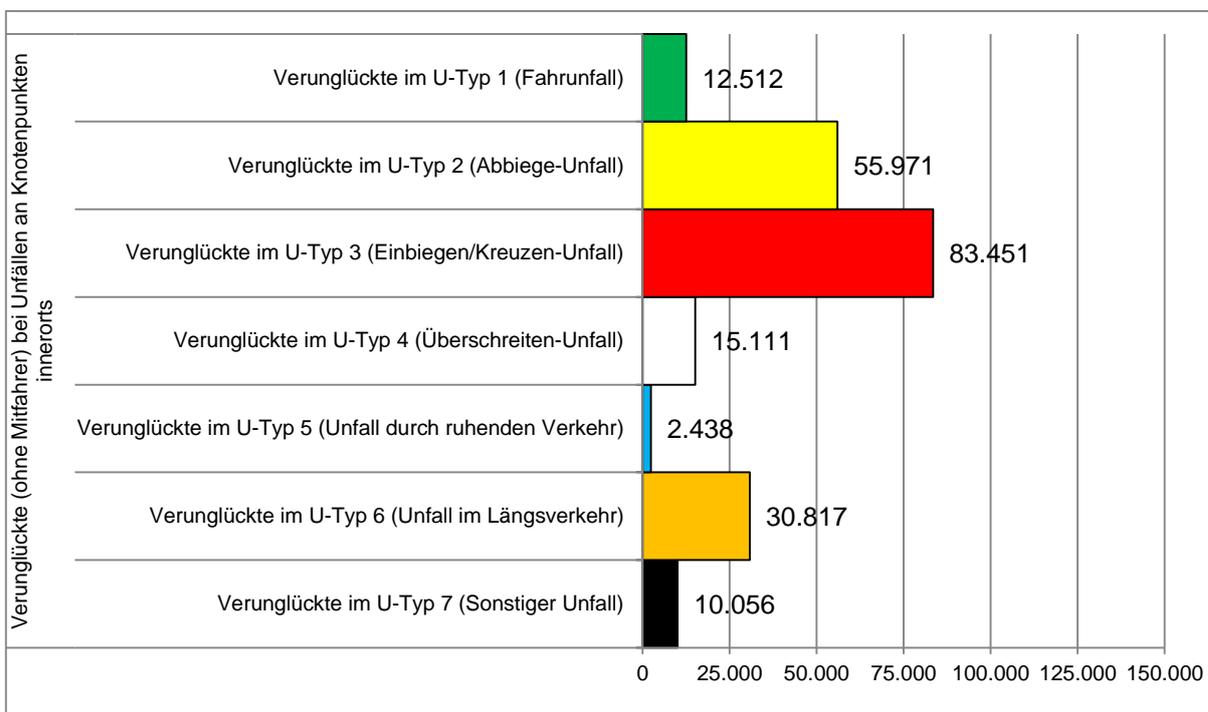


Abbildung 14: Verunglückte (absolut, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp (n = 210.356)

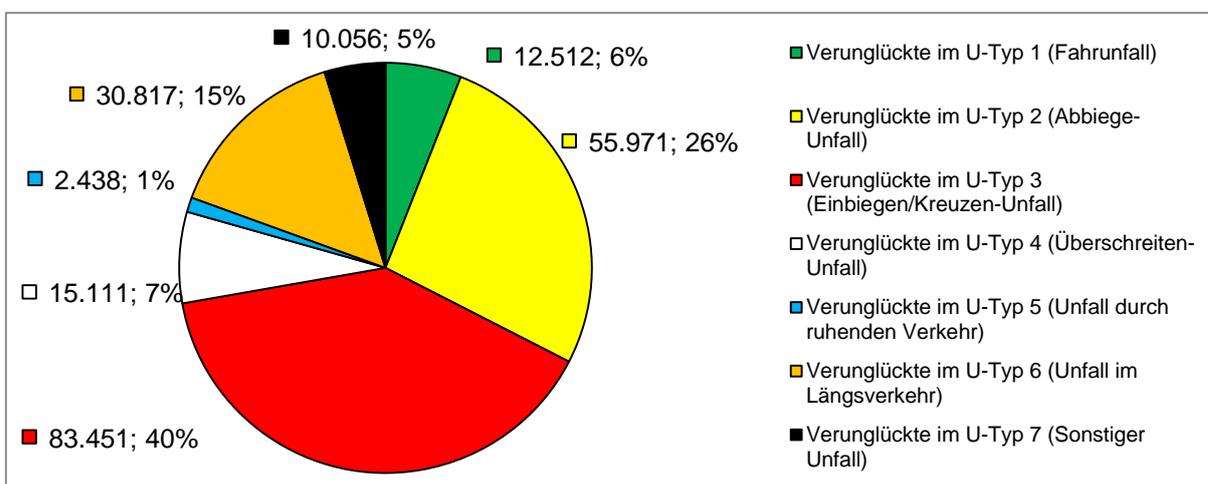


Abbildung 15: Verunglückte (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp (n = 210.356)

**Getötete, Schwer- und Leichtverletzte
bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp**

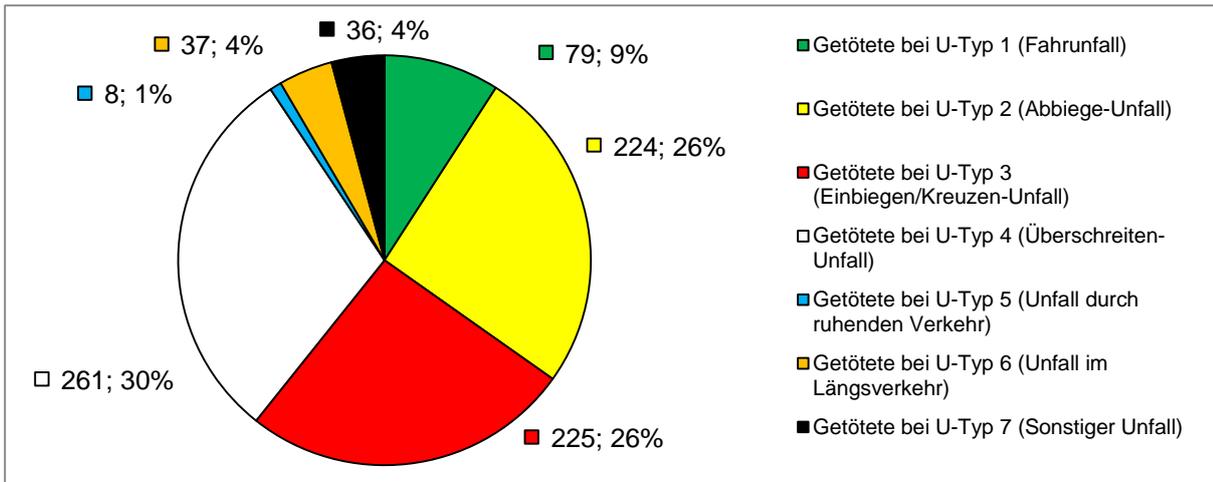


Abbildung 16: Getötete (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp (n = 870)

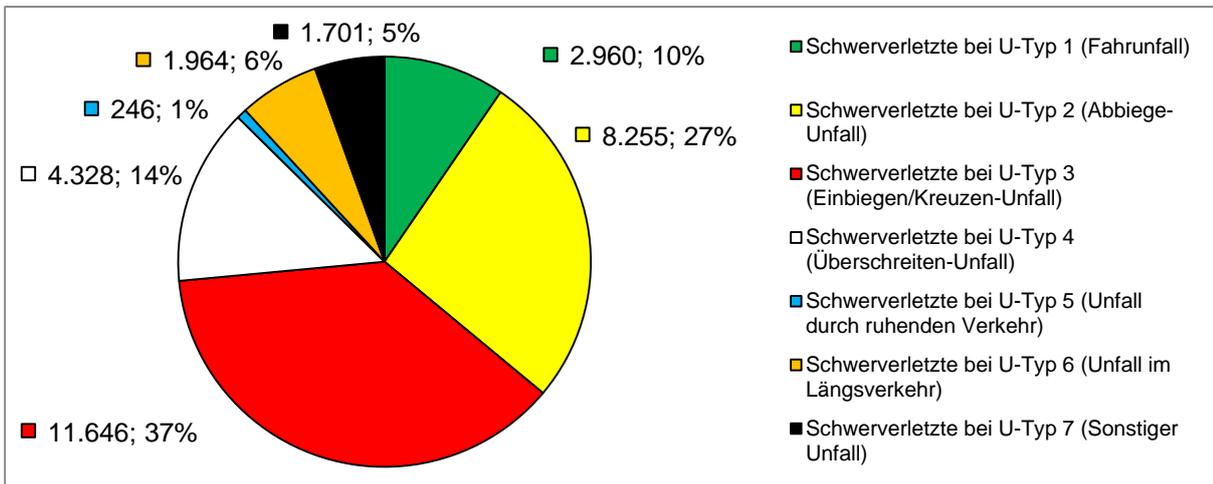


Abbildung 17: Schwerverletzte (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp (n = 31.100)

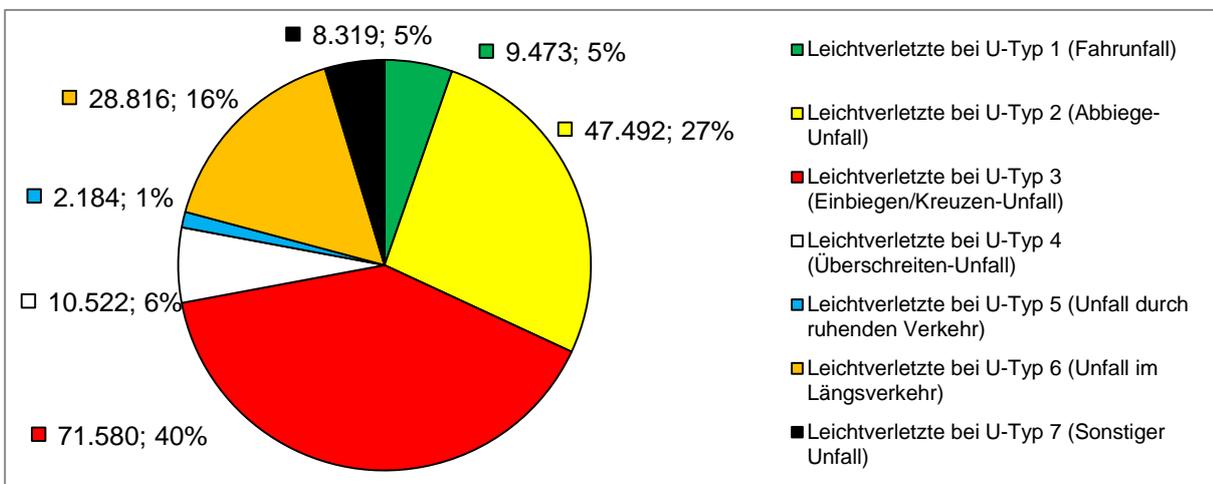


Abbildung 18: Leichtverletzte (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp (n = 178.386)

4.4 Unfallbeteiligte und Altersgruppen bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts

Abbildung 19 zeigt die Verteilung der Unfälle an Knotenpunkten und führt zudem auf, wie viele davon mit Beteiligung von Kindern bzw. Senioren geschahen. Unfälle mit Beteiligung von Kindern ($n = 17.462$) haben demnach einen Anteil von etwa 6 %⁸ an allen Unfällen; Unfälle mit Beteiligung von Senioren ($n = 56.741$) machen in etwa 20 %⁹ des gesamten Unfallgeschehens aus¹⁰.

Während die Unfälle mit Beteiligung von Senioren qualitativ im Wesentlichen der Verteilung aller Unfälle auf die Unfalltypen entsprechen, konzentrieren sich die Unfälle mit Beteiligung von Kindern vornehmlich auf Abbiege-Unfälle (Typ 2), Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (Typ 3) und Überschreiten-Unfälle (Typ 4).

Auffällig ist, dass Kinder und Senioren relativ gesehen häufiger an Überschreiten-Unfällen beteiligt sind als andere Altersgruppen. Insgesamt nehmen Unfälle mit Beteiligung von Kindern rd. 35 % aller Überschreiten-Unfälle an Knotenpunkten ein; Überschreiten-Unfälle mit Beteiligung von Senioren in etwa 28 % (Abbildung 19, unten). Zwar ist der Unfalltyp 4 relativ betrachtet seltener erfasst, da hier nur Unfälle an Knotenpunkten betrachtet werden, dennoch ist es ersichtlich, dass trotz der vermeintlich geringeren Anzahl von Überschreiten-Unfällen an Knotenpunkten gegenüber Streckenabschnitten, ältere Menschen und Kinder beim Überschreiten der Fahrbahn grundsätzlich gefährdeter sind als übrige Altersgruppen. Kinder und Senioren sind, im Vergleich zu allen erfassten Unfällen an Knotenpunkten, bei Überschreiten-Unfällen überdurchschnittlich oft vertreten.

Der Blick auf die Hauptverursacher, einschließlich der verunglückten Hauptverursacher, von Unfällen an Knotenpunkten und auf die weiteren Verunglückten (nur aktiv Beteiligte, keine Mitfahrer) bestätigt diesen Trend (Seite 53, Abbildung 20 bis Abbildung 22). Zudem zeigt sich, dass Kinder, i. d. R. Fußgänger und Radfahrer, im Vergleich zu den anderen Altersgruppen, häufiger als Hauptverursacher auch selber bei Unfällen verunglücken und insbesondere bei Überschreiten-Unfällen verunglücken. Senioren verunglücken im Vergleich zu den anderen Altersgruppen bei Überschreiten-Unfällen eher als weitere Beteiligte und nicht als Hauptverursacher.

⁸ Zum Vergleich: Der Bevölkerungsanteil von Kindern unter 15 Jahren lag 2011 bei 13,4 %. Ihr Anteil an allen Verunglückten bei Straßenverkehrsunfällen lag bei 7,7 %. (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 5)

⁹ Zum Vergleich: Der Anteil der über 65-jährigen an der Gesamtbevölkerung lag 2011 bei 20,6 %. Ihr Anteil an Unfällen mit Personenschaden lag bei 11,8 %. (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 5)

¹⁰ Unfälle mit Beteiligung von Kindern und Senioren sind nicht explizit erfasst. Ein Teil der Unfälle mit Beteiligung von Kindern ist somit auch ein Teil der Unfälle mit Beteiligung von Senioren und umgekehrt.

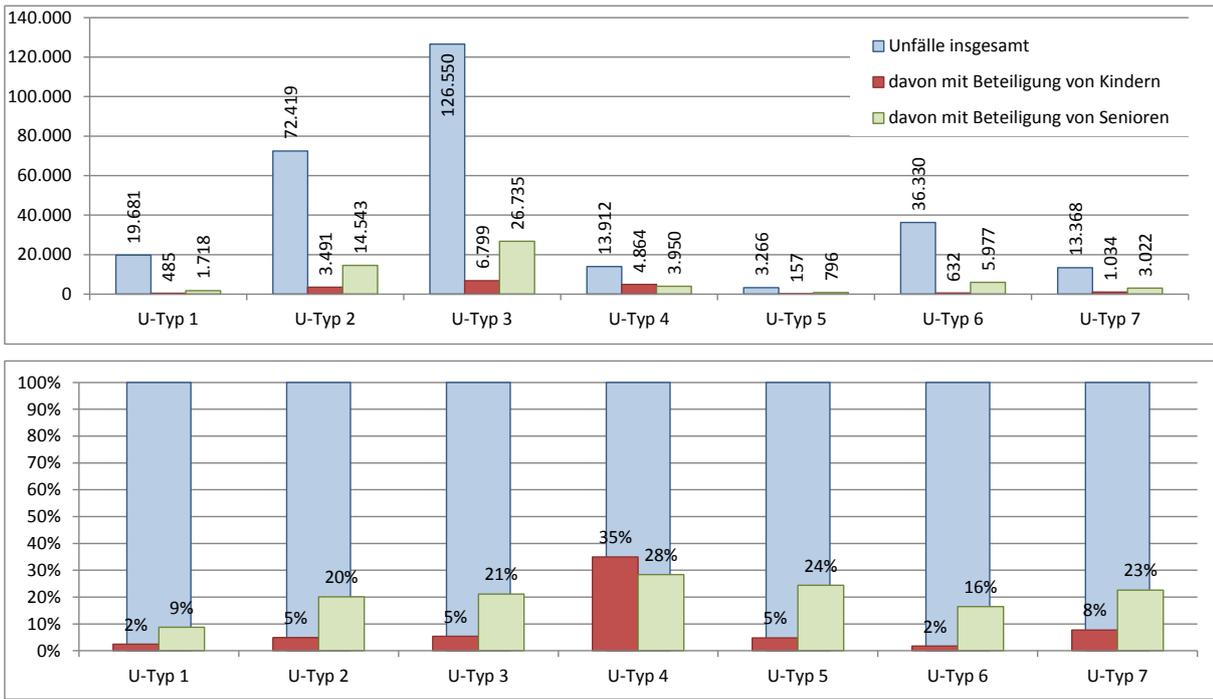


Abbildung 19: Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden an Knotenpunkten mit Beteiligung von Kindern und Senioren innerorts (n_{ges} = 285.526)

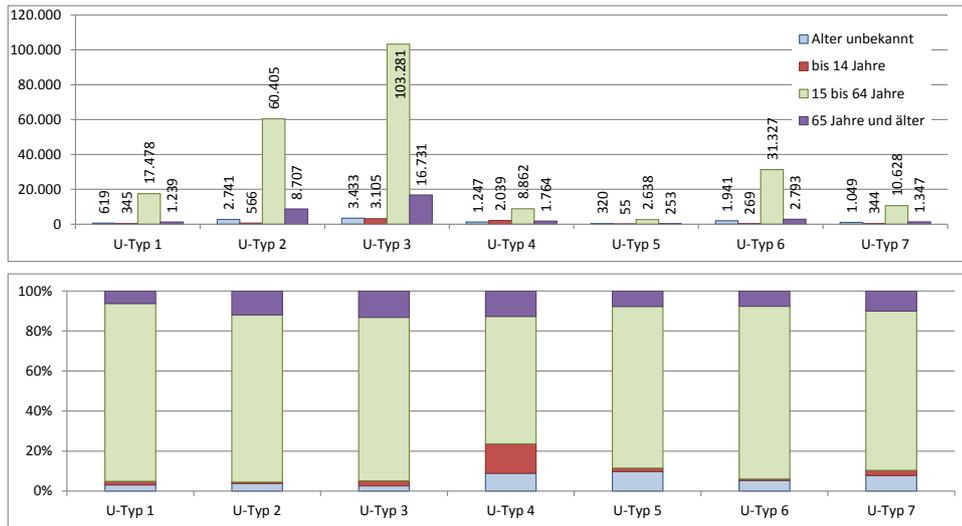


Abbildung 20: Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden an Knotenpunkten innerorts ($n_{ges} = 285.526$)

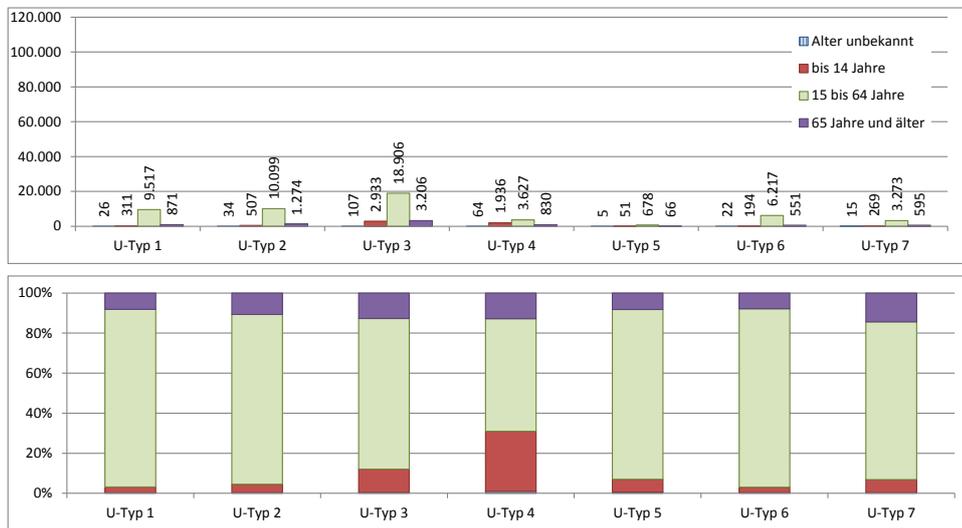


Abbildung 21: Verunglückte Hauptverursacher bei Unfällen mit Personenschaden an Knotenpunkten innerorts ($n_{ges} = 66.172$)

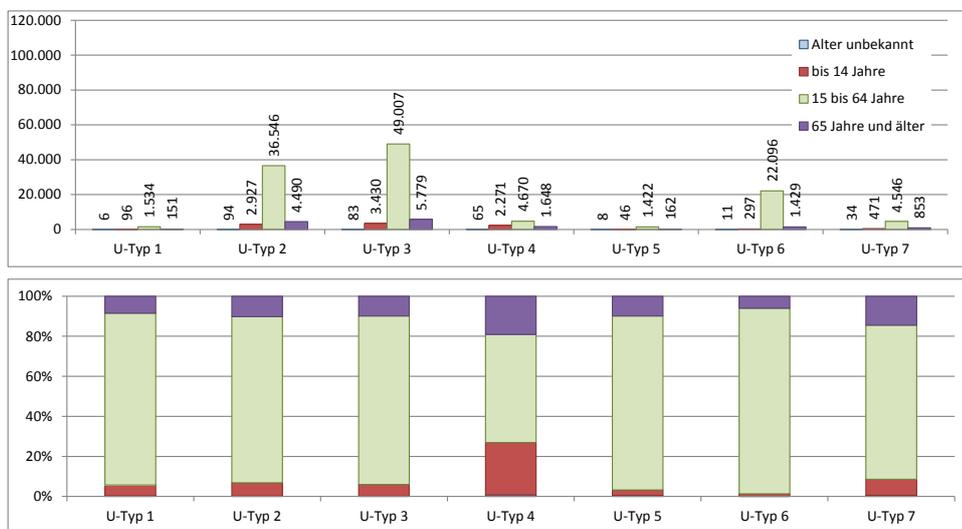


Abbildung 22: Verunglückte weitere Beteiligte (ohne Mitfahrer) bei Unfällen mit Personenschaden an Knotenpunkten innerorts ($n_{ges} = 144.172$)

4.5 Unfälle an Knotenpunkten mit Beteiligung von Kindern

Im Folgenden werden die Unfälle mit Beteiligung von Kindern gesondert betrachtet und Kinder als Hauptverursacher¹¹ und weitere Unfallbeteiligte (ohne Mitfahrer) dargestellt.

Von den insgesamt 6.723 Unfällen, die von Kindern unter 15 Jahren verursacht wurden, verursachten Kinder rund zwei Drittel der Unfälle als Radfahrer (Abbildung 23, oben). Den mit Abstand größten Anteil nehmen dabei Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (Typ 3) ein. Fast jeder zweite (45 %) von einem Kind verursachte Unfall ist ein Einbiegen/Kreuzen-Unfall als Radfahrer. Überschreiten-Unfälle (Typ 4) stehen mit etwa 30 % an zweiter Stelle der von Kindern verursachten Unfälle.

Als Fußgänger und Radfahrer wenig geschützt, verunglücken Kinder auch häufig bei Unfällen, die sie selber verursachen. Bei Einbiegen/Kreuzen- und Überschreiten-Unfällen verunglücken sie in etwa 95 % der Fälle selber (Abbildung 23, Mitte).

Als weitere Unfallbeteiligte (keine Hauptverursacher) verunglücken Kinder ebenfalls häufiger als Radfahrer (Abbildung 23, unten). Rund 60 % der verunglückten Kinder war bei nicht selber verursachten Unfällen mit dem Rad unterwegs, etwa 40 % ging zu Fuß. Neben den Einbiegen/Kreuzen- und Überschreiten-Unfällen, stellen für Kinder auch Situationen mit abbiegenden Verkehrsteilnehmern eine besondere Gefährdung dar. Etwa jedes dritte Kind (31 %), das bei einem Unfall als weiterer Beteiligter verunglückt, verunglückt bei Abbiege-Unfällen als Radfahrer oder Fußgänger. Rd. 35 % verunglücken im Weiteren bei Einbiegen/Kreuzen-Unfällen, etwa 24 % bei Überschreiten-Unfällen.

Zusammenfassend betrachtet sind Kinder insbesondere in folgenden Verkehrssituationen gefährdet:

- Einbiegen/Kreuzen (40 % der verunglückten Kinder, Radfahrer),
- Überschreiten der Fahrbahn (27 % der verunglückten Kinder, Fußgänger) und
- Abbiegen (22 % der verunglückten Kinder, Fußgänger und Radfahrer)

Einbiegen/Kreuzen- und Überschreiten-Unfälle machen absolut den größten Anteil bei Unfällen mit Beteiligung von Kindern aus. In der Detailbetrachtung der 3-stelligen Unfalltypen stehen jedoch insbesondere Unfälle in der Rangfolge oben, bei denen Kinder aus Sicht der kreuzenden Verkehrsteilnehmer (vornehmlich Kraftfahrer) als Radfahrer von rechts kommen (Abbildung 24). Die beiden Unfalltypen 342 und 321 umfassen in NRW fast 20 % aller Unfälle mit Beteiligung von Kindern (vgl. auch Anhang A 1).

¹¹ In den Unfallstatistiken als Unfallbeteiligter Nr. 1 geführt.

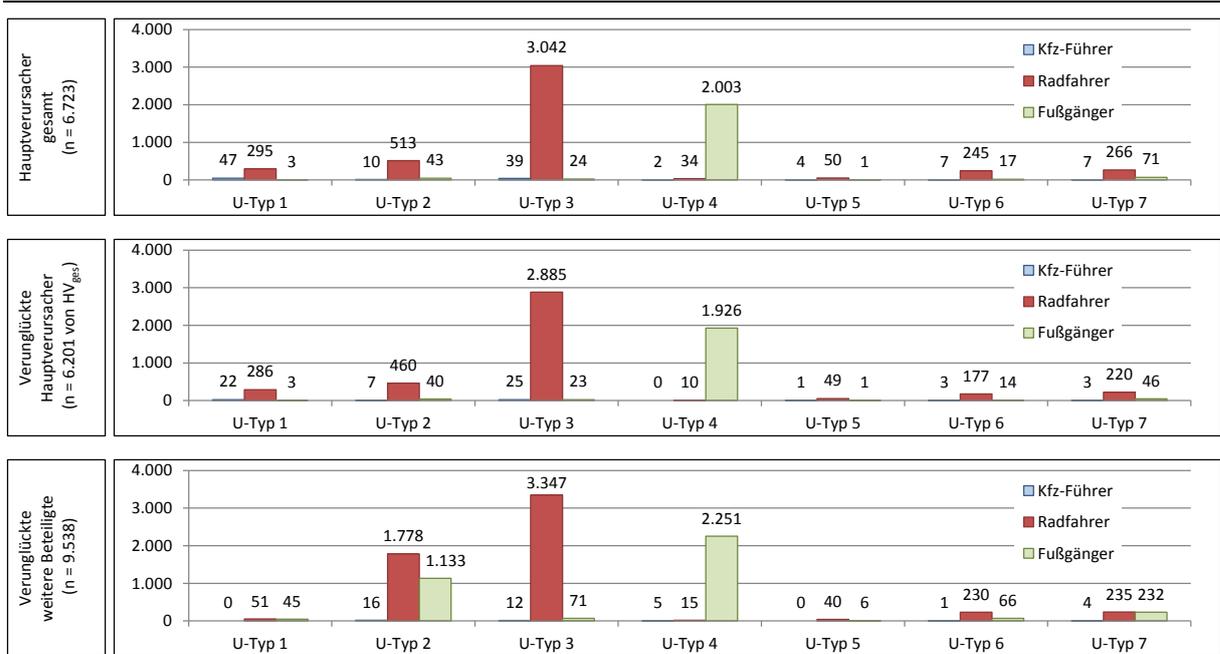


Abbildung 23: Kinder als Hauptverursacher und verunglückte weitere Beteiligte¹²

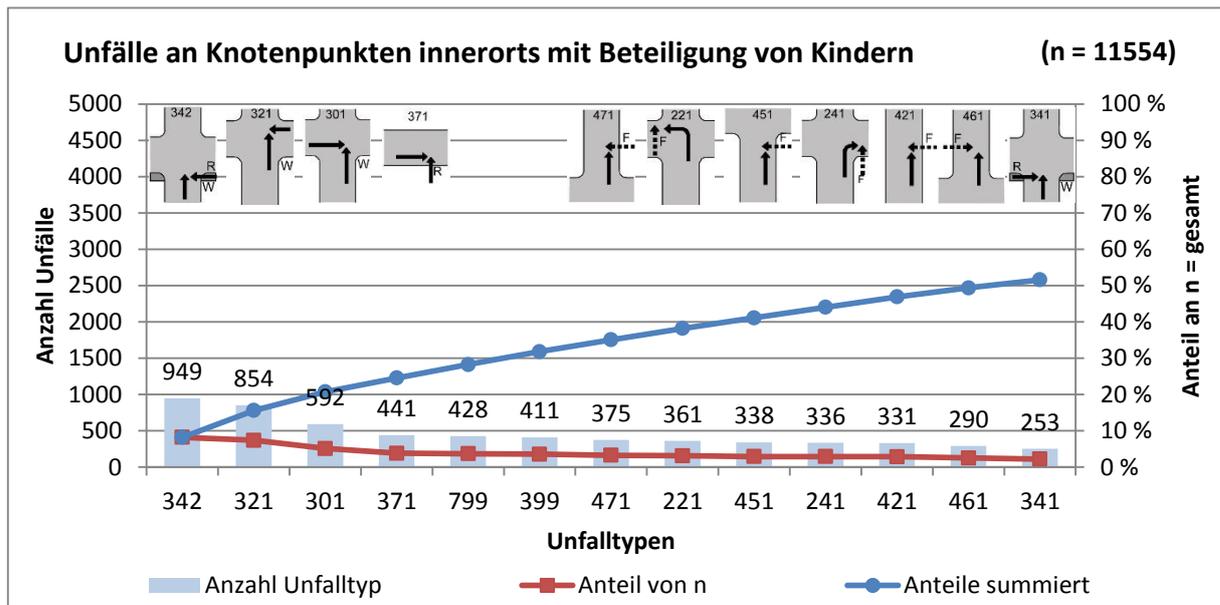


Abbildung 24: Häufigste dreistellige Unfalltypen von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden mit Beteiligung von Kindern an Knotenpunkten innerorts am Beispiel der Unfalldaten Nordrhein-Westfalen aus 2004 bis 2008 (n_{ges} = 11.554)

¹² Anmerkung: Die Auswertung beruht auf den zur Verfügung gestellten elektronischen Unfalldatenbeständen. Kinder (14 Jahre und jünger), die als Kfz-Führer in den Datenbeständen aufgeführt sind, waren vornehmlich 13 bis 14 Jahre alt und nutzen ein kleinmotorisiertes Kraftrad.

4.6 Unfälle an Knotenpunkten mit Beteiligung von Senioren

Senioren verursachen Unfälle an Knotenpunkte vornehmlich als Kraftfahrer (Abbildung 25, oben). Bei 88 % der von ihnen verursachten Unfälle sind sie als Führer eines Kfz beteiligt. Dabei stehen Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (46 % aller Unfälle) und Abbiege-Unfälle (25 % aller Unfälle) im Vordergrund. An dritter Stelle haben Unfälle im Längsverkehr noch einen Anteil von 8 %.

Die Betrachtung der 3-stelligen Unfalltypen (Abbildung 26) zeigt, dass Senioren – wie auch alle anderen Kraftfahrer – besondere Schwierigkeiten bei Vorgängen des Linksabbiegens haben. Auch bei Unfällen mit Senioren steht der Unfalltyp 211 (Abbiege-Unfall) noch vor den Einbiegen/Kreuzen-Unfällen (vgl. auch Anhang A 1).

Insgesamt verunglückten 21.905 Senioren. Davon 41 % als Radfahrer, 37 % als Kraftfahrer und 22 % als Fußgänger. Im Wesentlichen verunglückten Sie bei Einbiegen/Kreuzen-Unfällen (41%) als Kraft- und Radfahrer sowie bei Abbiege-Unfällen (26 %) als Kraft-/Radfahrer und Fußgänger. Bei Überschreiten-Unfällen verunglückten 11 % der Senioren, bei Unfällen im Längsverkehr etwa 9 %.

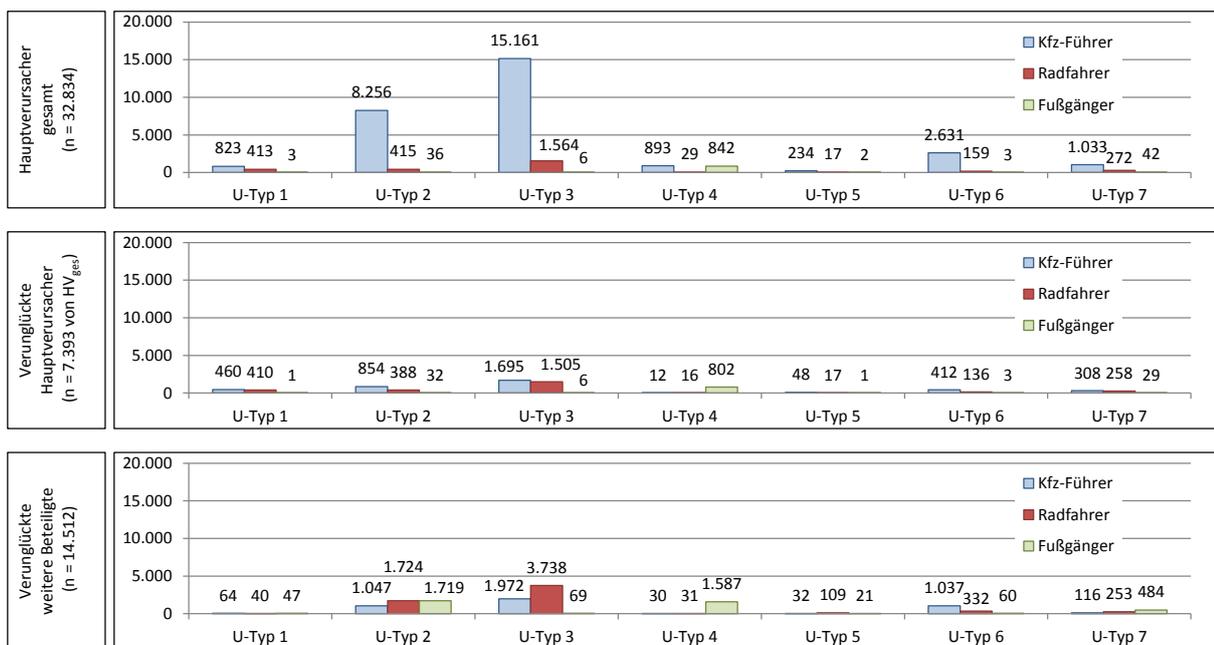


Abbildung 25: Senioren als Hauptverursacher und verunglückte weitere Beteiligte

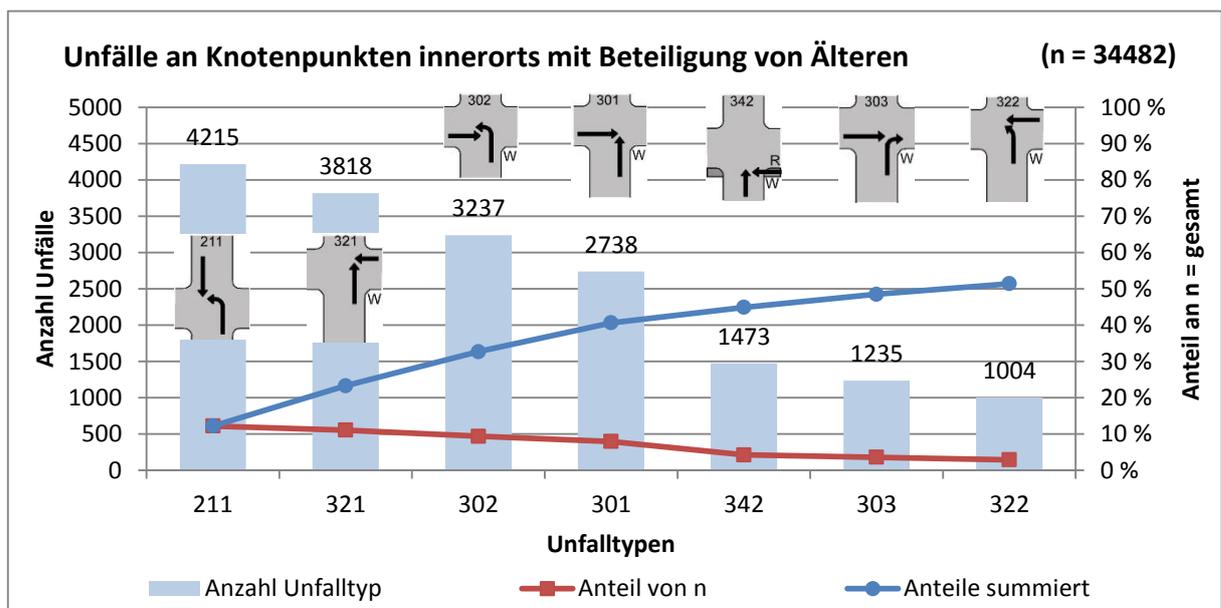


Abbildung 26: Häufigste dreistellige Unfalltypen von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden mit Beteiligung von Älteren an Knotenpunkten innerorts am Beispiel der Unfalldaten Nordrhein-Westfalen aus 2004 bis 2008 ($n_{\text{ges}} = 34.482$)

4.7 Unfälle an Knotenpunkten mit Beteiligung von Menschen mit Mobilitätsbehinderungen

Das derzeitige Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (StVUnfStatG) sieht die Erfassung eines Merkmals „Behinderung“ nicht vor (StVUnfStatG, vom 15.06.1990). Es würde auch gegen Gleichstellungsgesetze verstoßen und gegenüber den Beteiligten als diskriminierend gelten, wenn die Polizei im Rahmen der Unfallaufnahme nach einer Behinderung der Unfallbeteiligten fragen und eine entsprechende Kategorisierung vornehmen würde (vgl. u. a. Gerlach et al. in Druck).

Die Regelung im StVUnfStatG ist daher folgerichtig. Allerdings ist dadurch eine systematische, makroskopische Analyse elektronischer Unfalldaten hinsichtlich der Unfälle mobilitätsbehinderter Menschen i. d. R. nicht möglich. Nur in wenigen Fällen werden Hinweise über ein offensichtliches Merkmal einer Behinderung der Unfallbeteiligten in elektronischen Unfalldaten erfasst.

Aus Berlin konnten z. B. für den Zeitraum Januar 2004 bis April 2013 insgesamt 133 Unfälle übermittelt werden, an denen mindestens ein Mensch mit einer Mobilitätsbehinderung/-einschränkung beteiligt war. 96 dieser Unfälle (72 %) waren Unfälle mit Personenschaden.

Von den 133 Unfällen ließen sich 81 dem Unfallort „Knotenpunkt“ zuordnen. Bei 21 Unfällen (26 % der Unfälle an Knotenpunkten) wurde von der Polizei der mobilitätseingeschränkte Unfallbeteiligte als Verursacher des Unfalls ermittelt. Bei der überwiegenden Zahl der Fälle (74 %) waren die mobilitätseingeschränkten Verkehrsteilnehmer allerdings Unfallopfer.

Fast drei Viertel (60) dieser 81 Unfälle stand im Zusammenhang mit Abbiegen (31 %) oder Einbiegen/Kreuzen (31 %) (Abbildung 27). Allerdings fand der überwiegende Teil der erfassten Unfälle an Knotenpunkten (74 der 81 Unfälle) jeweils mit Beteiligung eines Rollstuhl- oder Krankenstuhlfahrers statt. An den restlichen Unfällen waren Rollatornutzer (1), Fußgänger mit einer Sehbehinderung (1) oder Fußgänger und Kraftfahrer mit anderen Einschränkungen (5) beteiligt.

Aus den Unfallbeschreibungen (lag in 32 Fällen nicht vor) lassen sich die folgenden Ursachen ableiten:

- Kraftfahrer übersieht Rollstuhlfahrer beim Wenden, Abbiegen oder Einbiegen (31)
- Rollstuhlfahrer nutzt Verkehrsflächen nicht in der vorgeschriebenen Weise (Rollstuhlfahrer befuhren Radverkehrsanlagen oder die Fahrbahn, z. T. auch in falscher Richtung, da im Bereich des Gehweges eine Nullabsenkung fehlte bzw. um die Nullabsenkung erreichen zu können.) (6)
- Mobilitätsbehinderter verhält sich in anderer Weise ordnungswidrig (5).
- Sonstige Ursachen (6)
- Rollstuhlfahrer gerät beim Überwinden eines Bordes in Rücklage und kippt um (1)

Aufgrund der geringen Fallzahlen sind allgemeingültige Aussagen nicht möglich. Allerdings deuten die Auswertungen des Unfallgeschehens von Rollstuhlfahrern darauf hin, dass

- vornehmlich fehlende bzw. eingeschränkte Sichtbeziehungen und
- im Weiteren die falsche Nutzung von Verkehrsflächen bzw. die fehlende Infrastruktur für Rollstuhlfahrer

eine Rolle spielen.

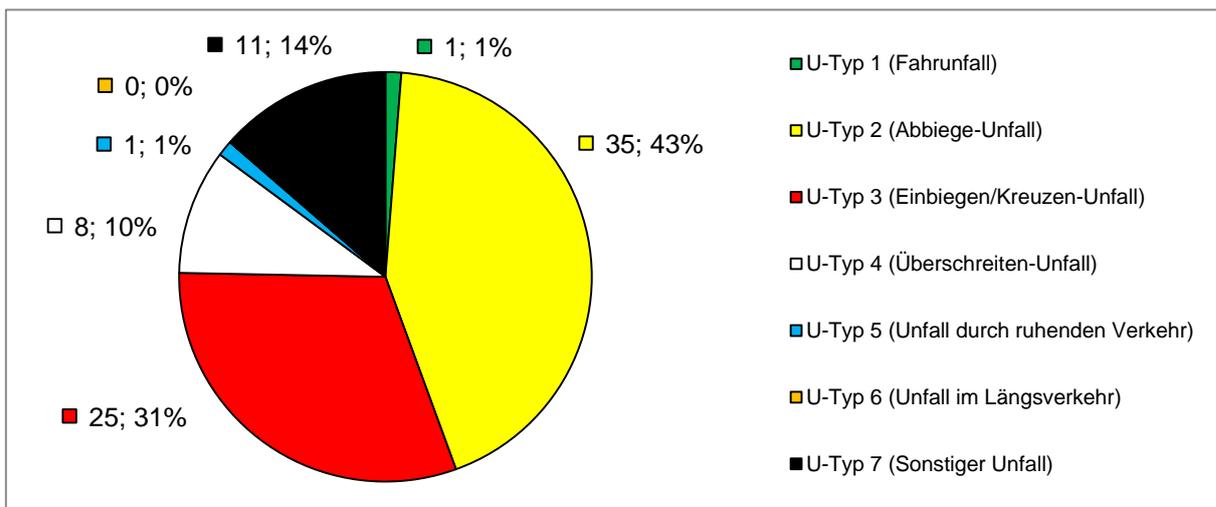


Abbildung 27: Verteilung der Unfalltypen von Unfällen an Knotenpunkten mit Beteiligung von Menschen mit einer Mobilitätsbehinderung/-einschränkung (n = 81, davon 74 Unfälle mit Beteiligung eines Rollstuhl-/Krankenstuhlfahrers)

4.8 Zusammenfassung der makroskopischen Unfallanalyse: typische Unfallsituationen und Gefährdungspotenziale

Das Unfallgeschehen von Kindern und Senioren wurde anhand elektronischer Unfalldatenbestände analysiert. Die Basis dazu bildeten rund 285.000 Unfälle an innerörtlichen Knotenpunkten. Eine vergleichbare Analyse von Unfällen mit Beteiligung mobilitätsbehinderter Menschen war nicht möglich, da z. B. ein Merkmal, welches explizit die Mobilitätseinschränkung beschreibt, in elektronischen Unfalldaten i. d. R. nicht mit aufgeführt wird und allenfalls im Freitext beschrieben ist. Unfälle mit Beteiligung mobilitätsbehinderter Menschen wurden anhand von Fallbeispielen aus Berlin untersucht, die im Wesentlichen Unfälle mit Rollstuhlfahrern umfassen.

Im Hinblick auf Unfälle an Knotenpunkten innerhalb geschlossener Ortschaften lässt sich zusammenfassend festhalten, dass

- Kinder als Hauptverursacher oft bei Unfällen des Typs 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfälle) als Radfahrer, insbesondere Typ 342 und 321, und überproportional oft bei Unfällen des Typs 4 (Überschreiten-Unfälle) als Fußgänger erfasst sind,
- Kinder innerhalb ihrer Altersgruppe, zusätzlich zu den beiden Unfalltypen 3 und 4, zudem noch im Unfalltyp 2 (Abbiege-Unfälle) als weitere beteiligte Radfahrer und Fußgänger häufig verunglücken,
- Senioren in den Unfalltypen 2, insbesondere im Typ 211, und 3 als Kfz-Führer absolut gesehen am häufigsten vertreten sind (was auch der Verteilung aller Unfälle an Knotenpunkten entspricht),
- Kinder und Senioren in Relation zu den übrigen Verkehrsteilnehmern häufiger in Unfälle des Typs 4 verwickelt sind und bei diesen auch verunglücken und
- auch für Rollstuhlfahrer insbesondere Einbiegen/Kreuzen- und Abbiege-Vorgänge ein hohes Risiko bergen.

Alleine aus den Unfalltypen lassen sich die exakten Ursachen, die zu den Unfällen geführt haben, nicht herleiten. Es ist allerdings auffällig, dass

- Kinder vor allem als von rechts kommender Radfahrer oder als Fußgänger beim Überqueren der Fahrbahn durch Kraftfahrer gefährdet sind,
- Senioren als Kraftfahrer generell die gleichen Unfälle verursachen wie Kraftfahrer anderer Altersgruppen und insbesondere beim Linksabbiegen und Einbiegen/Kreuzen Schwierigkeiten haben,
- Rollstuhlfahrer oft beim Abbiegen/Einbiegen von Kraftfahrern übersehen werden oder aufgrund fehlender – für sie geeigneter – Infrastruktur Verkehrsflächen falsch nutzen und dann in Konflikt mit anderen Verkehrsteilnehmern geraten.

Somit kann ein wesentliches Gefahrenpotenzial in fehlenden Sichtbeziehungen, der Qualität der Verkehrsanlagen oder der Verkehrsregelung/Verkehrsführung liegen. Dies wird im Rahmen der detaillierten Sicherheitsanalysen näher untersucht.

Abbildung 28 stellt die für Kinder und Senioren typischen Unfallsituationen auf Basis der makroskopischen Unfalluntersuchung grafisch dar. Typische Unfallsituationen für Menschen mit Mobilitätsbehinderung können aufgrund der geringen Fallzahlen nicht allgemeingültig dargestellt werden. Die Abbildung führt allerdings die für Rollstuhlfahrer relevanten Unfalltypen auf, die sich aus der Fallstudie der Berliner Unfalldaten ergaben.

Art der Verkehrsbeteiligung	Unfalltyp 1 Fahrunfall (F)			Unfalltyp 2 Abbiege-Unfall (AB)			Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall (EK)			Unfalltyp 4 Überschreiten-Unfall (US)			Unfalltyp 5 Unfall durch ruhenden Verkehr (RV)			Unfalltyp 6 Unfall im Längsverkehr (LV)			Unfalltyp 7 Sonstiger Unfall (SO)		
	Kfz	Rf	Fg	Kfz	Rf	Fg	Kfz	Rf	Fg	Kfz	Rf	Fg	Kfz	Rf	Fg	Kfz	Rf	Fg	Kfz	Rf	Fg
Als Hauptverursacher				S			S	K				K									
Als Hauptverursacher (selber verunglückt)							S	S				K			K						
Als weitere Beteiligte (verunglückt)				S	S		S	K	S			K			S			S			
						R					R			R							

Legende/Erläuterungen:	Relevante Unfalltypen für:	Art der Verkehrsbeteiligung:		
	Kinder	K	Kfz	Führer eines Kraftfahrzeuges
	Senioren	S	Rf	Radfahrer
	Rollstuhlfahrer	R	Fg	Fußgänger

Abbildung 28: Häufige Unfalltypen von Kindern, Senioren und Rollstuhlfahrern an Knotenpunkten nach Art der Verkehrsbeteiligung

5 Makroskopische Komplexitätsbetrachtungen: Untersuchung von Knotenpunkten hinsichtlich des Unfallgeschehens und der Komplexität anhand äußerer Kennzeichen

5.1 Vorbemerkungen

In einem ersten Schritt sollen Knotenpunkte einem Grobscreening unterzogen werden. Das Ziel ist die Abschätzung der Komplexität der Gesamtanlage anhand einfach zu bestimmender Merkmale der Umgebung und der Knotenpunktgestaltung, die z. B. aus Luftbildern, Karten oder geobasierten Informationssystemen entnommen werden können.

Im Weiteren befasst sich das folgende Kapitel mit der Frage, ob die so bestimmte Komplexität im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen an diesen Knotenpunkten steht.

5.2 Auswahl von Knotenpunkten

Ein Schwerpunkt der Untersuchung betrifft die verkehrssichere Gestaltung von Knotenpunkten für Kinder und Senioren. Die Auswahl der Knotenpunkte, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden sollen, berücksichtigt daher die typischen Unfallsituationen von Kindern und Senioren und basiert auf den elektronischen Unfalldaten der fünf Bundesländer.

Zur Auswahl dienen drei voneinander unabhängig durchzuführende Methoden, die Knotenpunkte zu identifizieren, an denen die typischen Unfälle von Kindern und Senioren relativ häufig auftreten. Sie sind im Folgenden beschrieben:

Methode 1

1. Filterung von Unfällen nach Art der Knotenpunkte (z. B. Kreuzung, Einmündung)
2. Filterung der Unfälle mit Beteiligung von Kindern oder Senioren
3. Identifizierung von Knotenpunkten

Methode 2

1. Filterung der am häufigsten auftretenden Kombinationen von Unfalltyp und Unfallart (bzw. dreistelligen Unfalltypen)
2. Filterung relevanter Altersgruppen (Kinder, Senioren)
3. Identifizierung von Knotenpunkten

Methode 3

1. Filterung der relativ häufig auftretenden Kombinationen Unfalltypen/Unfallarten (bzw. dreistelligen Unfalltypen) von Kindern und Senioren im Vergleich zu den übrigen Verkehrsteilnehmern
2. Identifizierung von Knotenpunkten

Mit Hilfe der drei Methoden können 291 Knotenpunkte identifiziert werden, die in einer oder in mehreren der beschriebenen Methoden auffällig sind. Davon liegen

- 262 Knotenpunkte (rd. 90 %) in Bereichen innerorts und
- 29 Knotenpunkte (rd. 10 %) in Bereichen außerorts (ohne Autobahnen).

Die innerörtlichen Knotenpunkte teilen sich wie folgt auf (vgl. auch Tabelle 7)

- 181 Kreuzungen (69 %) mit Lichtsignalregelung,
- 28 Kreuzungen (11 %) mit Vorfahrt regelnden Verkehrszeichen,
- 23 Einmündungen (9 %) mit Lichtsignalregelung und
- 25 Einmündungen (10 %) mit Vorfahrt regelnden Verkehrszeichen.

Rechts-vor-links-geregelte Kreuzungen bzw. Einmündungen und Kreisverkehre kommen nur vereinzelt vor.

Tabelle 7: Auswahl von Knotenpunkten innerorts

Knotenpunkte	Anzahl	Anteil [%]
Einmündung	50	19
LSA	23	9
VZ	25	10
RvL	2	1
Kreuzung	209	80
LSA	181	69
VZ	28	11
Kreisverkehr	3	1
VZ	3	1
Gesamt	262	100

Für die weiteren Analysen werden 100 Knotenpunkte aus den 262 ausgewählt. Zur Berücksichtigung der Verteilung von Knotenpunkttyp und Verkehrsregelung werden

- 10 lichtsignalgeregelte Einmündungen (Einmündung LSA),
- 10 verkehrszeichengeregelte Einmündungen (Einmündung VZ),
- 70 lichtsignalgeregelte Kreuzungen (Kreuzung LSA) und
- 10 verkehrszeichengeregelte Kreuzungen (Kreuzung VZ)

gewählt. Die Auswahl erfolgt zufällig.

5.3 Ermittlung der Komplexität

Die Ermittlung der Komplexität erfolgt in diesem ersten Schritt über die Beurteilung einfach zu erfassender Kennzeichen. Grundlage dafür bilden Luftbilder, Karten und/oder geobasierte Informationssysteme. Somit stellt die im Folgenden beschriebene Komplexität eine erste Einschätzung dar. Wesentliche Informationen, wie die tatsächlichen Sichtbeziehungen, die Signalschaltung, die Verkehrsmengen sind nicht bekannt. Insgesamt werden fünf Kennzeichen erfasst und beurteilt, die im Weiteren zur Beschreibung der Komplexität den sieben Merkmalen einfach gewichtet zugeordnet werden (Tabelle 8).

Kennzeichen „Umfeldnutzung“:

Die Umfeldnutzung beschreibt die Komplexität in erster Linie aus der Annahme heraus, dass eine Geschäftsstraße u. a. mehr ablenkende Reize, ein höheres Fuß- und Radverkehrsaufkommen und mehr Überquerungen hervorruft, als dies im Fall einer Wohnstraße der Fall ist. Das Kennzeichen dient im Folgenden zur Beschreibung der Merkmale Umfeld und Zielp pluralität.

Kennzeichen „Straßenkategorie“:

Die Straßenkategorie dient u. a. zur Abschätzung der Verkehrsmenge, da die Belastungen der 100 Knotenpunkte nicht vorliegen und wird zur Beurteilung des Zeitdrucks herangezogen. Im Weiteren dient es zur Gewichtung der Kennzeichen Zufahrt und Überquerung. So wird z. B. eine ungesicherte Überquerung an einer Hauptverkehrsstraße (sollte diese vorliegen) hinsichtlich ihrer Komplexität höher bewertet als eine ungesicherte Überquerung an einer Wohnstraße.

Kennzeichen „Zufahrt“ und „Überquerung“:

Die Kennzeichen Zufahrt und Überquerung dienen in erster Linie zur Beschreibung der Vernetztheit. Im Weiteren sollen mit ihnen auch die Intransparenz, die Eigendynamik und die Handlungsmöglichkeiten beschrieben werden. Es wird die Art der zuführenden Fahrstreifen (Richtungs- oder Mischfahrstreifen) sowie die Art der Überquerung für Fußgänger und Radfahrer (z. B. Furt, Mitteltrennung, Fußgängerüberweg) berücksichtigt.

Kennzeichen „Geometrie“:

Mit diesem Kennzeichen sollen die Sichtverhältnisse über den Schnittwinkel der Straßenachsen beschrieben werden. Dieser sollte für plangleiche Knotenpunkte möglichst rechtwinklig sein, mindestens aber zwischen 80 bis 120 gon liegen, da sich sonst ungünstige Sichtbeziehungen gerade in den Innenkurven ergeben können oder ein-/abbiegende Kraftfahrer zu höheren Geschwindigkeiten verleitet werden können. Das Kennzeichen dient zur Beschreibung der Intransparenz.

Die Bestimmung des Komplexitätsgrades erfolgt analog zu dem in Abschnitt 2.4 erläuterten Verfahren, wobei im Folgenden nur die oben beschriebenen Kennzeichen und Merkmale erfasst werden. Zur Beurteilung der Kennzeichen wird eine einfache Einteilung in drei Stufen gewählt:

<u>Kennwert:</u>	<u>Beurteilung:</u>
1	= geringe Komplexität
5	= mittlere Komplexität
10	= hohe Komplexität

Tabelle 8: Kennzeichen und ihre Zuordnung zu den Merkmalen zur Ermittlung der Komplexität von Knotenpunkten (Grobscreening)

Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert	Merkmale						
			Umgebung	Vernetztheit	Intransparenz	Eigendynamik	Zeitdruck	Zielpluralität	Handlungsmöglichkeiten
Umfeldnutzung	hauptsächlich Wohnen oder weitgehend anbaufrei	1							
	Wohnen, vereinzelt (Klein-)Gewerbe/ Einzelhandel	5	X					X	
	Wohnen und/oder Einkaufen	10							
Straßenkategorie	(Wohn-)Sammelstraße	1							
	Verbindungsstraße	5					X		
	Hauptstraße	10							
Zufahrt: Kfz-Führung in den Zufahrten (insbesondere der Hauptrichtung)	getrennte Richtungsfahrstreifen	1							
	Richtungs- und Mischfahrstreifen	5		X	X	X			X
	nur Mischfahrstreifen	10							
Überquerung: Fußgänger- und Radverkehrsführung (Überquerung)	Furten (LSA)	1							
	Mitteltrennung, FGÜ mit/ohne baulicher Maßnahmen, Fg-LSA an mindestens einem Arm	5		X	X	X			X
	keine Überquerungsanlagen	10							
Geometrie: Schnittwinkel der Straßenachsen	Die Achsen der zusammentreffenden Straßen kreuzen sich in einem möglichst rechten Winkel (etwa 100 gon) oder die Anschlüsse sind abgekröpft	1							
	Die Achsen der zusammentreffenden Straßen kreuzen sich in einem Winkelbereich zwischen 80-100 bzw. 100-120 gon	5			X				
	Die Achsen der zusammentreffenden Straßen kreuzen sich in einem anderen Winkelbereich (kleiner als 80 bzw. größer als 120 gon)	10							

Die ermittelten Komplexitätsgrade der Knotenpunkte sind in Abbildung 29 mit Angabe der Merkmalsausprägungen dargestellt. Maßgebliche Einflüsse bestimmter Merkmale und/oder Kennzeichen können in dieser ersten oberflächlichen Betrachtung nicht beurteilt werden. Es hat aber den Anschein, dass Knotenpunkten an Hauptverkehrsstraßen (das Merkmal Zeitdruck ist stärker ausgeprägt, das Merkmal Vernetztheit ist weniger stark ausgeprägt) mit dieser Vorgehensweise tendenziell eine geringere Komplexität zugewiesen wird. Während Knotenpunkten ohne Lichtsignalregelung (z. B. ist das Merkmal Vernetztheit stärker ausgeprägt) mehrheitlich ein höherer Komplexitätsgrad (> 5) zugewiesen wird (vgl. auch Abbildung 30). Zudem zeigt sich, dass verschiedene Knotenpunkte durch Ausprägungen in unterschiedlichen Merkmalen den gleichen Komplexitätsgrad erreichen können.

Beides ist grundlegend nicht falsch und zu begründen. So ist z. B. die Vernetztheit an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten im Vergleich zu verkehrszeichengeregelten Knotenpunkten prinzipiell geringer. Unklar an dieser Stelle ist jedoch, ob alle Merkmale den gleichen Einfluss auf eine mögliche Gefährdung der Verkehrsteilnehmer haben können, oder ob sie mit unter-

schiedlichen Gewichtungen in das Verfahren einbezogen werden müssen. Eine Unterscheidung der Knotenpunkte – zumindest nach Art der Verkehrsregelung oder Straßenkategorie – scheint im Grobscreening zudem zweckmäßig zu sein. Dies wird bei den folgenden Schritten berücksichtigt.

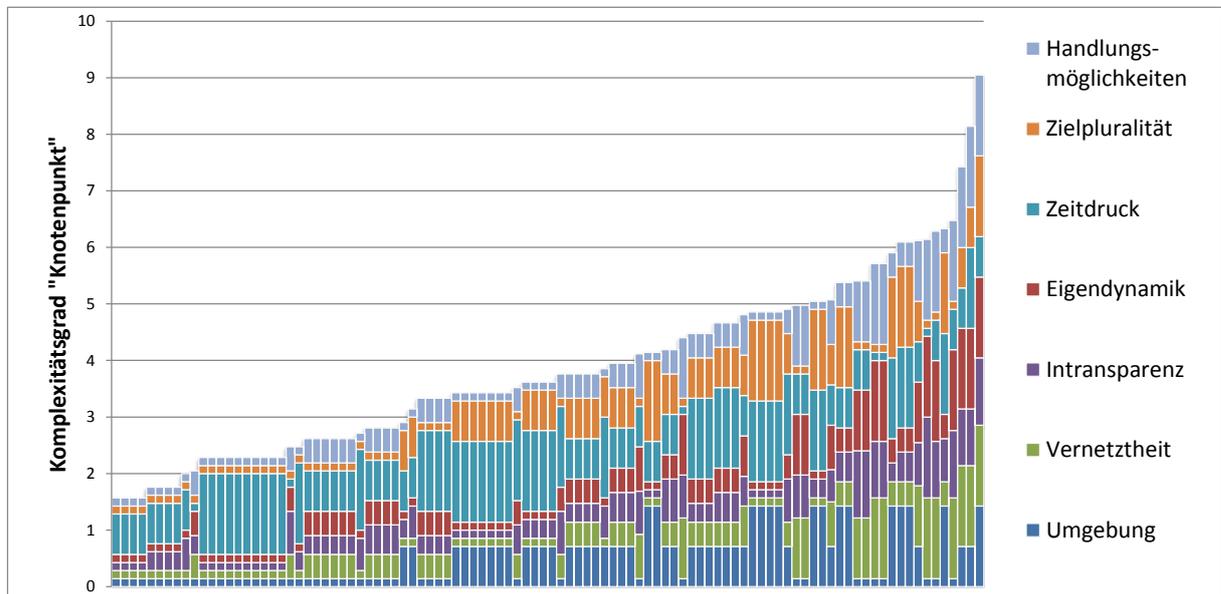


Abbildung 29: Komplexitätsgrade der Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen (n = 100)

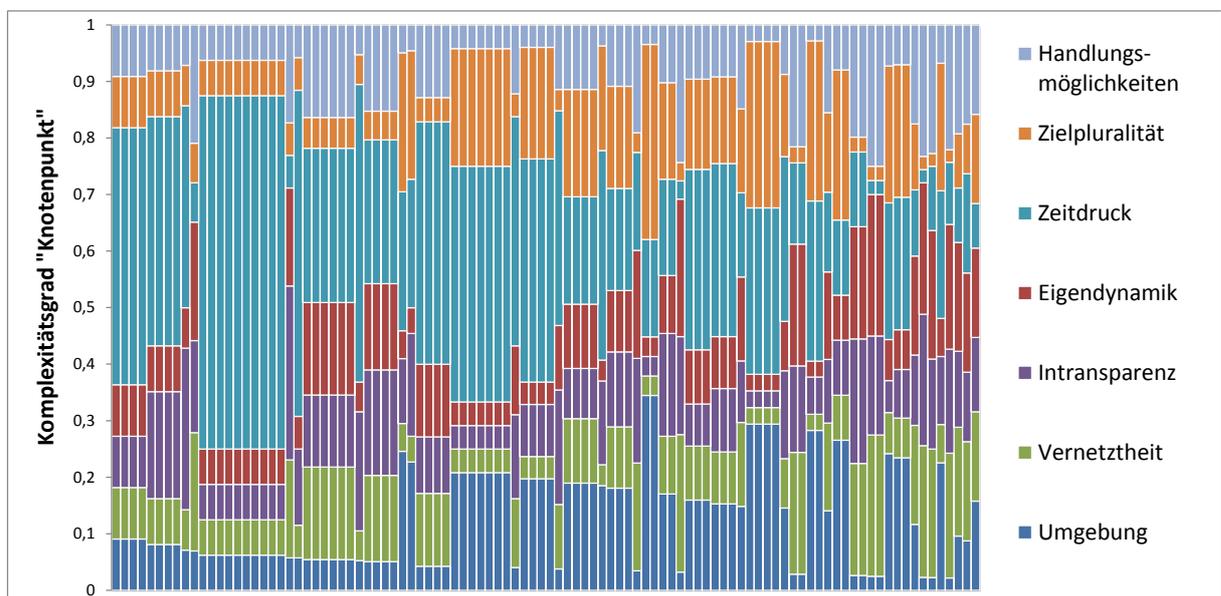


Abbildung 30: Prozentualer Anteil der Merkmalsausprägungen auf den Komplexitätsgrad (n = 100)

5.4 Zusammenhang zwischen Komplexität und Unfallgeschehen

Im Folgenden werden die ermittelten Komplexitätsgrade der 100 Knotenpunkte in Beziehung zum Unfallgeschehen betrachtet. Das Unfallgeschehen wird im Rahmen dieses ersten Schrittes über die Kenngrößen Unfalldichte (UD) und Unfallkostendichte (UKD)¹³ beschrieben, da die genauen Verkehrsmengen nicht bekannt sind.

Im Ergebnis bestätigt sich, dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen auf dieser Grundlage bzw. mit diesem groben Verfahren nicht hergestellt werden kann.

Abbildung 31 und Abbildung 32 führen die Komplexitätsgrade der Knotenpunkte auf und stellen sie den Unfalldichten bzw. Unfallkostendichten gegenüber. Ein belastbarer Zusammenhang zwischen der Komplexität der Gesamtanlage und dem Unfallgeschehen ist nicht herzustellen¹⁴. Tendenziell zeigt sich zwar eine gewisse Zunahme der UD bzw. UKD mit steigender Komplexität, aber im Vergleich hohe UD bzw. UKD zeigen sich sowohl bei Knotenpunkten mit geringer, mittlerer oder hoher Komplexität (Abbildung 33).

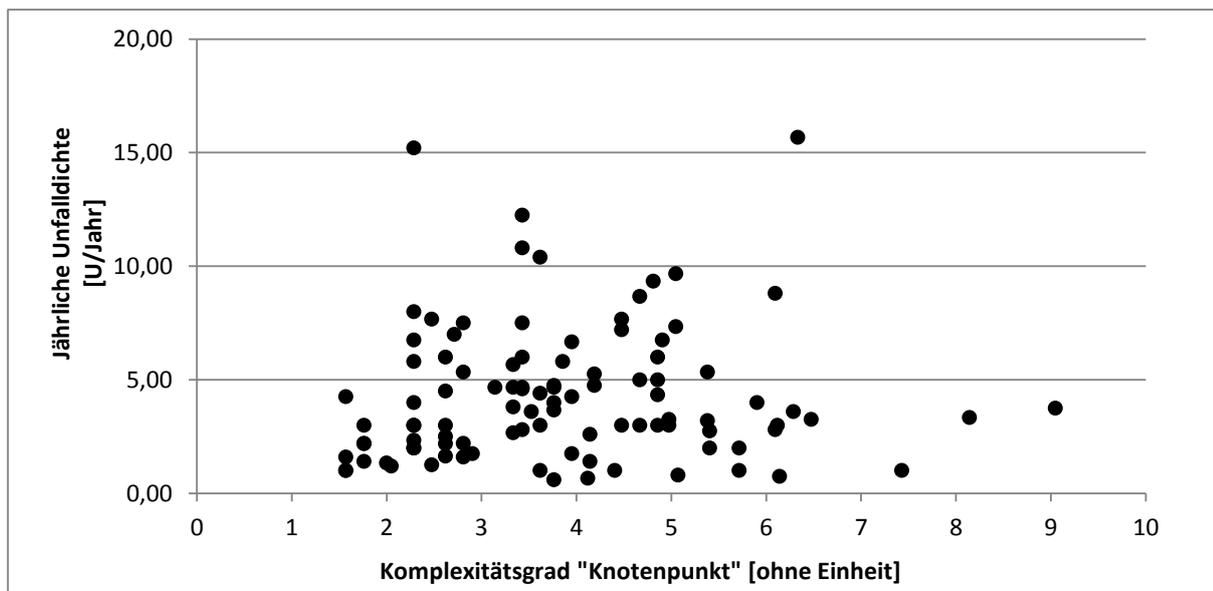


Abbildung 31: Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfalldichte an Knotenpunkten (n = 100)

¹³ Kostensätze für Unfälle innerorts, Preisstand 2009: U(SP) = 162.000 €, U(LV) = 14.600 €, U(SS) = 15.100 € (FGSV 2012b, S. 41)

¹⁴ Die höchsten Bestimmtheitsmaße verschiedener untersuchter Regressionskurven lagen in allen Fällen unter 10 %.

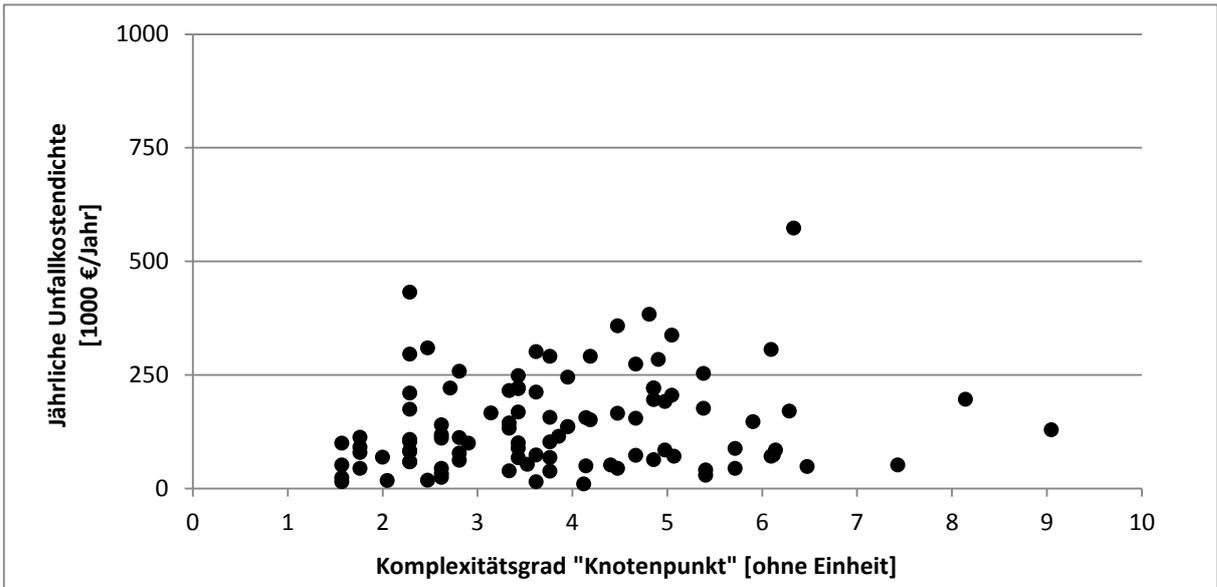


Abbildung 32: Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallkostendichte an Knotenpunkten (n = 100)

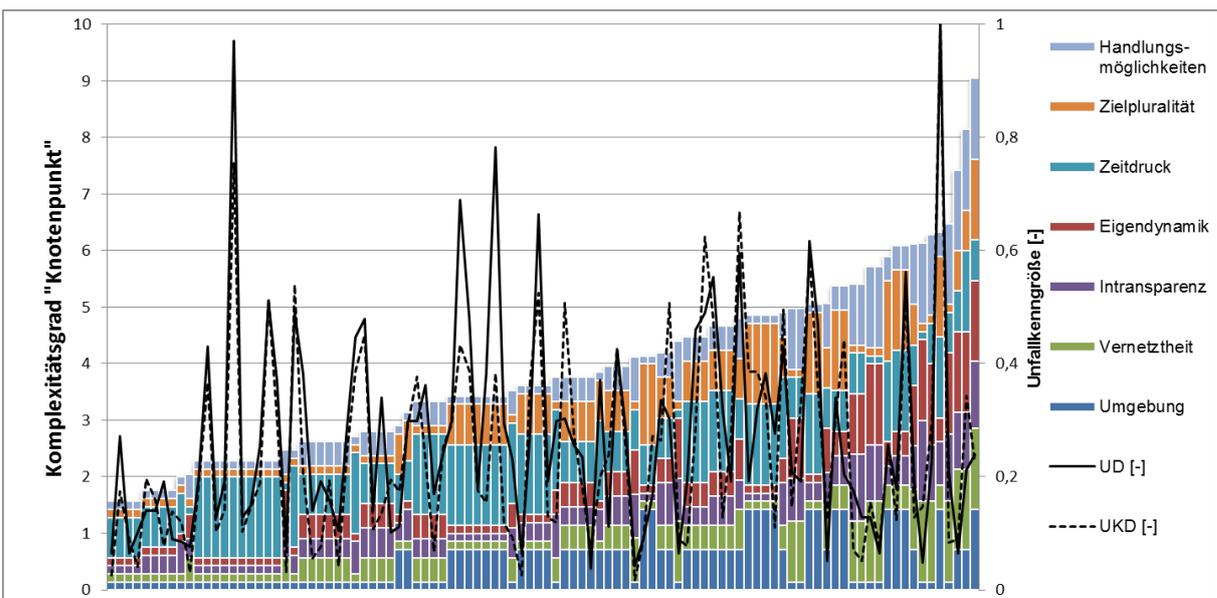


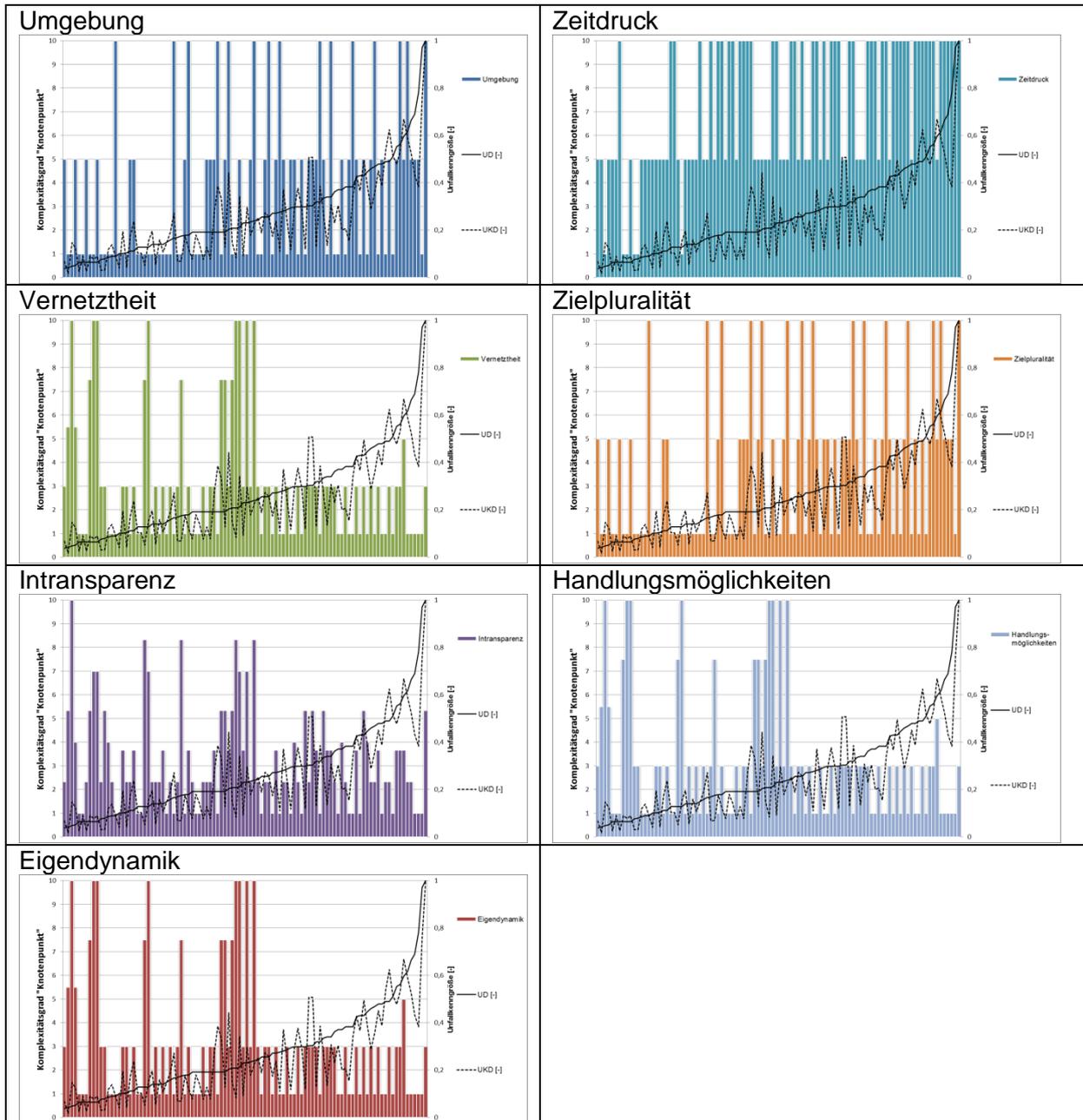
Abbildung 33: Komplexitätsgrade im Vergleich zu UD und UKD (n = 100)¹⁵

Ähnliches gilt für die Betrachtung der einzelnen Merkmale. In der Tabelle 9 sind die Merkmale einzeln aufgeführt, die Merkmalsausprägungen sind über eine steigende Unfalldichte aufgetragen. Offensichtlich lässt sich in der Gesamtschau aller Knotenpunkte kein belastbarer Zusammenhang zwischen den Merkmalsausprägungen und den Unfallkenngrößen herstellen.

¹⁵ Die Unfallkenngrößen sind in der Abbildung 33 zur besseren Übersicht auf die Dimension 1 bezogen und werden ohne Einheit angegeben. Der Wert 1 entspricht dem maximalen Wert der jeweiligen Unfallkenngröße an den 100 Knotenpunkten.

Die höheren Unfalldichten liegen mehrheitlich an höherrangigen Straßen (größerer Zeitdruck, geringere Vernetztheit). Anders ausgedrückt: mehrheitlich finden sich die höheren Unfalldichten an stärker belasteten (Hauptverkehrs-)Straßen. Ein triviales Ergebnis.

Tabelle 9: Merkmalsausprägungen aufgetragen über eine steigende Unfalldichte je Merkmal



Um Einflüsse, die sich ggf. aus dem Knotenpunkttyp, der Verkehrsregelung oder auch der Straßenkategorie ergeben können, werden die Zusammenhänge zwischen den Unfallkenngrößen und der Komplexität nach diesen Aspekten differenziert betrachtet; zunächst nach Knotenpunkttyp und Verkehrsregelung (Abbildung 34 und Abbildung 37).

Im Ergebnis zeigen sich zum Teil deutlich höhere Bestimmtheitsmaße der Regressionskurven. Tendenziell ist auch hier eine Zunahme der UD bzw. UKD mit steigender Komplexität auszumachen. Mit Ausnahme der verkehrszeichengeregelten Kreuzungen. Hier erreichen quadratische Regressionskurven das höchste Bestimmtheitsmaß. Was dafür spräche, dass diese Knotenpunktform einer gewissen Komplexität bedarf, damit Verkehrsteilnehmer z. B. aufmerksam bleiben, die Komplexität aber auch nicht zu groß werden darf, um die Verkehrsteilnehmer nicht zu überfordern. Dies ist ein möglicher Ansatz, dem in den folgenden Untersuchungsschritten nachgegangen wird. Festzuhalten bleibt, dass mit dieser Vorgehensweise, der Berücksichtigung allein äußerlicher Randbedingungen, kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen erkannt werden kann.

Ebenso führt die Berücksichtigung der Straßenkategorie zu keinen eindeutigen Ergebnissen. In der Tendenz nehmen UD und UKD mit der steigender Komplexität zu. Abbildung 38 zeigt exemplarisch für lichtsignalgeregelte Kreuzungen an Hauptverkehrsstraßen allerdings auch, dass vergleichsweise hohe UD bzw. UKD an Knotenpunkten unterschiedlicher Komplexität vorkommen.

Eine differenzierte Gewichtung der Kennzeichen erscheint auf dieser Basis ebenfalls nicht zielführend. Verschiedene Sensitivitätsbetrachtungen, bei denen die Kennzeichen unterschiedlich gewichtet einfließen, führten zu keinen erkennbaren Zusammenhängen zwischen der Komplexität und den Unfallkenngrößen.

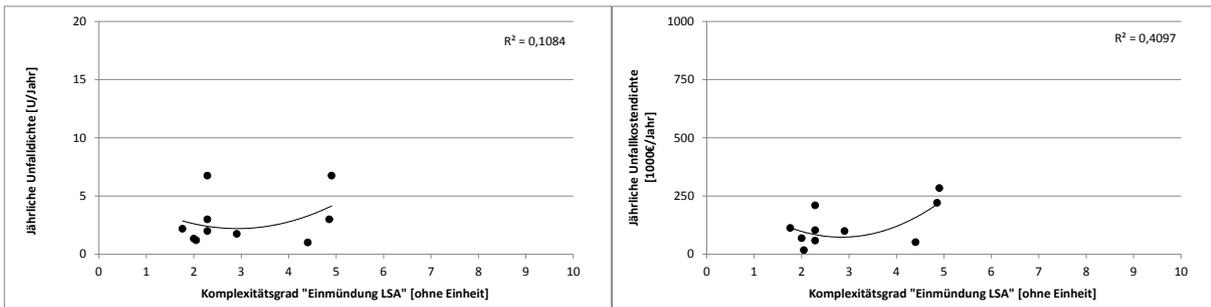


Abbildung 34: Komplexitätsgrad für lichtsinalgeregelt Einmündungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) (n = 10)

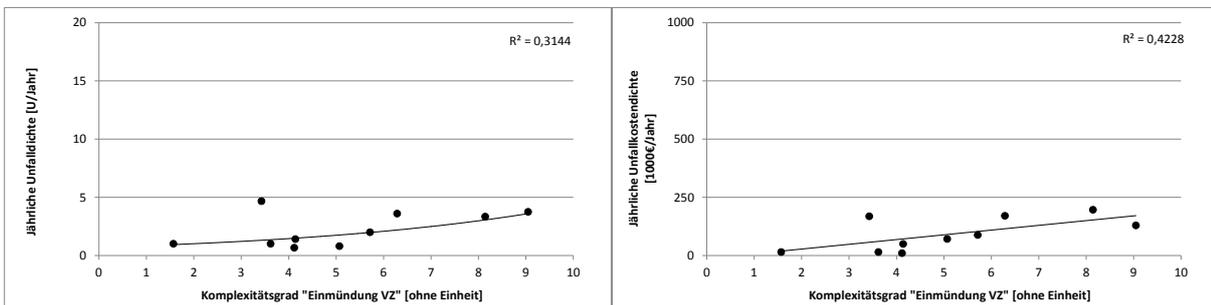


Abbildung 35: Komplexitätsgrad für verkehrszeichengeregelt Einmündungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) (n = 10)

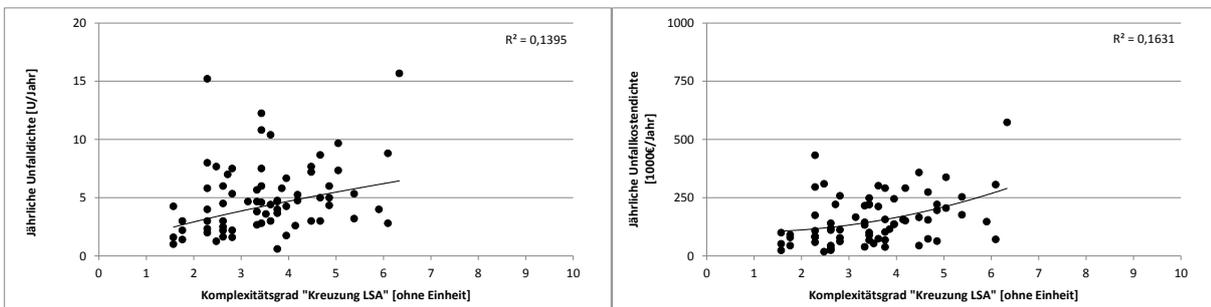


Abbildung 36: Komplexitätsgrad für lichtsinalgeregelt Kreuzungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) (n = 70)

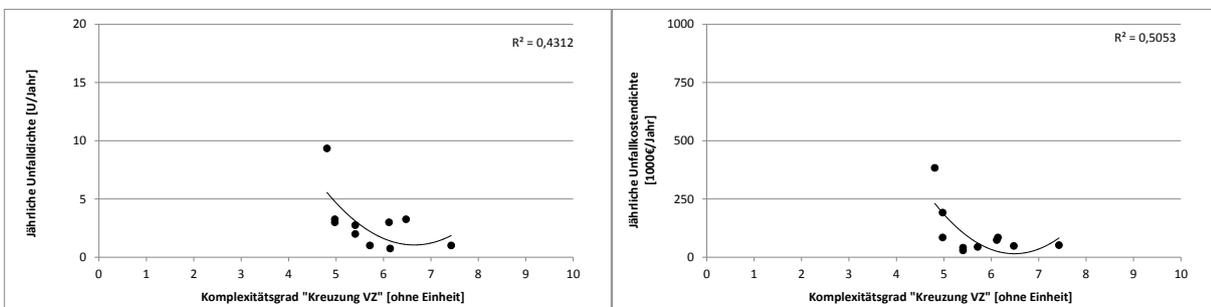


Abbildung 37: Komplexitätsgrad für verkehrszeichengeregelt Kreuzungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) (n = 10)

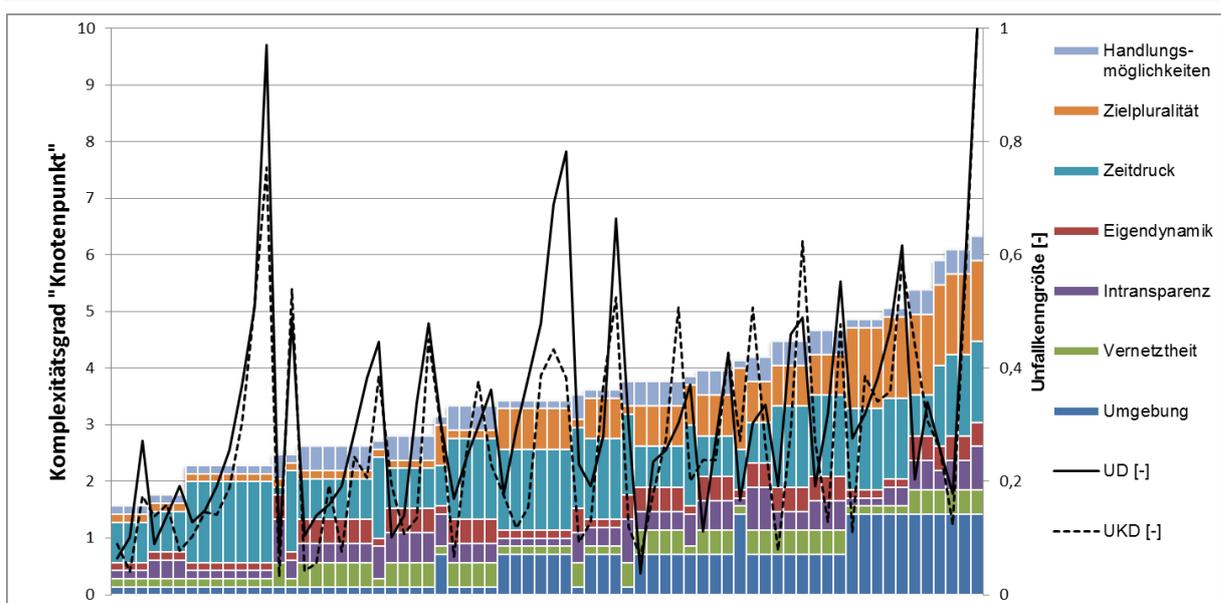


Abbildung 38: Komplexität und Unfallkenngrößen für lichtsignalgeregelte Kreuzungen an Hauptverkehrsstraßen

5.5 Fazit zur makroskopischen Komplexitätsbetrachtung

Ziel dieses Abschnitts war die Abschätzung der Komplexität an Knotenpunkten anhand äußerlich erkennbarer Gestaltungs- und Umgebungsmerkmale. Im Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen der Komplexität der Gesamtanlage und dem Unfallgeschehen betrachtet.

Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass ein Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen mit dieser Vorgehensweise nicht erkennbar ist. Dies kann zum einen im Verfahren selber begründet sein; zum anderen können aber auch wichtige Kennzeichen der Komplexität auf Basis dieser grobkörnigen Datengrundlage nicht beschrieben werden.

In Abschnitt 2.2 wurde festgestellt, dass es zur Beschreibung der Komplexität einer Reihe von Merkmalen bedarf. Dabei kann sowohl die Quantität wie auch die Qualität der zu berücksichtigenden Merkmale nicht näher bestimmt werden. Die alleinige Betrachtung von Gestaltungs- und Umgebungsmerkmalen scheint nicht genügend zu sein. Die Komplexität einer in sich bereits komplexen Anlage lässt sich offenbar nicht mithilfe von rein äußerlich erkennbaren Merkmalen bestimmen.

Zur differenzierten Betrachtung bestimmter Merkmale ist eine ausreichende Datengrundlage unablässig. Dazu zählen möglichst genaue Informationen, unter anderem zur Verkehrsbelastung und zur Verkehrsregelung. Darüber hinaus werden die Verkehrsmengen zur Bildung von Unfallraten benötigt. Der Vergleich der Komplexität allein mit Unfalldichten ist nicht zweckmäßig, da hier der Einfluss der Kfz-Verkehrsmenge dominiert.

Im Folgenden werden daher Knotenpunkte zur näheren Untersuchung ausgewählt. Für diese soll eine Vielzahl von Merkmalen und Kennzeichen erfasst werden, sodass die Komplexität möglichst umfassend beschrieben werden kann.

6 Mesoskopische Komplexitätsbetrachtungen: Untersuchung von Knotenpunkten hinsichtlich des Unfallgeschehens und der Komplexität anhand äußerer und innerer Kennzeichen

6.1 Vorbemerkungen

Die Untersuchungen in Kapitel 5 haben gezeigt, dass zur Beschreibung der Komplexität an Knotenpunkten reine Merkmale der Gestaltung und Umgebung offensichtlich nicht ausreichend sind. Im Folgenden werden daher für eine Auswahl von Knotenpunkten Merkmale und Kennzeichen erhoben, die sowohl die äußerlichen Bedingungen, wie die Umfeldnutzung und die Gestaltung der Anlage, als auch die inneren Bedingungen, wie die Verkehrsregelung, erfassen.

Das Ziel ist es, die Komplexität der Anlagen möglichst umfassend beschreiben zu können. Im Weiteren soll auch hier der Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen untersucht werden. Für die betrachteten Knotenpunkte werden dazu neben dem Komplexitätsgrad die Unfall(kosten)dichten und Unfall(kosten)raten gebildet.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt bei Knotenpunkten, die insbesondere für Kinder und Senioren Gefährdungspotenziale bergen.

6.2 Auswahl von Knotenpunkten

Aus den 100 zufällig gewählten Knotenpunkten werden 15 Knotenpunkte zur näheren Untersuchung exemplarisch ausgewählt. Dabei ist die vorher ermittelte Komplexität kein Entscheidungskriterium. Vielmehr werden Knotenpunkte über mehrere Auswahlsschritte gewählt, die u. a.

- den Knotenpunkttyp,
- die Verkehrsregelung,
- die typischen Unfallsituationen von Kindern und Senioren sowie
- den Anteil der Unfälle mit Beteiligung von Kindern oder Senioren am Gesamtunfallgeschehen

berücksichtigen. Dies geschieht vor dem Hintergrund, im Rahmen der später folgenden Unfallanalysen, Sicherheitsinspektionen und Verhaltensbeobachtungen, weitere Erkenntnisse im Bezug zu den intendierten Zielgruppen gewinnen zu können. Tabelle 10 gibt einen grundsätzlichen Überblick über die 15 Knotenpunkte.

Tabelle 10: Übersicht der 15 Knotenpunkte für die Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen

Knotenpunkt Nr.	Typ	Verkehrsregelung	Zielgruppe
1	Kreuzung	LSA	Kinder und Ältere
2	Kreuzung	LSA	Ältere
3	Kreuzung	LSA	Kinder und Ältere
4	Kreuzung	LSA	Ältere
5	Kreuzung	LSA	Kinder
6	Kreuzung	LSA	Ältere
7	Kreuzung	LSA	Kinder
8	Kreuzung	LSA	Ältere
9	Kreuzung	LSA	Ältere
10	Kreuzung	VZ, FG-LSA	Kinder
11	Kreuzung	VZ	Ältere
12	Kreuzung	VZ	Ältere
13	Kreuzung	VZ	Kinder
14	Einmündung	VZ	Kinder
15	Einmündung	VZ	Kinder

Erläuterungen:

LSA = Lichtsignalanlage, VZ = Verkehrszeichen, FG-LSA = Fußgängersignalanlage (Anforderungsanlage)

6.3 Datenerhebung

Für die Detailuntersuchungen wurden anonymisierte Verkehrsunfallanzeigen zu Unfällen mit Personenschaden (Unfallkategorie 1 bis 3) und zu schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden (Kategorie 4) für die ausgewählten Knotenpunkte bei den zuständigen Polizeidienststellen möglichst über einen Zeitraum von fünf Jahren (2006 – 2010) angefragt.

Im Weiteren wurden Planunterlagen, z. B. Ausführungspläne und Signalzeitenpläne, sowie Angaben zur Verkehrsbelastung bei den jeweiligen Kommunen erbeten.

Jeder der 15 Knotenpunkte wurde im Rahmen von Vor-Ort-Untersuchungen begutachtet (vgl. auch Kapitel 7). Dabei wurden u. a. Kurzzeitzählungen durchgeführt, auf DTV-Werte hochgerechnet (Schmidt und Thomas 1996) und mit bereits vorhandenen Zählwerten der Kommunen abgeglichen. Das Fuß- und Radverkehrsaufkommen wurde an jedem Knotenpunkt ebenfalls über Kurzzeitzählungen erfasst.

6.4 Unfallgeschehen und Ermittlung der Unfallkenngrößen

Eine umfassende Analyse des Unfallgeschehens und der Verkehrssicherheit an den 15 Knotenpunkten enthalten Kapitel 7 und die Anlagen A 7 bis A 10. In diesem Kapitel wird der Schwerpunkt auf die Ermittlung der Unfallkenngrößen gelegt, da diese mit den ermittelten Komplexitätsgraden verglichen werden sollen.

Im Betrachtungszeitraum der erfassten Unfälle wurden an vier der 15 Knotenpunkte verkehrstechnische Optimierungen durchgeführt (vgl. Anlage A 8). Unfälle, die im Jahr der Umgestaltung oder danach stattfanden, werden zur Ermittlung der Unfallkenngrößen nicht herangezogen. Der Komplexitätsgrad der Anlage bezieht sich ebenfalls auf die Situation vor der jeweiligen baulichen oder verkehrstechnischen Maßnahme.

Insgesamt fanden an den 15 Knotenpunkten 259 Unfälle im Erfassungszeitraum statt, davon 238 Unfälle zeitlich vor zum Teil durchgeführter baulicher oder verkehrstechnischer Maßnahmen (Tabelle 11).

Die Verteilung der Unfalltypen zeigt Abbildung 39. Hauptsächlich zeigen sich folgende Unterschiede zu der Verteilung der Unfalltypen der rund 285.000 untersuchten Unfälle im Rahmen der makroskopischen Analyse:

- Der Unfalltyp 2 (Abbiege-Unfall) ist mit 40 % gegenüber 25 % stärker vertreten und nimmt den ersten Rang ein.
- Der Unfalltyp 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfall) ist mit 32 % gegenüber 44 % schwächer vertreten und nimmt den zweiten Rang ein.
- Der Unfalltyp 4 (Überschreiten-Unfälle) ist mit 11 % gegenüber 5 % stärker vertreten, bleibt aber auf dem dritten Rang.

Die Unterschiede lassen sich in erster Linie mit der Auswahl der Knotenpunkte begründen, die u. a. auf Basis des Unfallgeschehens von Kindern und Senioren erfolgt ist. Überschreiten-Unfälle sind daher stärker vertreten als dies im Rahmen der makroskopischen Untersuchung der Fall war. Die Unfalltypen 2 und 3 wechseln den Rang, nehmen aber zusammen mit 72 % gegenüber den 69 % aus der makroskopischen Untersuchung einen vergleichbaren Anteil ein und sind gemeinsam nach wie vor die beiden dominierenden Unfalltypen. Generell lässt sich das Unfallgeschehen der ausgewählten 15 Knotenpunkte mit dem Unfallgeschehen an Knotenpunkten im Allgemeinen vergleichen.

Die Ermittlung der Unfallkenngrößen erfolgt über Kostensätzen für Unfälle innerorts nach Unfalltypen in Abhängigkeit von Unfallkategorie und Straßenkategorie (Tabelle 12 und Tabelle 13).

Tabelle 11: Anzahl der Unfälle und Auswertungszeiträume an den 15 Knotenpunkten

Nr.	Zeitraum	Jahre	Anzahl der Unfälle (Kategorie 1 bis 4)	
			im Erfassungszeitraum	davon vor verkehrstechnischen oder baulichen Maßnahmen
1	2006 - 2010	5	20	20
2	2007 - 2007	4	14	14
3	2006 - 2010	5	26	26
4	2006 - 2009	4	18	18
5	2008 - 2010	3	10	10
6	2006 - 2010	5	42	37 (in 4 Jahren)
7	2007 - 2010	4	19	16 (in 3 Jahren)
8	2006 - 2010	5	12	9 (in 2 Jahren)
9	2006 - 2010	5	26	16 (in 2 Jahren)
10	2006 - 2009	4	12	12
11	2004 - 2009	6	21	21
12	2006 - 2010	5	8	8
13	2004 - 2010	6	14	14
14	2006 - 2010	5	12	12
15	2007 - 2010	4	5	5
Summen			259	238

Anmerkungen:
 Knotenpunkt 6: 5 Unfälle im Zeitraum nach durchgeführten Maßnahmen
 Knotenpunkt 7: 3 Unfälle im Zeitraum nach durchgeführten Maßnahmen
 Knotenpunkt 8: 3 Unfälle im Zeitraum nach durchgeführten Maßnahmen
 Knotenpunkt 9: 10 Unfälle im Zeitraum nach durchgeführten Maßnahmen
 Knotenpunkt 12: keine Unfälle in 2009 und 2010
 Knotenpunkt 14: keine Unfälle in 2010

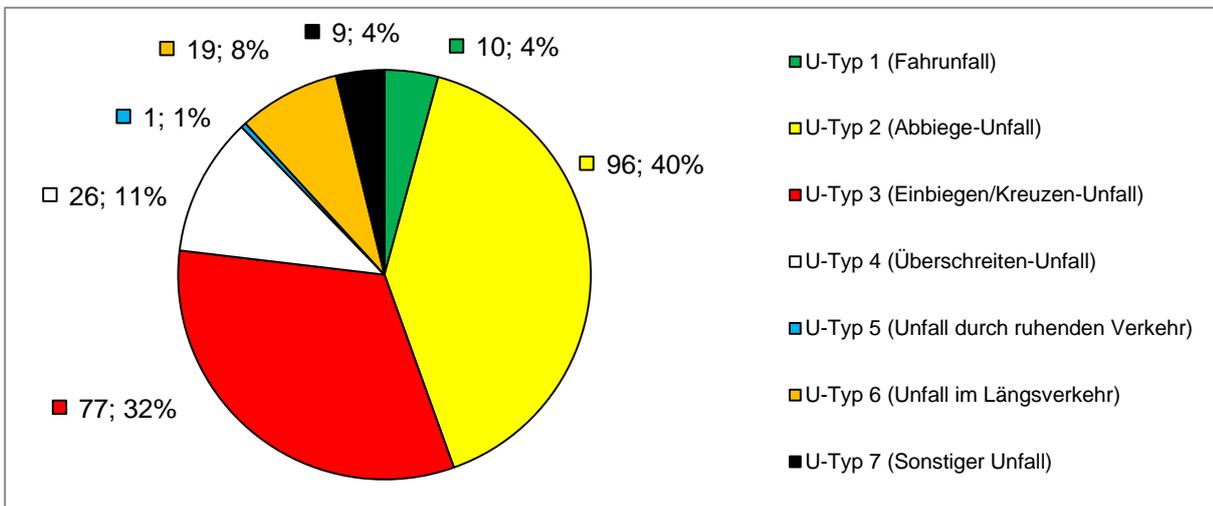


Abbildung 39: Verteilung der Unfalltypen von Unfällen an den 15 Knotenpunkten (n = 238)

Tabelle 12: Unfälle an 15 Knotenpunkten nach Unfallfolge und Unfalltyp

Nr.	U (SP), Typ 1	U (LV), Typ 1	U (SP), Typ 2	U (LV), Typ 2	U (SP), Typ 3	U (LV), Typ 3	U (SP), Typ 4	U (LV), Typ 4	U (SP), Typ 5	U (LV), Typ 5	U (SP), Typ 6	U (LV), Typ 6	U (SP), Typ 7	U (LV), Typ 7	U(SS)
1				13				7							
2				6	1	1									6
3		1	1	14		2					1	2			5
4	1			2		6	1					4			4
5						4		2				1		2	1
6	1			3		9						4			20
7				3			3	5				1		1	3
8				5		1									3
9				9		1		1							5
10		1	1	3		4		1			1				1
11			2	4	1	7						1			6
12				1		5									2
13				1		2		1				4		2	4
14	1		1				2	3	1					4	
15		1		1		2						1			
SUMME	3	3	5	65	2	44	6	20	1	0	2	18	0	9	60

Tabelle 13: Unfallkenngrößen der 15 Knotenpunkte

Nr.	DTV [Kfz/24h]	Unfälle gesamt	Zeitraum t in Jahren	UK [€]	UKD [1000 Euro/a]	UD [U/a]	UKR [€/1000 Kfz]	UR [U/1000000 Kfz]
1	42.699	20	5	216.500	43,30	4,00	2,78	0,26
2	27.947	14	4	263.000	65,75	3,50	6,45	0,34
3	34.048	26	5	515.000	103,00	5,20	8,29	0,42
4	26.577	18	4	493.000	123,25	4,50	12,71	0,46
5	33.328	10	3	108.500	36,17	3,33	2,97	0,27
6	24.366	37	4	558.000	139,5	9,25	15,69	1,04
7	23.222	16	3	605.500	201,83	5,33	23,81	0,63
8	19.286	9	2	99.000	49,50	4,50	7,03	0,64
9	28.677	16	2	175.500	87,75	8,00	8,38	0,76
10	13.126	12	4	359.500	89,88	3,00	18,76	0,63
11	14.002	21	6	558.500	93,08	3,50	18,21	0,68
12	18.537	8	5	88.000	17,60	1,60	2,60	0,24
13	10.249	14	6	154.500	25,75	2,33	6,88	0,62
14	28.722	12	5	783.500	156,70	2,40	14,95	0,23
15	16.061	5	4	55.500	13,88	1,25	2,37	0,21
MAX	42.699	37	6	783.500	156,70	7,40	18,76	0,83
MIN	10.249	5	3	55.500	13,88	1,25	2,37	0,21
MITTEL	24.056	16	5	335.567	72,42	3,40	8,90	0,42

6.5 Merkmale und Kennzeichen der Komplexität

Zur Ermittlung der Komplexitätsgrade werden im Folgenden verschiedene Kennzeichen beurteilt, die Einfluss auf die Ausprägung der Merkmale nehmen können (vgl. Abschnitt 2.3). Die Tabelle 14 führt insgesamt 18 erfasste Kennzeichen und ihre Relevanz für die Merkmale auf. Die Beurteilung der Ausprägung der Kennzeichen erfolgt gemäß den Festlegungen aus Tabelle 15.

Alle Kennzeichen werden gestuft auf einer Skala von 0 bis 10 hinsichtlich ihrer Ausprägung (Komplexität) beurteilt. Der Komplexitätsgrad wird, wie in Abschnitt 2.4 beschrieben, auf Basis der anteiligen Ausprägungen ermittelt.

Kennzeichengruppe A, Kennzeichen 1 bis 3: „Umgebung“

Die Kennzeichen Umfeldnutzung, Randbebauung und POI im Umfeld dienen in erster Linie zur Beschreibung und Einschätzung des Merkmals Umgebung. Wie bereits in Kapitel 2.3 erläutert, können diese Merkmale auch einen ersten Aufschluss über die Verkehrszusammensetzung beschreiben und Einfluss auf die Merkmale Vernetztheit, Zeitdruck und Zielpluralität nehmen. Eine geschlossene Randbebauung kann zudem die Sichtverhältnisse einschränken, somit die Intransparenz erhöhen, was sich u. a. negativ auf Einbiegen/Kreuzen-Unfälle, insbesondere an nicht LSA-geregelten Knotenpunkten, auswirken kann.

Kennzeichengruppe B, Kennzeichen 4 und 5: „Anzahl der Fahrstreifen in den Zu- und Ausfahrten“

Die Anzahl der Fahrstreifen in den Zu- und Ausfahrten der Knotenpunktarme dient unter anderem zur Einschätzung der Knotenpunktgröße. Hier wird die Annahme zugrunde gelegt, dass größere Knotenpunkte in ihrer Gesamtheit für die Verkehrsteilnehmer schwerer zu überblicken sind, als im Vergleich kleinere. Somit erhöht sich die Intransparenz.

Das Kennzeichen wird als bedingt relevant für das Merkmal Intransparenz gewertet, da der Gesamtüberblick über den Knotenpunkt zwar einen wichtigen, aber keinen entscheidenden Faktor, z. B. bei konkreten Aufgaben wie dem Linksabbiegen oder dem Überqueren, darstellt. Hier zählen vorrangig Kennzeichen, die z. B. die Art der Überquerungsanlage oder die konkrete Situation beschreiben.

Kennzeichengruppe C, Kennzeichen 6 bis 14: „Führung des Verkehrs“

Die Führung der einzelnen Verkehrsströme beeinflusst maßgeblich die Vernetztheit und die Intransparenz an einem Knotenpunkt. Sie ist zudem ein Indikator, der die Anzahl der möglichen Konflikte, die zwischen einzelnen Verkehrsströmen entstehen können, beschreibt. Je mehr Freiheitsgrade die Verkehrsströme haben, umso mehr erhöhen sich im Weiteren die Eigendynamik und die Handlungsmöglichkeiten.

Es werden die Führungsformen

- der Kfz in den Knotenpunktzufahrten,
- der Kfz-Linksabbieger,
- der rechtseinbiegenden und kreuzenden Kfz,

-
- der geradeausfahrenden Kfz,
 - der Radfahrer sowie
 - der Fußgänger beurteilt.

Kennzeichengruppe D, Kennzeichen 15 bis 18: „Verkehrsmengen“

Die Beurteilung der Verkehrsmengen dient zum einen der weiteren Charakterisierung der Intransparenz; zum anderen nehmen die Verkehrsmengen auch Einfluss auf die Merkmale Vernetztheit und Zeitdruck.

Je mehr Verkehrsteilnehmer einen Knotenpunkt passieren, umso schwieriger wird es sein, einen umfassenden Überblick zu gewinnen. Insbesondere an Knotenpunkten, an denen Verkehrsströme nicht signalisiert oder signaltechnisch nicht gesichert geführt werden, werden sich die Zeitlücken zum Abbiegen, Einbiegen, Kreuzen oder Überqueren mit zunehmender Verkehrsmenge reduzieren. Der Zeitdruck, bestimmte Entscheidungen zu treffen, wird sich somit erhöhen.

In gewisser Abhängigkeit steht dieses Kennzeichen zur Führung der Verkehrsteilnehmer, die es z. B. ermöglicht, den Blick auf bestimmte Ströme zu reduzieren. Im Wechselschluss wird die Vernetztheit bzw. die Kennzeichen, die die Führungsformen der Verkehrsströme beurteilen, mit Hilfe der Verkehrsmengen relativiert.

Grundlage zur Beurteilung bilden der mittlere DTV je Fahrstreifen der Zufahrten in Kfz/24h, der SV-Anteil sowie die mittleren Fuß- und Radverkehrsmengen pro Stunde, die während der Kurzeitählungen erfasst wurden.

Tabelle 14: Ermittlung der Komplexitätsgrade an den 15 Knotenpunkten – Relevanz der Kennzeichen für die Merkmale

Gr.	Nr.	Kennzeichen	Merkmale und Relevanz des Kennzeichens für das Merkmal						
			Umgebung	Vernetztheit	Intransparenz	Eigendynamik	Zeitdruck	Zielpluralität	Handlungsmöglichkeiten
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
A	1	Umfeldnutzung	2	1	0	0	0	0	0
	2	Randbebauung	2	0	1	0	0	0	0
	3	POI im Umfeld	2	0	0	0	1	2	0
B	4	Anzahl der Fahrstreifen (Zu- und Ausfahrt, Hauptachse)	0	0	1	0	0	0	0
	5	Anzahl der Fahrstreifen (Zu- und Ausfahrt, Nebenachse)	0	0	1	0	0	0	0
C	6	Führung des Kfz-Verkehrs in den Zufahrten	0	2	2	1	0	0	1
	7	Führung der Kfz-Linksabbieger (von Haupt- in Nebenachse)	0	2	2	1	0	0	1
	8	Führung der Kfz-Linksabbieger (von Neben- in Hauptachse)	0	2	2	1	0	0	1
	9	Führung der rechtseinbiegenden/kreuzenden Kfz (aus Nebenachse)	0	2	2	1	0	0	1
	10	Führung der geradeausfahrenden Kfz (nur Hauptachse)	0	2	2	1	0	0	1
	11	Führung des Radverkehrs im Querverkehr (entlang der Hauptachse, Überquerung der wartepflichtigen Zufahrten)	0	2	2	1	0	0	1
	12	Führung des Radverkehrs im Querverkehr (entlang der Nebenachse, Überquerung der bevorrechtigten Zufahrten)	0	2	2	1	0	0	1
	13	Führung des Fußgängerverkehrs im Querverkehr (Überquerung der Hauptachse/der bevorrechtigten Zufahrten)	0	2	2	1	0	0	1
D	14	Führung des Fußgängerverkehrs im Querverkehr (Überquerung der Nebenachse/der wartepflichtigen Zufahrten)	0	2	2	1	0	0	1
	15	Kraftverkehrsaufkommen (mittlerer DTV je Fahrstreifen der Zufahrten)	0	1	2	0	1	0	0
	16	Schwerverkehrsanteil (SV-Anteil Knotenpunkt)	0	1	2	0	1	0	0
	17	Radverkehrsaufkommen [Rad/h]	0	1	2	0	1	0	0
	18	Fußgängerverkehrsaufkommen [Fg/h]	0	1	2	0	1	0	0

Erläuterungen:

Ein Kennzeichen ist relevant für ein Merkmal (Wert 2, grün hinterlegt), bedingt relevant (Wert 1, gelb hinterlegt) oder nicht relevant (Wert 0, rot hinterlegt).

Tabelle 15: Ermittlung der Komplexitätsgrade an den 15 Knotenpunkten – Kennzeichen und ihre Differenzierung in Kennwerte

Nr.	Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert
1	Umfeldnutzung	keine Umfeldnutzung	0
		hauptsächlich Wohnen	3
		Wohnen und/oder (Klein-)Gewerbe	5
		Wohnen, Büro und/oder wenig Einzelhandel	7
		Wohnen, Büro und/oder Einzelhandel	10
2	Randbebauung	keine Randbebauung	0
		weit abgesetzte Randbebauung	3
		vereinzelte Randbebauung	5
		lückenhafte Randbebauung	7
		geschlossene Randbebauung	10
3	POI im Umfeld	keine POI	0
		einzelne POI	3
		wenige POI	5
		viele und/oder bedeutende POI	7
		sehr viele und/oder sehr bedeutende POI	10
4	Anzahl der Fahrstreifen (Zu- und Ausfahrt, Hauptachse)	ohne Bedeutung / keine Fahrstreifen (FS)	0
		bis 2 FS	1
		3 bis 4 FS	4
		5 bis 6 FS	7
		mehr als 6 FS	10
5	Anzahl der Fahrstreifen (Zu- und Ausfahrt, Nebenachse)	ohne Bedeutung / keine Fahrstreifen (FS)	0
		bis 2 FS	1
		3 bis 4 FS	4
		5 bis 6 FS	7
		mehr als 6 FS	10
6	Führung des Kfz-Verkehrs in den Zufahrten	nur getrennte Richtungsfahrstreifen (R-FS)	0
		hauptsächlich R-FS und wenige M-FS	3
		R-FS und M-FS	5
		hauptsächlich M-FS und wenige R-FS	7
		nur Mischfahrstreifen (M-FS)	10
7	Führung der Kfz-Linksabbieger (von Haupt- in Nebenachse)	signaltechnisch gesicherte Führung	0
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf eigenem Fahrstreifen in der Zufahrt, mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	3
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf eigenem Fahrstreifen in der Zufahrt, ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	5
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf Mischfahrstreifen in der Zufahrt, mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	7
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf Mischfahrstreifen in der Zufahrt, ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	10
8	Führung der Kfz-Linksabbieger (von Neben- in Hauptachse)	signaltechnisch gesicherte Führung	0
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf eigenem Fahrstreifen in der Zufahrt, mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	3
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf eigenem Fahrstreifen in der Zufahrt, ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	5
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf Mischfahrstreifen in der Zufahrt, mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	7
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf Mischfahrstreifen in der Zufahrt, ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	10

Nr.	Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert
9	Führung der rechts-einbiegen- den/kreuzenden Kfz (aus Nebenachse)	signaltechnisch gesicherte Führung	0
		bedingt verträgliche Führung / verkehrszeichengeregt auf Richtungs-fahrstreifen	5
		bedingt verträgliche Führung / verkehrszeichengeregt auf Misch-fahrstreifen	10
10	Führung der gerade- ausfahrenden Kfz (nur Hauptachse)	Auf eigenen Fahrstreifen (Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen bleibt unverändert)	0
		Auf Mischfahrstreifen mit Rechts- oder Linksabbieger (Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen bleibt unverändert) oder auf eigenen Fahrstreifen (Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen reduziert sich hinter dem Knotenpunktbereich)	5
		Auf Mischfahrstreifen mit Rechts- oder Linksabbiegern (Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen reduziert sich hinter dem Knotenpunktbereich)	10
11	Führung des Rad- verkehrs im Quer- verkehr (entlang der Haupt- achse, Überquerung der wartepflichtigen Zufahrten)	Radverkehrsfurt (signalisiert, konfliktfrei zu anderen Verkehrsteilnehmern)	0
		Radverkehrsfurt (signalisiert, bedingt verträglich mit Rechtsabbiegern)	3
		(rot) eingefärbte Radverkehrsfurt (nicht signalisiert, bedingt verträglich mit Kfz-Rechtsabbiegern, möglicher Konflikt mit einbiegenden/kreuzenden Kfz)	5
		nicht eingefärbte Radverkehrsfurt (nicht signalisiert, bedingt verträglich mit Kfz-Rechtsabbiegern, möglicher Konflikt mit einbiegenden/kreuzenden Kfz)	7
		im Mischverkehr (ggf. Ausweichen auf Fußgängerüberquerung)	10
12	Führung des Rad- verkehrs im Quer- verkehr (entlang der Neben- achse, Überquerung der bevorrechtigten Zufahrten)	Radverkehrsfurt (signalisiert, konfliktfrei zu anderen Verkehrsteilnehmern)	0
		Radverkehrsfurt (signalisiert, bedingt verträglich mit Rechtsabbiegern)	3
		im Mischverkehr (ggf. Ausweichen auf Fußgängerüberquerung)	10
13	Führung des Fuß- gängerverkehrs im Querverkehr (Über- querung der Haupt- achse/der bevorrech- tigten Zufahrten)	Furt	0
		FGÜ mit Mitteltrennung (baulich/markiert)	3
		Fußgängerüberweg (FGÜ)	5
		Mitteltrennung (baulich/markiert) ohne FGÜ	7
		keine Überquerungsanlage	10
14	Führung des Fuß- gängerverkehrs im Querverkehr (Über- querung der Neben- achse/der warte- pflichtigen Zufahrten)	Furt	0
		FGÜ mit Mitteltrennung (baulich/markiert)	3
		Fußgängerüberweg (FGÜ)	5
		Mitteltrennung (baulich/markiert) ohne FGÜ	7
		keine Überquerungsanlage	10
15	Kraftverkehrsauf- kommen (mittlerer DTV in Kfz/24h je Fahrstreifen der Zu- fahrten)	kein Kfz-Aufkommen	0
		geringes Kfz-Aufkommen (bis 2.500)	3
		mittleres Kfz-Aufkommen (> 2.500)	5
		hohes Kfz-Aufkommen (> 3.500)	7
		sehr hohes Kfz-Aufkommen (> 4.500)	10
16	Schwerverkehrsanteil (SV-Anteil in % des DTV)	kein SV-Aufkommen	0
		geringes SV-Aufkommen (bis 5 %)	3
		mittleres SV-Aufkommen (> 5%)	5
		hohes SV-Aufkommen (> 10%)	7
		sehr hohes SV-Aufkommen (> 15%)	10

Nr.	Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert
17	Radverkehrsaufkommen [Rad/h]	kein Radverkehrsaufkommen	0
		geringes Radverkehrsaufkommen (bis 100)	3
		mittleres Radverkehrsaufkommen (> 100)	5
		hohes Radverkehrsaufkommen (> 250)	7
		sehr hohes Radverkehrsaufkommen (> 500)	10
18	Fußgängerverkehrsaufkommen [Fg/h]	kein Fußgängerverkehrsaufkommen	0
		geringes Fußgängerverkehrsaufkommen (bis 100)	3
		mittleres Fußgängerverkehrsaufkommen (> 100)	5
		hohes Fußgängerverkehrsaufkommen (> 250)	7
		sehr hohes Fußgängerverkehrsaufkommen (> 500)	10

6.6 Komplexitätsgrade der Knotenpunkte

Die Abbildung 40 zeigt die ermittelten Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte unter Angabe der Merkmalsausprägungen. Auch hier zeigt sich, dass die verkehrszeichengeregelten Knotenpunkte in der Tendenz komplexer eingestuft werden, als die lichtsignalgeregelten Knotenpunkte. Wobei auch bei den lichtsignalgeregelten Knotenpunkten im Vergleich hohe Komplexitätsgrade erreicht werden.

Auffällig ist zudem die sehr geringe Komplexität des Knotenpunktes 6. Hierbei handelt es sich um einen Teilbereich eines großen Knotenpunktes, der zwar hoch belastet ist, aber u. a. eine starke Trennung der Verkehrsströme (z. B. getrennte Richtungsfahrtstreifen für alle Kfz-Ströme, Radfahrstreifen), nur zwei Zufahrten (getrennt signalisiert) und ein vergleichsweise geringes Fußgängerverkehrsaufkommen aufweist (vgl. Anlage A 7). Die geringe Komplexität ist per hier vorgenommener Definition daher folgerichtig.

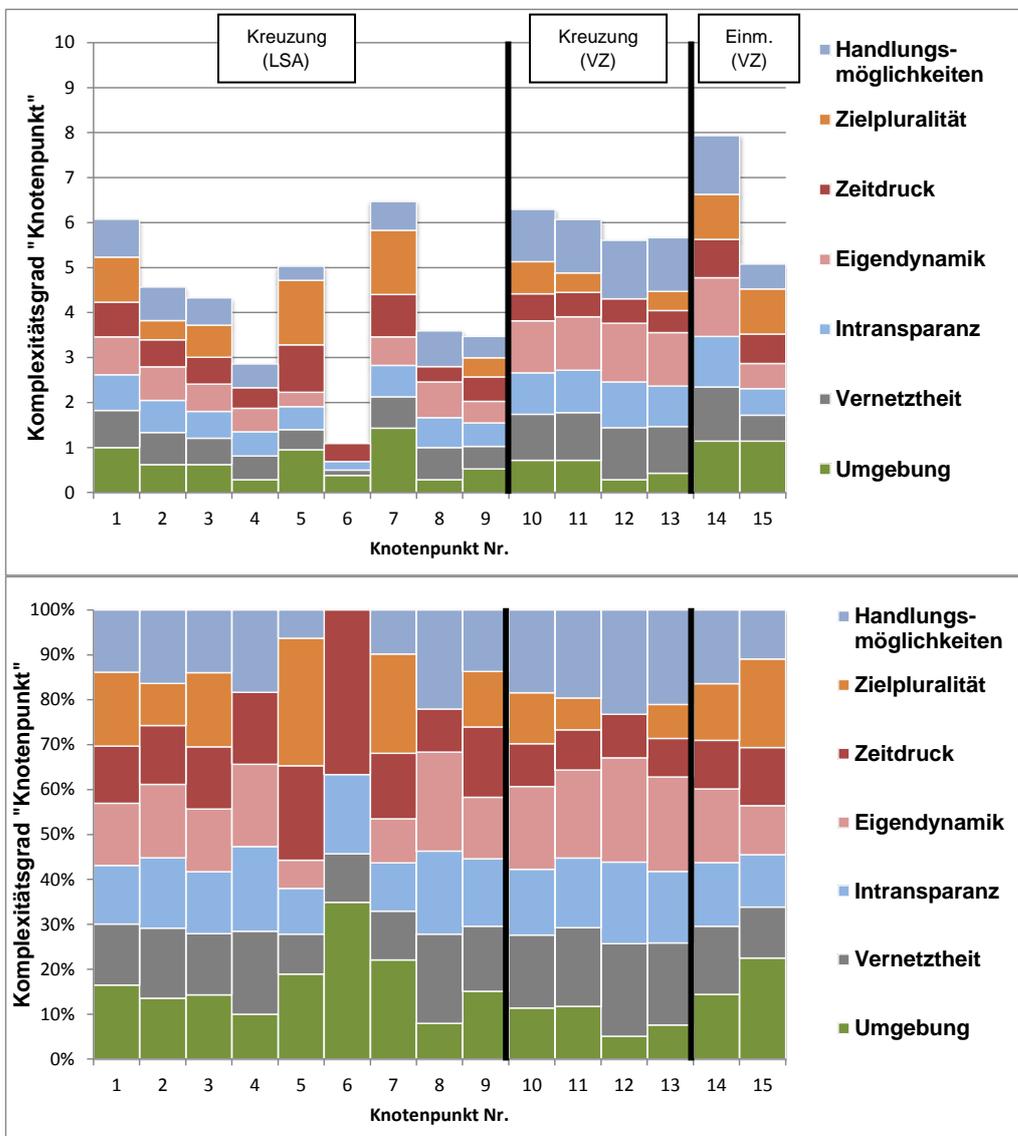


Abbildung 40: Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen (oben) und deren Anteil am Komplexitätsgrad (unten)

Ein dominierender Einfluss eines bestimmten Merkmals auf die Komplexität ist nicht festzustellen (Abbildung 40 unten und Abbildung 41). Allerdings hängen die Komplexitätsgrade von der Wahl und Ausprägung der Kennzeichen ab.

Im Abschnitt 6.5 wurden die vier Kennzeichengruppen

- A – Kennzeichen 1 bis 3: „Umgebung“,
- B – Kennzeichen 4 und 5: „Anzahl der Fahrstreifen in den Zu- und Ausfahrten“,
- C – Kennzeichen 6 bis 14: „Führung des Verkehrs“ und
- D – Kennzeichen 15 bis 18: „Verkehrsmengen“

gebildet und hinsichtlich ihrer Ausprägung bzw. Komplexität beurteilt. Abbildung 42 zeigt den Einfluss der Kennzeichengruppen auf den Komplexitätsgrad der Knotenpunkte. Einflüsse der Kennzeichengruppen lassen sich ausmachen.

Der Komplexitätsgrad von Kreuzungen mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (Knotenpunkte 10 bis 13) wird maßgeblich von Kennzeichen der Gruppe C beeinflusst (Abbildung 42). Er ist somit stark von der Führungsform der Verkehrsströme abhängig. Diese Aussage ist grundlegend nicht falsch. Durch eine Signalisierung werden Ströme stärker und besser voneinander getrennt als dies bei einer Regelung durch Verkehrszeichen der Fall ist. Unter anderem die Vernetztheit und die Eigendynamik werden dadurch reduziert. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die verkehrszeichengeregelten Knotenpunkte mit diesem Verfahren überschätzt werden. Zwar ist die Komplexität prinzipiell höher, allerdings wirken sich auch andere Randbedingungen, wie z. B. eine geringere Kfz-Belastung, günstig auf die Komplexität aus.

Bei den Einmündungen mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (Knotenpunkte 14 und 15) haben neben den Kennzeichen der Gruppe C noch die Kennzeichen der Gruppe A (Umgebung) einen bedeutenden Einfluss (Abbildung 42).

Die Einflüsse bestimmter Merkmale bzw. Kennzeichen sind für eine ggf. erforderliche Gewichtung einzelner Merkmale oder Kennzeichen und einer entsprechenden Berücksichtigung im Verfahren von Bedeutung. Im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen, u. a. im Hinblick auf die Beurteilung und Zweckmäßigkeit der hier gewählten Vorgehensweise zur Bestimmung der Komplexität, wird dies Berücksichtigung finden.

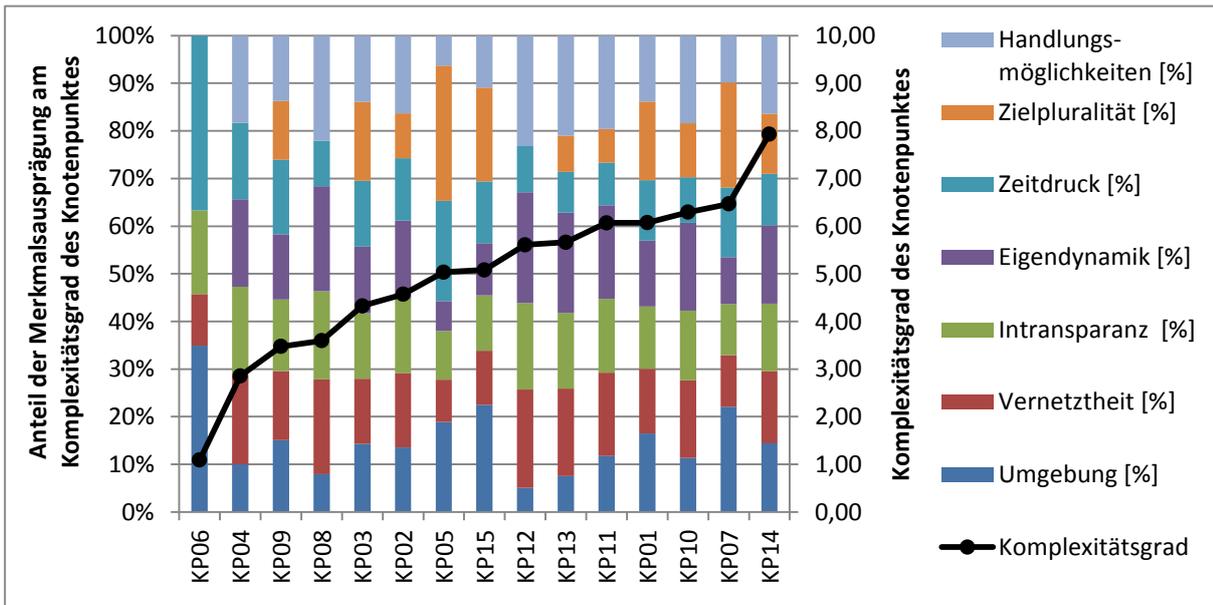


Abbildung 41: Auswirkung der Komplexitätsmerkmale auf den Komplexitätsgrad

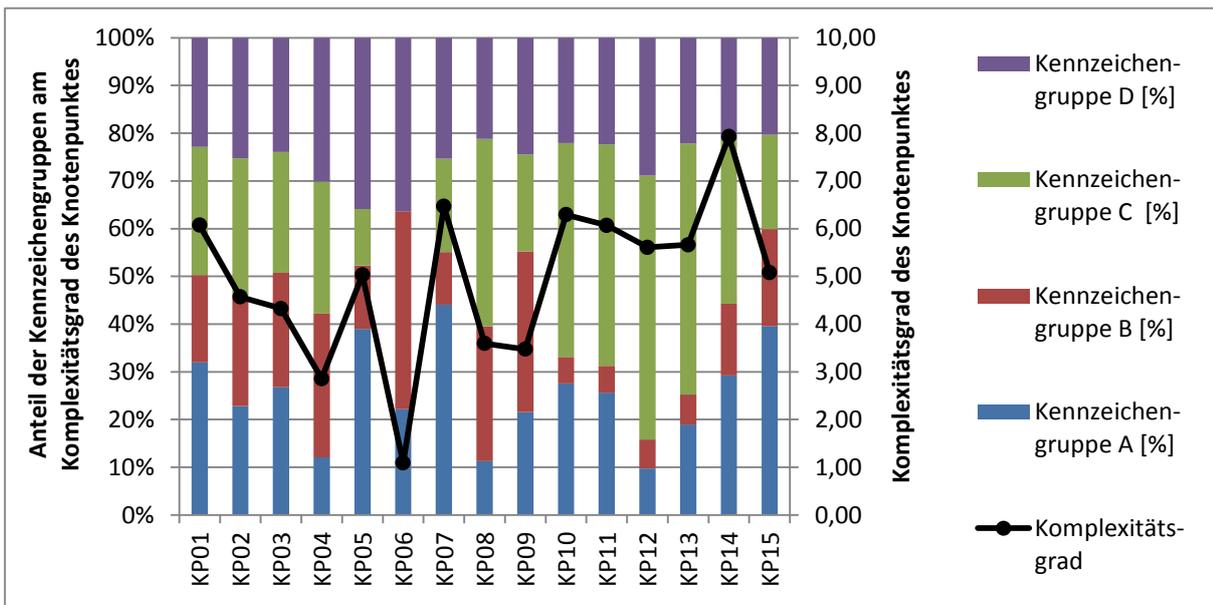


Abbildung 42: Anteil der Kennzeichengruppen am Komplexitätsgrad

6.7 Zusammenhang zwischen Komplexität und Unfallgeschehen

Die ermittelten Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte werden im Folgenden in Beziehung zum Unfallgeschehen betrachtet. Das Unfallgeschehen wird über die Unfallkenngrößen

- Unfalldichte (UD),
- Unfallrate (UR),
- Unfallkostendichte (UKD) und
- Unfallkostenrate (UKR) beschrieben.

Im Ergebnis zeigt sich, dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Komplexität der Gesamtanlage und dem Unfallgeschehen auch unter Berücksichtigung der inneren Kennzeichen, wie z. B. die Verkehrsregelung oder -führung, nicht unmittelbar hergestellt werden kann.

Die Regressionskurven (Abbildung 43 bis Abbildung 46) erreichen zwar durchgängig ein höheres Bestimmtheitsmaß als im Grob screening (berücksichtigt wurden dort nur die äußeren Kennzeichen der Umgebung und Knotenpunktgestaltung, vgl. Abschnitt 5.4), aber eine Abhängigkeit des Unfallgeschehens von der Komplexität lässt sich belastbar nicht darstellen.

In der Gesamtschau aller 15 Knotenpunkte zeigt sich tendenziell ein quadratischer Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und einer zunehmenden Komplexität (vgl. Tabelle 16, Zeile 2 und Anlage A 5). Dies scheint vor allem im Hinblick auf die Unfallkostendichte bzw. Unfallkostenrate zuzutreffen, also den Unfallkenngrößen, die die Verletzungsfolge der Unfallbeteiligten berücksichtigen (Abbildung 45, Abbildung 46 und Abbildung 85 bis Abbildung 86 der Anlage A 4).

Betrachtet man die Knotenpunkte differenziert nach der Verkehrsregelung, ergibt sich der quadratische Zusammenhang jedoch nur für die Knotenpunkte mit LSA-Regelung (nur Kreuzungen). An Knotenpunkten mit vorfahrregelnden Verkehrszeichen (Kreuzungen und Einmündungen) nehmen die UKD und die UKR mit steigender Komplexität tendenziell zu (Abbildung 47).

Sollte sich eine Abhängigkeit zwischen dem Komplexitätsgrad und Unfällen mit Personenschaden in Form einer quadratischen Funktion (Parabel) ergeben, kann dies für lichtsignalgeregelte Knotenpunkte bedeuten, dass sich sowohl eine sehr geringe Komplexität wie auch eine sehr hohe Komplexität negativ auf das Unfallgeschehen auswirken.

Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass die Verkehrsteilnehmer zum einen eine gewisse Beanspruchung (Komplexität) benötigen, um z. B. aufmerksam zu bleiben; zum anderen aber auch nicht zu sehr beansprucht (oder auch „überrascht“) werden dürfen, da sie dann das Geschehen nicht mehr überblicken und richtig einschätzen können.

Die These, die sich daraus ableitet, müsste wie folgt formuliert werden: „Es bedarf einer bestimmten Komplexität (die Aufmerksamkeit erzeugt), um (schwere) Unfälle an LSA-Knotenpunkten zu vermeiden.“

Diese These lässt sich allerdings auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse nicht verifizieren. Im Weiteren kann die sich daran anschließende Frage nach dem Bereich der „notwendigen Komplexität“ an dieser Stelle noch nicht beantwortet werden.

Allerdings gibt es Anzeichen, die diese These stützen können. Am betrachteten Teilknotenpunkt des Knotenpunktes 6 (geringe Komplexität, hohe UKD/UKR) führten vornehmlich Rot-

lichtverstöße zu den Unfällen (vgl. Anlage A 7). Insbesondere Linksabbieger aus südlicher Richtung werden an diesem zunächst wenig komplex wirkenden Knotenpunkt an drei Lichtsignalanlagen vorbeigeführt. Die Signale sind so geschaltet, dass die ersten beiden LSA GRÜN zeigen, die dritte ROT. Das dritte Signal wurde in vielen Fällen nicht mehr beachtet, es kam zu Einbiegen/Kreuzen-Unfällen.

Der Knotenpunkt 7 hingegen ist grundsätzlich sehr komplex (vgl. Anlage A 7). An ihm schließen fünf Straßen an, die Kfz-Linksabbieger werden nicht gesichert geführt. Zudem ist er geprägt von einem hohen Fußgänger- und Radverkehrsaufkommen. Im unmittelbaren Umfeld befinden sich eine Schule, ein Kindergarten, Einzelhandel, ein kleiner Wochenmarkt sowie Haltepunkte des ÖPNV. Das Unfallbild war von Überschreiten-Unfällen bestimmt, bei denen ein Aspekt die Komplexität noch gesteigert hat. Fußgänger (häufig Kinder) überquerten die nördliche Furt, um die Straßenbahn zu erreichen. Dies z. T. auch schon bei ROT, da den aus Norden kommenden Fahrzeugen ebenfalls bereits ROT signalisiert wurde und diese an der Furt hielten. Beim Überqueren wurden die Fußgänger allerdings von geradeausfahrenden Kraftfahrern aus südlicher Richtung erfasst, die während ihrer Freigabezeit zunächst hinter wartenden Linksabbiegern festgehalten wurden, so für die Fußgänger schwer zu sehen waren und erst spät den Kreuzungsbereich räumen konnten.

Für Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen lässt sich die Zunahme der UKD bzw. UKR mit steigender Komplexität an den erfassten Knotenpunkten ebenfalls nachvollziehbar darstellen. Die komplexeren Knotenpunkte mit den höchsten UKD/UKR (Nr. 10, 11 und 14) bergen im Vergleich zu den anderen Knotenpunkten maßgebliche Defizite, die die Komplexität erhöhen und zu Unfällen geführt haben (vgl. auch Anlagen A 9 und A 10). Die wesentlichen Aspekte waren dabei: unzureichende und nicht regelwerkskonforme Radverkehrsanlagen (Knotenpunkt 10), eingeschränkte Anfahrtsichtweiten für einbiegenden/kreuzenden Kfz (Knotenpunkt 11) und fehlende Überquerungsanlagen für Fußgänger bei hohen Kfz-Verkehrsmengen an zweistreifiger Richtungsfahrbahn (Knotenpunkt 14).

Bedingt lässt sich auch hier feststellen, dass eine Gefährdung der Verkehrsteilnehmer darin begründet lag, dass sie sich nicht genügend auf die komplexe Situation einstellen konnten bzw. diese nicht erkannt haben. Der nicht signalisierte Knotenpunkt 10 wirkt zunächst wenig komplex: er ist klein und überschaubar, besitzt eine zweistreifige Fahrbahn und einen beidseitig angelegten Radfahrstreifen (vgl. Anlage A 9). Die Sicherheit für Radfahrer, die durch die markierten Radfahrstreifen augenscheinlich gegeben ist, war tatsächlich allerdings nicht vorhanden. Die mit einer Breite von einem Meter zu schmal ausgeführten Radfahrstreifen wurden im Begegnungsfall Lkw/Lkw (Fahrbahnbreite 5,50 m) und von geradeausfahrenden Kfz, die hinter wartenden Linksabbiegern im Kreuzungsbereich ausscherten, überfahren (vgl. Anlage A 9, Abbildung 131). Eine Trennung des Längsverkehrs (geringe Vernetztheit) war dadurch nicht gegeben.

Somit lässt sich ein gewisser Einfluss der Komplexität auf das Unfallgeschehen ausmachen. Ein belastbarer und allgemeingültiger Zusammenhang zwischen der Komplexität der Gesamtanlage und dem Unfallgeschehen kann daraus allerdings nicht abgeleitet werden.

Abbildung 43: Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfalldichte an Knotenpunkten (n = 15)

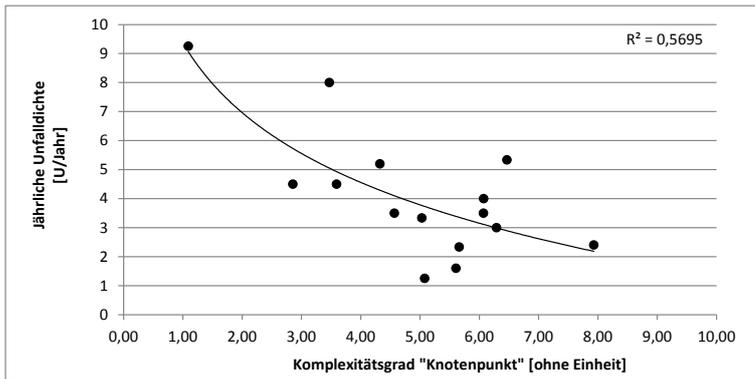


Abbildung 44: Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallrate an Knotenpunkten (n = 15)

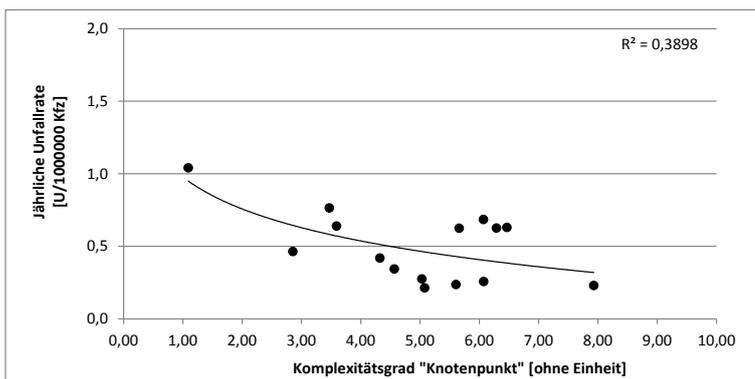


Abbildung 45: Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallkostendichte an Knotenpunkten (n = 15)

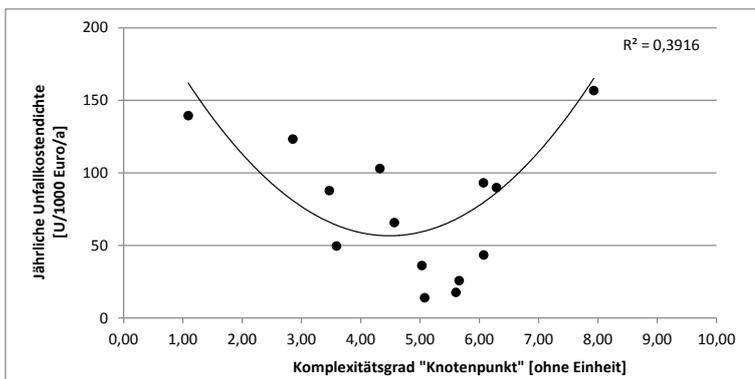


Abbildung 46: Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallkostenrate an Knotenpunkten (n = 15)

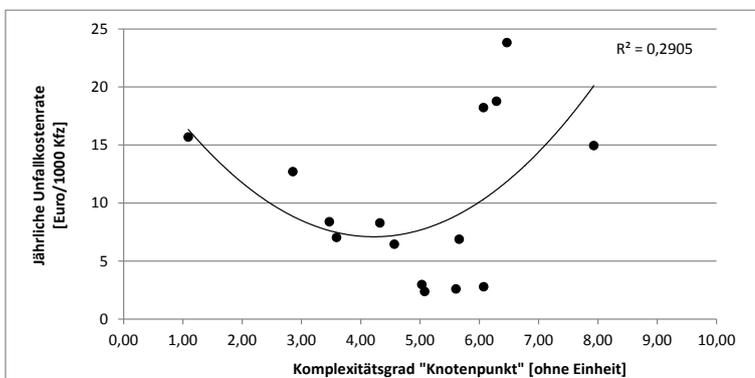


Tabelle 16: Komplexitätsgrade zu Unfallkenngrößen und Kfz-Verkehrsmengen

Sortiert nach...

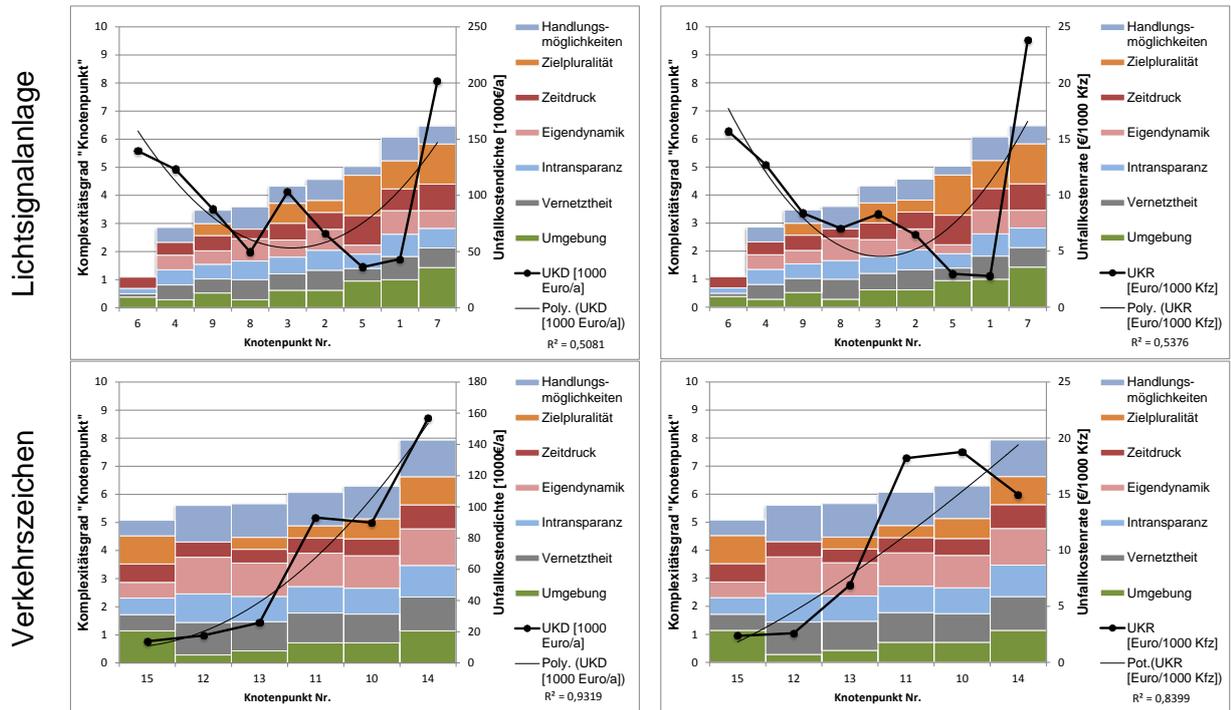
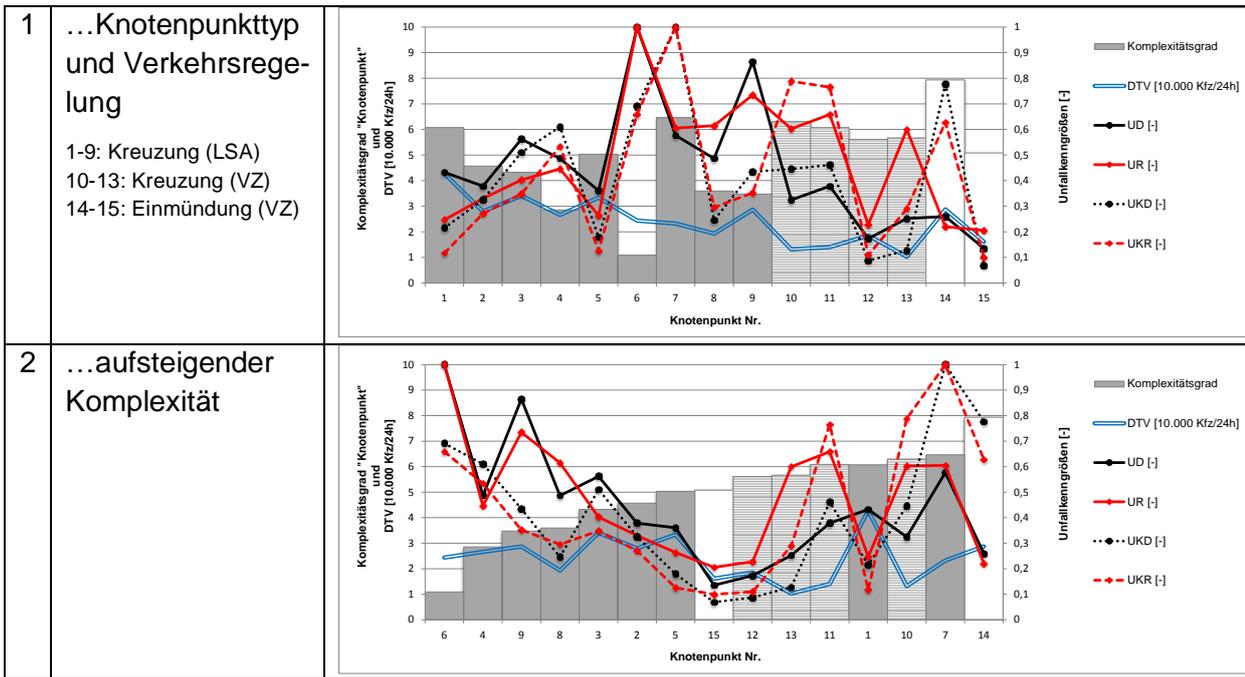


Abbildung 47: Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte differenziert nach Art der Verkehrsregelung in Beziehung zur Unfallkostendichte (links) und Unfallkostenrate (rechts)

6.8 Fazit zur mesoskopischen Komplexitätsbetrachtung

Das Ziel dieses Arbeitsschrittes war es, mithilfe von ausreichenden und aussagekräftigen Kennzeichen, die Komplexität an Knotenpunkten möglichst umfassend zu beschreiben und herauszufinden, ob die Komplexität im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen steht. Das Unfallgeschehen wurde detailliert über die Unfalldichten/-raten und die Unfallkostendichten/-raten dargestellt.

Unter der Berücksichtigung geringer Fallzahlen und z. T. nicht hoher Bestimmtheitsmaße, lassen sich bestimmte Tendenzen eines möglichen Zusammenhangs erkennen:

- Die Unfalldichten und Unfallraten lassen sich nicht direkt in den Bezug zur Komplexität der Gesamtanlage setzen. Vielmehr scheint hier der Einfluss der Kfz-Belastung bzw. der Straßengruppe maßgebend zu sein.
- An LSA-geregelten Knotenpunkten ist ein quadratischer Zusammenhang zwischen der Komplexität der Gesamtanlage und den Unfallkostendichten bzw. Unfallkostenraten bedingt abzulesen. Dies führt zu der Vermutung, dass es einer gewissen Komplexität – bzw. Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmer – bedarf. Oder, dass bestimmte, ggf. außergewöhnliche Randbedingungen, mit denen die Verkehrsteilnehmer nicht rechnen, an zunächst wenig komplex wirkenden Knotenpunkten, zu Unfällen führen. Auch darf die Komplexität einen bestimmten „Grenzwert“ nicht überschreiten. Der Bereich einer so formulierten „notwendigen Komplexität“ kann allerdings nicht sicher benannt werden.
- An Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen nehmen die Unfallkostendichten und Unfallkostenraten mit steigender Komplexität zu. Das Risiko – besonders für Fußgänger und Radfahrer – schwer zu verunglücken, steigt mit zunehmender Komplexität.

Eine bestimmte Korrelation zwischen den Unfallkenngrößen und der Komplexität ist auf dieser Grundlage nicht belastbar darzustellen.

Zudem haben sich verfahrensbedingte Aspekte verdeutlicht:

- Alle Merkmale der Komplexität (Umgebung, Vernetztheit, Intransparenz, Eigendynamik, Zeitdruck, Zielpluralität und Handlungsmöglichkeiten) fließen gleichberechtigt in die Bestimmung des Komplexitätsgrades ein. Eine bezifferbare und prozentual gewichtete Berücksichtigung der Merkmale ist allerdings an dieser Stelle nicht begründbar. Eine mögliche Gewichtung bestimmter Merkmale wird aber in weiteren Schritten untersucht.
- Die Komplexität der Merkmale – und somit auch der Gesamtanlage – ist abhängig von der Wahl der Kennzeichen. Allerdings lässt sich die notwendige Quantität oder Qualität der Kennzeichen abschließend nicht festlegen. Es liegt somit im Ermessen des Anwenders, möglichst alle relevanten Einwirkungen angemessen berücksichtigt zu haben. Dies stellt eine potenzielle Unsicherheit dar, da z. B. „außergewöhnliche“ Situationen nicht immer vollständig erfasst werden können. Der Einfluss der Kennzeichen wird in weiteren Schritten untersucht.
- In der Gesamtbetrachtung scheinen Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen, gegenüber lichtsignalgeregelten Knotenpunkten, hinsichtlich der Komplexität überschätzt zu werden. Eine differenzierte Betrachtung – mindestens im Blick auf die Verkehrsregelung – ist im Hinblick auf die Beurteilung einer Gesamtanlage daher zweckmäßig.

- Die Kennzeichen können zwar über die Beurteilung der Ausprägung in Bezug zueinander gesetzt werden bzw. dienen einige Kennzeichen auch dazu, um eine mögliche Dominanz anderer Kennzeichen zu relativieren. Letztlich stehen die Kennzeichen aber weitgehend für sich alleine. Eine Berücksichtigung aller möglichen Wechselwirkungen und gegenseitigen Beeinflussungen ist nur schwer abbildbar. Zudem werden – wie in Abschnitt 2.2 im Bezug zur Komplexität im Allgemeinen dargestellt – auch nicht immer alle Kennzeichen mit denselben anderen Kennzeichen in gleicher Weise in Verbindung stehen. Die Wechselwirkung und Verbindungen können je Situation variieren.
- Ein weiterer, allerdings bisher nicht messbarer und somit im Verfahren noch nicht darstellbarer Aspekt scheint eine Rolle zu spielen: die Einschätzung bzw. das Erfassen der Situation durch die Verkehrsteilnehmer selber.

Die RASt nimmt diesen Aspekt grundlegend auf, indem sie fordert, dass Knotenpunkte u. a. rechtzeitig erkennbar, begreifbar und übersichtlich sein müssen (vgl. FGSV 2006, S. 109). Dies lässt sich auf die Komplexitätsbetrachtungen übertragen.

Wirkt eine Situation bereits komplex, verhalten sich Verkehrsteilnehmer eher umsichtig und zurückhaltend. Im Hinblick auf ein geringes Unfallgeschehen funktioniert dies allerdings nur unter bestimmten Randbedingungen. Als Beispiel seien hier Shared-Space-Bereiche oder Begegnungszonen genannt. Hier ist die Komplexität bekannt. Die Verkehrsteilnehmer können sich darauf einstellen und sich angepasst verhalten, was unter anderem durch geringe Geschwindigkeiten auch möglich wird. Übersteigt die Komplexität einen gewissen – hier nicht näher bestimmbar – „Grenzwert“, reicht die Kapazität des Betrachters nicht mehr aus, den Zustand der Situation und die Anzahl und die Verknüpfungen aller einzelnen Elemente in einer bestimmten Zeit zu erfassen (vgl. Grimm 2009, S. 28) oder spielen besondere, nicht abschätzbare Einflüsse eine Rolle, wird auch das Unfallgeschehen zunehmen.

In gewisser Weise spricht dies für eine Standardisierung von Knotenpunkten bzw. von Abläufen und Regeln an diesen. Situationen sollten möglichst „vorhersehbar“ bzw. „beurteilbar“ sein, wenn sie vom Betrachter ggf. unter Zeitdruck richtig eingeschätzt werden sollen.

Das Vorhaben, die Komplexität einer in sich bereits komplexen Anlage, mit Hilfe von vorwiegend baulichen oder verkehrstechnischen Kennzeichen zu beschreiben, muss an diesem Punkt diskutiert werden. Es scheinen z. T. auch besondere Situationen unter konkreten, ortsbezogenen Randbedingungen eine Rolle zu spielen und Einfluss auf das Unfallgeschehen bzw. das Verhalten der Verkehrsteilnehmer zu nehmen. Das Unfallgeschehen an Knotenpunkten kann variieren. Es kann sich auf bestimmte Unfalltypen, Verkehrsbeteiligungsarten oder Teilbereiche des Knotenpunktes beschränken oder auch sehr heterogen sein. Ein Gesamtkomplexitätsgrad eines Knotenpunktes, der grundlegend möglichst alle Einflüsse berücksichtigt, kann daher ein Gefährdungspotenzial ausdrücken, muss sich aber nicht unbedingt mit dem örtlichen Gesamtunfallgeschehen exakt in Verbindung bringen lassen.

In den folgenden Arbeitsschritten werden die 15 Knotenpunkte einer eingehenden Sicherheitsanalyse unterzogen. Zudem wird das Verhalten der Verkehrsteilnehmer im Realverkehr berücksichtigt. Auf dieser Basis werden prototypische Merkmale und Situationen abgebildet, die insbesondere Gefährdungen für Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen darstellen. Diese prototypischen Situationen werden anschließend Komplexitätsbetrachtungen unterzogen, die den relevanten Unfällen gegenüber gestellt werden.

7 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen an ausgewählten Knotenpunkten – Grundlagenermittlung für die mikroskopischen Komplexitätsbetrachtungen

7.1 Vorbemerkungen

Die Komplexitätsbetrachtungen der vorgehenden Kapitel haben unter anderem gezeigt, dass die Bestimmung eines Komplexitätsgrades für die Gesamtanlage eines Knotenpunktes, auf Basis vornehmlich baulicher oder verkehrstechnischer Merkmale, die Komplexität der Anlage grundlegend erfassen kann, aber wahrscheinlich nicht dazu geeignet ist, belastbare Rückschlüsse auf das Unfallgeschehen ziehen zu können.

Möglicherweise variiert das Unfallgeschehen an Knotenpunkten trotz vergleichbarer Randbedingungen so stark, dass die Komplexität differenziert für bestimmte Situationen ermittelt werden muss, um einen Zusammenhang zum spezifischen Unfallgeschehen erkennen zu können. Im Folgenden werden die 15 Knotenpunkte daher eingehenden Sicherheitsanalysen unterzogen, die Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr einschließen.

Das Ziel ist die Ursachenermittlung der Unfälle, das Aufzeigen von Sicherheitsmängeln sowie die Beschreibung der Konflikte und prototypischen Situationen, in denen Verkehrsteilnehmer, insbesondere Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen/-behinderungen, gefährdet sind.

7.2 Erläuterungen zu den Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen

Die 15 Knotenpunkte wurden u. a. aufgrund des Typs (Kreuzung, Einmündung), der Verkehrsregelung (mit LSA, mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen) und des Unfallgeschehens von Kindern und Senioren stellvertretend aus den 100 Knotenpunkten ausgewählt. An allen Knotenpunkten wurden

- Unfallanalysen,
- Sicherheitsanalysen und
- Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr durchgeführt.

Die **Unfallanalysen** basieren auf anonymisierten Unfallanzeigen, Unfalldiagrammen und Unfalllisten zu Unfällen mit Personenschaden (Unfallkategorie 1 bis 3) und zu schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden (Kategorie 4). Diese wurden für die ausgewählten Knotenpunkte bei den zuständigen Polizeidienststellen für möglichst fünf Jahre (2006 – 2010) angefragt und analysiert.

Die **Sicherheitsanalysen** orientieren sich methodisch am Verfahren des Sicherheitsaudits von Straßen (vgl. FGSV 2002) und erfolgen auf der Grundlage zur Verfügung gestellter Planunterlagen, z. B. Ausführungspläne, Signalzeitenpläne. Zudem wurde jeder Knotenpunkt im Rahmen von Vor-Ort-Untersuchungen begutachtet. Zu einigen Knotenpunkten konnten keine entsprechenden Planunterlagen seitens der Stadtverwaltungen zur Verfügung gestellt werden, hier wurden in erster Linie Vor-Ort-Untersuchungen durchgeführt.

Die **Verhaltensbeobachtungen der Verkehrsteilnehmer** erfolgten in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo). Neben der Beobachtung durch Personen wurde dazu ein Funk-Kamera-System eingesetzt. Die zahlenmäßige

Auswertung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer erfolgte nachträglich anhand der Videobilder durch Mitarbeiter des IfADo, einschließlich der Altersschätzung und der Beobachtung bzw. Einschätzung, ob eine Mobilitätseinschränkung/-behinderung bei einer beobachteten Person vorlag. (vgl. Gerlach et al. in Druck).

Das Kamerasystem sowie die Vorgehensweise der Auswertung werden im Folgenden erläutert.

Das Funk-Kamera-System besteht aus 4 Kameras (mit Sendeeinheiten), die jeweils auf einem Stativ befestigt werden (Abbildung 48) und einem zentralem Empfangsstativ, auf dem die Empfänger aller 4 Kameras montiert sind. Die Zentrale Aufzeichnungseinheit besteht aus einem Festplattenrekorder, der gleichzeitig die Signale der 4 Kameras aufzeichnen und synchron auf einem Monitor abspielen kann (Abbildung 49). Bei Bedarf können die Bilder einer einzelnen Kamera bei der Auswertung jeweils zum Vollbild vergrößert werden. Dieses Verfahren ermöglicht, dass Knotenpunkte aus vier verschiedenen Perspektiven erfasst werden können (Abbildung 50).

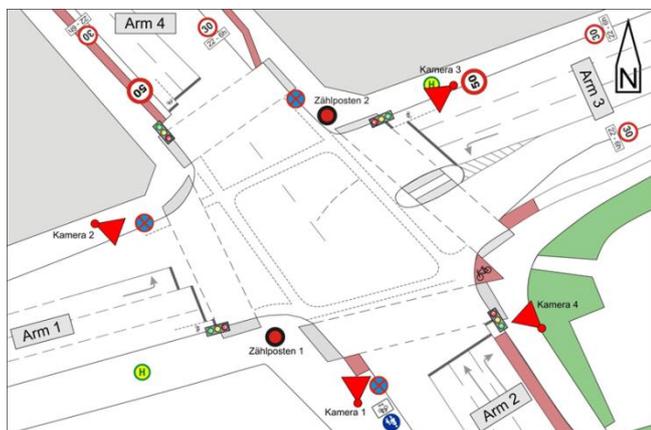
Abbildung 48: Exemplarische Darstellung eines Kamerastandortes
(Foto: Seipel)



Abbildung 49: Exemplarische Darstellung der Kamerabilder (Gerlach et al. in Druck)



Abbildung 50: Exemplarische Darstellung der Kamerastandorte und Positionen der Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen (Zeichnung: Biernacki / Seipel)



Da das Alter von Kraftfahrern (und u. U. auch von Radfahrern) anhand der Videobilder nachträglich nicht einzuschätzen ist, positionierten sich während der Aufnahmen Zählposten für vorher bestimmte Verkehrsströme am Knotenpunkt (Abbildung 50) und gaben Zeichen, wenn ein älterer Kraftfahrer / Radfahrer vorbeifuhr. Mit Hilfe dieser Zeichen konnten den in den Videos sichtbaren Pkw ältere Kraftfahrer zugeordnet bzw. ältere Radfahrer bestimmt werden. Die Alterseinschätzung von Fußgängern erfolgte anhand der Videobilder.

Im Folgenden ist daher zu berücksichtigen, dass die Bildung der Altersklassen in den Auswertungen der Verhaltensbeobachtungen nicht auf Grundlage des tatsächlichen kalendarischen Alters der beobachteten Personen vorgenommen werden konnte. Das Alter (bis einschließlich 14 Jahre und 65 Jahre und älter) wurde aufgrund des Aussehens geschätzt. Dadurch ist die Anzahl von Kindern und Senioren tendenziell unterschätzt.

Das zur Auswertung herangezogene Verfahren ist eine Mischung aus einem quantitativen und einem qualitativen Beobachtungsverfahren. Neben der Personenzählung je intendierter Zielgruppe wurde festgehalten, ob und wie das Verhalten eines beobachteten Verkehrsteilnehmers von den allgemeinen Verkehrsregeln der StVO abweicht. Im Weiteren wurden auch subgruppenspezifische Besonderheiten festgehalten, die nicht den allgemeinen Verkehrsregeln der StVO entgegenstehen, aber Schwierigkeiten für bestimmte Personengruppen an Knotenpunkten wiedergeben. Für jede Zielgruppe konnten damit typische Verhaltensweisen, Fehler und/oder Schwierigkeiten dokumentiert werden.

Die Vor-Ort- und die Videobeobachtungen fanden werktags in der Zeit zwischen 10 und 15 Uhr statt (an den Knotenpunkten 2 und 11 zwischen 8 und 13 Uhr). Diese Zeiträume wurden aufgrund der zeitlichen Beteiligung von Kindern und Senioren an Unfällen ausgewählt (vgl. Anlagen A 2 und A 3).

Zusätzlich zu den Verhaltensbeobachtungen wurden an jedem Knotenpunkt die Verkehrsmengen (alle Verkehrsteilnehmer) zwischen 10 und 11 Uhr und zwischen 13 und 14 Uhr bzw. 11 und 12 Uhr an den Knotenpunkten 2 und 11 gezählt (vgl. Unfallzeiten von Kindern und Senioren und intendierte Zielgruppen je Knotenpunkt im Anhang A 6). So konnten bei der Auswertung auch Vergleichskollektive gebildet werden. In diesen Zeitbereichen wurde das Verhalten aller Verkehrsteilnehmer beurteilt. Das Verhalten von Kindern und Senioren wurde über den gesamten Beobachtungszeitraum beurteilt.

7.3 Überblick über die Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen

Die allgemeine **Auswertung des Unfallgeschehens** an den 15 Knotenpunkten wurde in Abschnitt 6.4 vorgenommen. Im Folgenden wird das Unfallgeschehen von Kindern und Senioren näher beschrieben.

Von den erfassten 238 Unfällen ereigneten sich 84 Unfälle mit Beteiligung von Kindern (27) und/oder von Senioren (62)¹⁶. Die Unfallliste kann der Anlage A 6 entnommen werden, weitere detaillierte Beschreibungen zum Unfallgeschehen sind in den Anlagen A 7 bis A 10 aufgeführt.

Die 27 Unfälle mit Beteiligung von Kindern umfassen im Wesentlichen Überschreiten-Unfälle (11), Abbiege-Unfälle (8) und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (5). 12 Unfälle wurden von Kindern verursacht, in 15 Fällen waren Kinder Unfallopfer. Alle 27 beteiligten Kinder verunglückten als Fußgänger oder Radfahrer infolge des Unfalls, zwei davon schwer.

7 der 12 Unfälle, bei denen Kinder als Hauptverursacher geführt werden, verursachten Kinder als Fußgänger. Auch als weitere Beteiligte verunglückten Kinder häufiger als Fußgänger (9 von 15), i. d. R. bei Überschreiten-Unfällen. In 6 Unfällen verunglückten sie als Radfahrer in verschiedenen Unfalltypen.

Die Ursachen der Unfälle mit Beteiligung von Kindern sind durchaus verschieden. Sie entsprechen aber grundsätzlich den für Kinder typischen Gefährdungssituationen, denen sie aufgrund ihrer psychophysischen Entwicklung ausgesetzt sind (vgl. Abschnitt 3.2). Aus den Hergangstexten der Unfallanzeigen geht hervor, dass Kinder

- als Fußgänger und Radfahrer von Kraftfahrern beim Abbiegen (und Wenden) übersehen wurden,
- hinter Sichthindernissen plötzlich auf die Fahrbahn traten, um diese zu überqueren,
- sich unerwartet von Begleitpersonen „losrissen“ und auf die Fahrbahn liefen,
- als von Rechts kommender Radfahrer auf Rad- und Gehwegen an wartepflichtigen Einmündungen von einbiegende Kraftfahrern übersehen wurden und
- die Straße bei ROT überquerten, um Verkehrsmittel des ÖPNV zu erreichen

und dabei von Kraftfahrern erfasst wurden.

Die 62 Unfälle mit Beteiligung von Senioren umfassen überwiegend Abbiege-Unfälle (29) und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (24), an denen Senioren als Pkw-Fahrer beteiligt sind. Insgesamt wurden 44 der 62 Unfälle von Senioren selbst verursacht, davon 43 als Kraftfahrer und in einem Fall als Fußgänger. Ein Schwerpunkt lässt sich bei Abbiege-Unfällen (Typ 211) und Einbiegen/Kreuzen-Unfällen (Typ 301, 321) ausmachen (s. Tabelle 17), was auch den Ergebnissen der makroskopischen Unfallanalyse (vgl. Abschnitt 4.6) und der Grundlagenrecherche zu den Gefährdungspotenzialen im Straßenverkehr für Senioren (vgl. Abschnitt 3.3) entspricht.

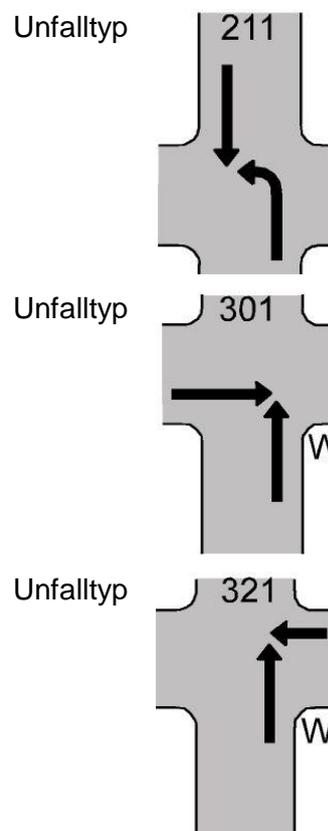
Als weitere Beteiligte waren Senioren als Fußgänger, Radfahrer und Pkw-Fahrer an Unfällen beteiligt. Eine Konzentration auf bestimmte Unfalltypen lässt sich an den 15 betrachteten

¹⁶ 5 Unfälle geschahen mit Beteiligung von Kindern und Senioren.

Knotenpunkten nicht ausmachen, wobei auch hier die drei Unfalltypen 211, 301 und 321 zusammengenommen die Mehrheit bilden.

Tabelle 17: Unfalltypen von Hauptverursachern (65 Jahre und älter) an 15 Knotenpunkten (n = 44)

Unfalltyp	Hauptverursacher	
	jünger als 65 Jahre	65 Jahre und älter
211	3	13
221	1	1
223	0	2
224	1	0
231	0	1
232	0	1
241	1	0
242	0	1
243	0	1
244	1	1
299	0	1
301	5	8
303	1	0
321	3	5
341	0	1
399	1	0
436	0	1
461	0	2
601	1	1
699	0	2
762	0	1
799	0	1
Summe	18	44



Die wesentlichen Aspekte der **Plananalysen und Sicherheitsinspektionen vor Ort** sind in Abschnitt 7.4 aufgeführt. Detaillierte Berichte der einzelnen Knotenpunkte können den Anlagen A 7 bis A 10 entnommen werden. Im Folgenden sind die wesentlichen Mängelkategorien aufgeführt. Abbildung 51 zeigt die Anzahl der Knotenpunkte, bei denen Defizite in einer der folgenden Kategorien festgestellt wurden:

- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der Fußgängerverkehrsanlagen, z. B. fehlende Überquerungsanlagen, nicht regelwerkskonforme Ausführung von Teilen von Überquerungsanlagen
- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der Radverkehrsanlagen, z. B. nicht regelwerkskonforme Ausführung, fehlende Radverkehrsanlagen
- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der barrierefreien Gestaltung, z. B. fehlende Bodenindikatoren (Belange Menschen mit Sehbehinderungen), keine Nullabsenkung (Belange von Menschen mit besonderer Mobilitätseinschränkung).
- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der Sichtbeziehungen, z. B. eingeschränkte Anfahrtsicht, Sichtbehinderungen durch Straßenbegleitgrün oder ruhenden Verkehr

- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der Verkehrsregelung, z. B. signaltechnisch nicht gesichert geführter Linksabbieger bei hohen Verkehrsmengen und/oder fehlenden Führungshilfen im Kreuzungsbereich, Grünpfeil (Z 720, vgl. Anlage A 18) bei weit abgesetzten Haltlinien
- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der Verkehrsführung, z. B. Linksabbieger und Geradeausfahrer auf einem gemeinsamen Fahrstreifen bei mehr als einem Fahrstreifen der Zufahrt, Fahrstreifenubtraktion unmittelbar nach dem Kreuzungsbereich, fehlende Leitmarkierungen und/oder Wartemarkierungen im Kreuzungsbereich für Linksabbieger
- Defizite/Sicherheitsrisiken im Bereich der Straßengeometrie und des Entwurfes, z. B. zu geringe/zu große Fahrstreifenbreite, spitze Kreuzungswinkel der Straßen (z. B. wenn daraus Sichtbehinderungen oder Konflikte durch missverständene Vorfahrtregelung entstanden)
- Defizite im Bereich der Verkehrszeichen, z. B. schlechter Zustand von Markierungen, nicht regelwerkskonforme Ausführung von Markierungen
- Defizite im Bereich der Signalsteuerung (Einzelfall: geringe Zwischenzeit)

Die festgestellten Defizite wurden nachträglich in die aufgeführten Defizitkategorien eingeordnet. In dieser Darstellung sind nur Defizite berücksichtigt, die nach evtl. Umbaumaßnahmen der Verkehrsanlage noch festgestellt wurden. Sie beschreiben somit die Situation zum Zeitpunkt der Vor-Ort-Begehungen.

Nahezu an allen Knotenpunkten (13 von 15) waren die Belange von Menschen mit besonderer Mobilitätseinschränkung (z. B. Menschen mit Rollator oder Kinderwagen) oder Mobilitätsbehinderung (z. B. blinde Menschen oder Rollstuhlfahrer) nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt.

Verkehrsanlagen für den Radverkehr waren oft ebenfalls in nicht regelwerkskonformer Ausführung oder fehlten vollständig¹⁷. An 9 der insgesamt 15 Knotenpunkte konnten diesbezüglich Defizite festgestellt werden.

Weitere häufig festgestellte Defizite betrafen Mängel in der Verkehrsregelung oder der Verkehrsführung des Kfz-Verkehrs.

An insgesamt 8 der 15 Knotenpunkte konnten Defizite im Bereich der Sichtbeziehungen festgestellt werden.

¹⁷ Als Defizit erfasst, wenn die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA 2010) bei bestimmten Randbedingungen Schutzstreifen, Radfahrstreifen oder Radwege empfehlen (vgl. ERA 2010, S. 18 f.).

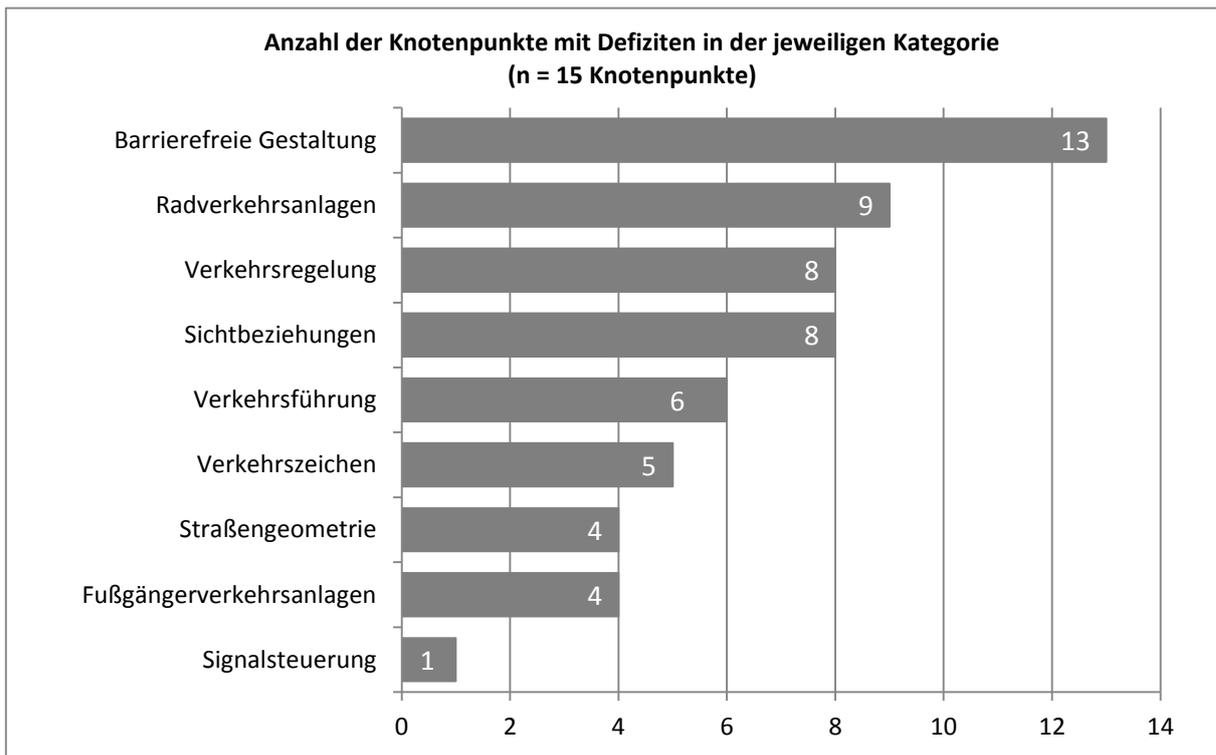


Abbildung 51: Anzahl der Knotenpunkte mit Defiziten je Kategorie (n = 15 Knotenpunkte)

Im Rahmen der **Verhaltensbeobachtungen** wurden etwa 300 Stunden Videomaterial¹⁸ an den 15 beobachteten Knotenpunkten aufgenommen und anschließend im Detail ausgewertet. Dabei wurde das Verhalten von 24.598 Einzelpersonen als Fußgänger, Radfahrer oder Pkw-Fahrer unter Berücksichtigung der Altersgruppe analysiert.

Generell konnte bei allen Verkehrsteilnehmern eine hohe Regelkonformität beobachtet werden. In der Gruppe der Fußgänger und Radfahrer machten Kinder relativ gesehen mehr Fehler als Personen anderer Altersgruppen. Ältere wie jüngere Kraftfahrer begingen qualitativ dieselben Fehler. Allerdings machten älterer Kraftfahrer beim Linksabbiegen relativ mehr Fehler als jüngere Kraftfahrer. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

¹⁸ 5 Stunden je Kamera bzw. Perspektive.

7.4 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen nach Gruppe und Verkehrssituation

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Sicherheitsanalysen und der Verhaltensbeobachtungen der 15 Knotenpunkte für die Gruppen

- Fußgänger (insbesondere Kinder und Senioren),
- Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen (z. B. Menschen mit Rollatoren, Kinderwagen) oder Mobilitätsbehinderungen (z. B. Blinde, Rollstuhlfahrer),
- Radfahrer (insbesondere Kinder und Senioren) und
- Kraftfahrer (insbesondere Senioren)

zusammenfassend dargestellt.

Die detaillierten Sicherheitsanalysen der einzelnen Knotenpunkte sind in den Anlagen A 7 bis A 10 aufgeführt. Zudem ist in Abschnitt 7.5 eine zusammenfassende Darstellung der wesentlichen Aspekte je Knotenpunkttyp beschrieben.

7.4.1 Fußgänger (insb. relevant für Kinder und Senioren)

Überschreiten-Unfälle und Abbiege-Unfälle sind die häufigsten Unfalltypen bei denen Fußgänger an Knotenpunkten gefährdet werden bzw. verunglücken (vgl. u. a. Kapitel 4).

Sicherheitsrisiken für Fußgänger ergaben sich erwartungsgemäß vorwiegend an Knotenpunkten ohne Lichtsignalregelung. Vor allem dann, wenn bei starken Kfz-Strömen **Überquerungsanlagen** (auch Teile davon) nicht dem Stand der Technik entsprachen oder fehlten (vgl. auch Abbildung 52).

Ebenso waren Fußgänger – speziell Kinder – gefährdet, wenn **Sichtbeziehungen** nicht gegeben oder z. B. durch parkende Fahrzeuge am Fahrbahnrand eingeschränkt waren. Dies gilt im Besonderen auch für Rollstuhlfahrer.

An Knotenpunkten ohne Lichtsignalregelung mit einem deutlichen Hauptstrom ergaben sich weitere Schwierigkeiten für Fußgänger. Die Zeitlücken im Hauptstrom mussten zeitgleich von einbiegenden, ggf. auch wendenden, Fahrzeugen und überquerenden Fußgängern genutzt werden. Den Fußgängern wurde dabei ihr Vorrang gegenüber den einbiegenden Kfz oft nicht eingeräumt (Abbildung 52).

Zur Hervorhebung der Bevorrechtigung und zur Sicherheit von Fußgängern gegenüber einbiegenden und ggf. wendenden Fahrzeugen sollten an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage die Hilfssignalgeber (gelbes Blicklicht an Fußgängerfurt) generell einen Durchmesser von 300 aufweisen, um ein- und abbiegende Kraftfahrer besser auf überquerende Fußgänger (und auch Radfahrer) hinzuweisen. Dies gilt insbesondere an Knotenpunkten, an denen linkseinbiegende Kraftfahrer einen längeren Weg bis zum Erreichen der Fußgängerfurt zurücklegen müssen (vgl. u. a. Knotenpunkt 2 und 3, Anlage A 7) und an Knotenpunkten ohne vollständige Signalsteuerung mit Fußgänger-Lichtsignalanlagen (vgl. Knotenpunkt 10, Anlage A 9).



Abbildung 52: Einbiegende (und wendende) Kraftfahrer missachten den Vorrang überquerender Fußgänger (Gerlach et al. in Druck)

Konflikte zwischen „Rotläufern“ und nicht verträglichen Kfz-Strömen konnten an den 15 Knotenpunkten nicht beobachtet werden. Dennoch konnten an Knotenpunkten mit längerer Wartezeit für Fußgänger (Beobachtung: Sperrzeit ist größer als 45-50 Sekunden) tendenziell vermehrt Personen beobachtet werden, die bei ROT überquerten. Insbesondere, wenn mit der Überquerung Haltestellen des ÖV erreicht werden sollten und/oder Schulwege über den Knotenpunkt führten. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

Im Rahmen der Verhaltensbeobachtungen wurden insgesamt 9.474 Überquerungen von Fußgängern ausgewertet. Am regelkonformsten verhielten sich Senioren, gefolgt von den 15- bis 64-jährigen Personen. Kinder machten relativ gesehen die meisten Fehler beim Überqueren der Straße (vgl. Abbildung 53). Schwere Verstöße, wie das Überqueren bei ROT, wurden allerdings nur an wenigen Knotenpunkten und im Verhältnis selten beobachtet. Das häufigste nicht „StVO-konforme“ Verhalten bezog sich darauf, die Fahrbahn nicht auf dem kürzesten Weg quer zur Fahrtrichtung überschritten zu haben oder an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten die Straßen neben Fußgängerfurten überquert zu haben. (ebd.)

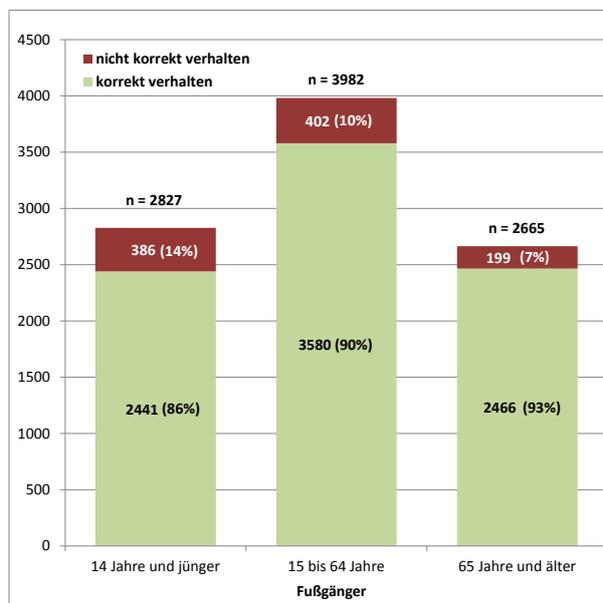


Abbildung 53: Gesamtüberblick Fußgängerverhalten beim Überqueren an Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)

7.4.2 Menschen mit Mobilitätseinschränkungen

Im Rahmen der durchgeführten Videobeobachtungen konnte nur eine geringe Zahl von Menschen mit Behinderungen (bzw. Menschen mit Mobilitätseinschränkungen) beobachtet werden. Die Beobachtungen stimmen aber mit den Feststellungen der Grundlagenermittlung zu den Anforderungen von Menschen mit Mobilitätseinschränkungen an Knotenpunkten überein (vgl. Abschnitt 3.4).

Bei der Auswertung der Videos ergaben sich für die Gestaltung von Knotenpunkten zusammenfassend folgende Hinweise aus Sicht der Barrierefreiheit (vgl. Gerlach et al. in Druck):

- Rollatornutzer betreten/verlassen den Gehweg bevorzugt an Stellen, an denen der Bord auf Fahrbahnniveau abgesenkt wurde. Besteht keine eigene Absenkung im Fußgängerbereich, aber eine Absenkung an einem parallelen Radweg, dann wird diese genutzt. Dieses Verhalten lässt sich auch bei Personen mit Kinderwagen beobachten. Es wird auch für Rollstuhlnutzer bestätigt (vgl. Abschnitt 4.7). Dadurch können Konflikte mit dem Radverkehr entstehen und ebenfalls mit abbiegenden Kfz, wenn die Kraftfahrer nicht mit Rollstuhlnutzern o. Ä. in diesen Bereichen rechnen.
- Bei Abbiegevorgängen kürzen Rollatornutzer (oder andere „Rollende“) über die Fahrbahn im Bereich des Knotenpunktes ab, wenn keine Absenkungen der Bordkanten vorhanden sind. Hierdurch können Konflikte mit dem Kfz-Verkehr entstehen.
- Je kleiner der Raddurchmesser „rollender“ Fußgänger (Kinderwagen, Rollatoren, Rollstuhl) ist, desto größer die Probleme an Bordkanten bei der Überquerung. Das ist insoweit von Interesse, da es derzeit keine Standardisierung bei Raddurchmessern für Rollatoren oder Rollstühlen gibt. Eine große Gruppe von Rollatornutzern hat Schwierigkeiten, ihr technisches Hilfsmittel anzukippen, um derartige Kanten einfacher überwinden zu können.
- „Rollende“ Fußgänger bevorzugen ebene Oberflächen. Es wurde beobachtet, dass bei unbefestigten Oberflächen ein Ausweichen auf die Fahrbahn stattfindet.

Vor allem eine Absenkung von Bordsteinkanten im Bereich von Überquerungsstellen ist für eine stetig wachsende Zahl von Fußgängern mit „rollenden Hilfsmitteln“ relevant. Aus Sicht von blinden und sehbehinderten Menschen besteht dann allerdings die Gefahr, dass bei Absenkung des Bords auf Fahrbahnniveau die Sicherheit an Knotenpunkten nicht mehr gewährleistet ist (fehlende Bordsteinkante als eindeutige Grenze zwischen Fahrbahn und Gehweg). Die Oberflächengestaltung spielt bei der Wahl der Verkehrsfläche ebenfalls eine Rolle. „Rollende“ nutzen bevorzugt glatte und ebene Oberflächen, da sie sich auf diesen einfacher fortbewegen können.

7.4.3 Radfahrer (insb. relevant für Kinder und Senioren)

Die häufigsten Unfalltypen, bei denen Radfahrer an Knotenpunkten verunglücken, sind Abbiege-Unfälle und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle.

Wesentliche Defizite ergaben sich im Rahmen der Sicherheitsanalysen durch die nicht regelwerkskonforme Ausführung von **Radverkehrsanlagen**. Hierbei wurden zum Teil die Mindestbreiten der entsprechenden Führungsformen (Radweg, Radfahrstreifen oder Schutzstreifen) unterschritten oder mit Mindestmaßen für Gehwege/Fahrstreifen kombiniert, was zu Konflikten im Längsverkehr führte (vgl. Abbildung 54).



Abbildung 54: Knotenpunkt 10 – Links abbiegende und ausscherende Fahrzeuge (Bild links) und Begegnungsfall Lkw-Lkw (Bild rechts) (Gerlach et al. in Druck)

Zum Teil fehlten sichere Überquerungsmöglichkeiten für einbiegende Radfahrer. An einigen Knotenpunkten, für die aufgrund der verkehrlichen Belastung Radverkehrsanlagen gemäß aktuellen Entwurfsregelwerken empfohlen werden, waren entsprechende Radverkehrsanlagen nicht vorhanden. Häufig konnten Radfahrer beobachtet werden, die auf die (vermeintlich sicheren) Gehwege auswichen und hier auch „entgegen“ der Fahrtrichtung fuhren (Unfalltyp 342) bzw. in Konflikt zu Fußgängern gerieten.

Wie auch bei den Fußgängern konnten die wesentlichen Sicherheitsrisiken für Radfahrer an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage festgestellt werden. Insbesondere an den einmündenden Straßen, wenn die Anfahrtsicht für die Kraftfahrer eingeschränkt (Abbildung 55) oder die Radverkehrsfurten nicht zu erkennen war (Abbildung 56), was sich auch im Unfallbild des Knotenpunktes niederschlug.



Abbildung 55: Einbiegende/kreuzende Fahrzeuge warten auf Radverkehrsfurt bei eingeschränkter Anfahrtsicht (Fotos: Seipel und Gerlach et al. in Druck)



Abbildung 56: Radverkehrsfurt aus Sicht der einbiegenden Kraftfahrer nicht zu erkennen (Foto: Seipel)

Im Rahmen der Verhaltensbeobachtungen wurde das Verhalten von insgesamt 2.709 Radfahrern ausgewertet. Kinder machten relativ gesehen die meisten Fehler, gefolgt von den Senioren. Am regelkonformsten verhielten sich die 15- bis 64-jährigen Radfahrer (Abbildung 57).

Verstöße gegen die allgemeinen Verkehrsregeln der StVO, die zu schweren Konflikten mit anderen Verkehrsteilnehmern führten, wurden auch bei den Radfahrern nur sehr selten beobachtet. Die häufigsten Fehler bezogen sich auf die Nutzung von Gehwegen, die Nutzung von Radwegen entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung oder auf die Unterlassung des Handzeichens bei Abbiegen. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

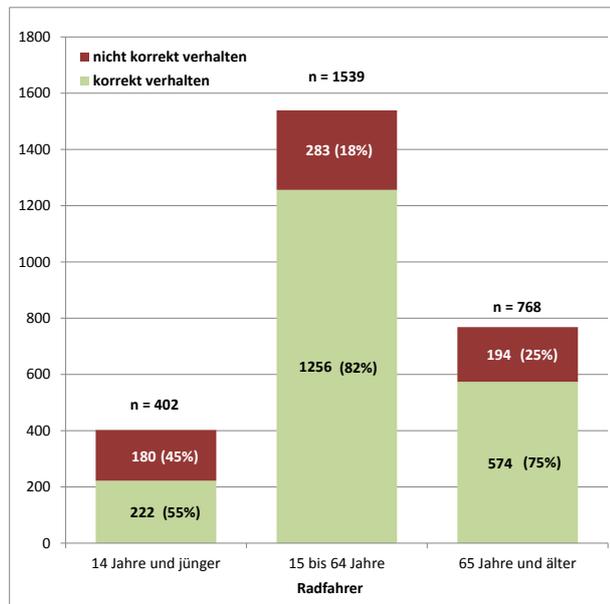


Abbildung 57: Gesamtüberblick Radfahrerverhalten an Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)

7.4.4 Kraftfahrer (insb. relevant für Senioren)

Die meisten Unfälle an Knotenpunkten im Kfz-Verkehr sind Einbiegen/Kreuzen-Unfälle, gefolgt von Abbiege-Unfällen. Auch Unfälle im Längsverkehr, z. B. bedingt durch Verflechtungsvorgänge im Kreuzungsbereich oder durch plötzliches Abbremsen vor Überquerungsanlagen, kommen vor.

In der Detailbetrachtung der dreistelligen Unfalltypen sticht allerdings der Unfalltyp 211 (Abbiege-Unfall, vgl. Abbildung 58) bei Kraftfahrern aller Altersklassen hervor und steht noch vor den dreistelligen Unfalltypen der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle¹⁹. Bei diesem Unfalltyp wird das Vorrangrecht geradeausfahrender Kraftfahrer von wartepflichtigen Linksabbiegern der Gegenrichtung missachtet.

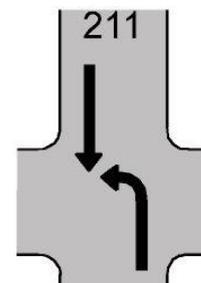


Abbildung 58: Unfalltyp 211

Die wesentlichen Defizite bzw. Sicherheitsrisiken ergaben sich für Kraftfahrer bei Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage vor allem dann, wenn **Linksabbieger signaltechnisch nicht gesichert geführt** wurden. Insbesondere wenn zudem **Orientierungshilfen im Kreuzungsbereich** (Leitlinien, Wartelinien) fehlten oder nicht mehr zu erkennen waren.

Konflikte ergaben sich im Weiteren, wenn **Verflechtungsvorgänge im Kreuzungsbereich** durchgeführt werden mussten, weil z. B.

- Linksabbieger und Geradeausfahrer auf einem Fahrstreifen fahren und die Geradeausfahrer hinter den wartenden Linksabbieger auf den rechten Fahrstreifen – z. T. plötzlich – ausscherten oder
- direkt hinter dem Kreuzungsbereich ein Fahrstreifen des Geradeausverkehrs – bei zwei Fahrstreifen der Zufahrt – eingezogen wurde.

Weitere Konflikte für Kraftfahrer – auch in Verbindung mit nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern – konnten bei Kreuzungen mit Lichtsignalanlage im Zusammenhang mit weit abgesetzten Haltlinien der Zufahrten beobachtet werden, wenn

- ein Grünpfeil (Zeichen 720, vgl. Anlage A 18) angebracht war und Rechtsabbieger bei ROT losfahren, das Signal aber vor Erreichen der einmündenden Straße auf GRÜN (dann auch für die dort wartenden Fußgänger und Radfahrer) umschlug oder wenn
- Linksabbieger eine Zugabezeit erhielten und Geradeausfahrer, die einen gemeinsamen Fahrstreifen mit den Linksabbiegern nutzen durften, während ihrer eigenen Freigabezeit keine ausreichend großen Zeitlücken fanden, um sich in den Geradeausverkehr des rechten Fahrstreifen einordnen zu können aber bereits hinter der LSA warteten und den Kreuzungsbereich erst dann räumten, als die Linksabbieger der Gegenrichtung per grünem Pfeil die Zugabezeit angezeigt bekamen (vgl. Abbildung 59).

¹⁹ Auf Grundlage der Auswertung der dreistelligen Unfalltypen am Beispiel elektronischer Unfalldaten aus Nordrhein-Westfalen (2004 bis 2008).

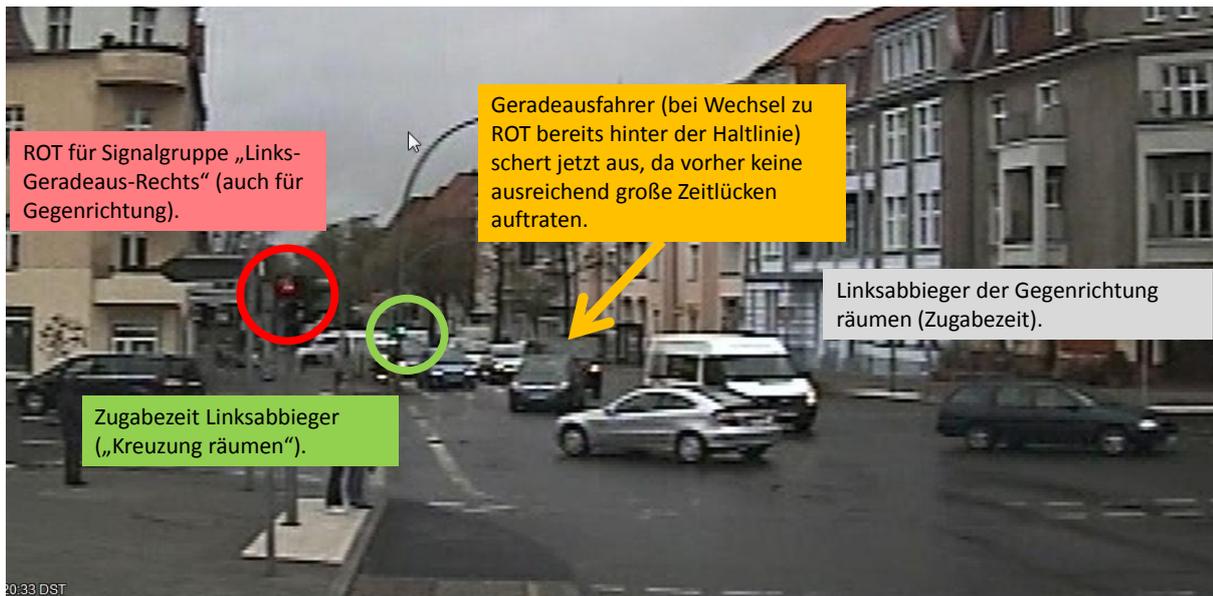


Abbildung 59: Konflikte bei Zugabezeit für Linksabbieger und weit abgesetzter Haltlinie
(Gerlach et al. in Druck)

An Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen konnten insbesondere Defizite im Bereich der **Sichtbeziehungen** festgestellt werden. Hier ist vor allem die durch Bäume, Masten, Randbebauung, Grundstücksmauern oder auch Haltestellen eingeschränkte Anfahrtsicht zu nennen.

Insgesamt wurde das Verhalten von 11.675 Pkw-Fahrern²⁰ beobachtet und ausgewertet. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

In der Gesamtschau zeigt sich, dass Senioren relativ nur wenig mehr Fehler begingen als jüngere Fahrer (Abbildung 60). Die Differenz der Fehleranteile beträgt 2 %. Generell konnte aber auch bei den Kraftfahrern eine hohe Regelkonformität festgestellt werden.

Beim Geradeausfahren²¹ wurden erwartungsgemäß die wenigsten Fehler begangen. In beiden Altersgruppen liegen die Fehler unter den Gesamtzahlen (Abbildung 61). Der relative Fehlerunterschied beträgt 0,2 %. Die Leistung der beiden Altersgruppen ist hier vergleichbar.

Beim Rechtsabbiegen verhielten sich die älteren Kraftfahrer regelkonformer als die 18- bis 64-jährigen Pkw-Fahrer. Das relative Fehlerverhältnis ist genau umgekehrt zu dem des Gesamtergebnisses (Abbildung 62). Die Differenz beträgt aber ebenfalls nur 2 %.

Der größte feststellbare Unterschied ergab sich beim Linksabbiegen. Zwar begingen Senioren keine grundsätzlich anderen Fehler als andere Kraftfahrer, aber im Vergleich zu den 18- bis 64-jährigen Kraftfahrern begingen sie relativ gesehen doppelt so häufig Fehler (Abbildung 63).

²⁰ Zzgl. 740 Pkw-Fahrer an Knotenpunkt 5, bei denen keine Alterseinschätzung bei den Kraftfahrern vorgenommen wurde. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

²¹ Das Verhalten der Geradeausfahrer wurde nicht an allen Knotenpunkten erfasst. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

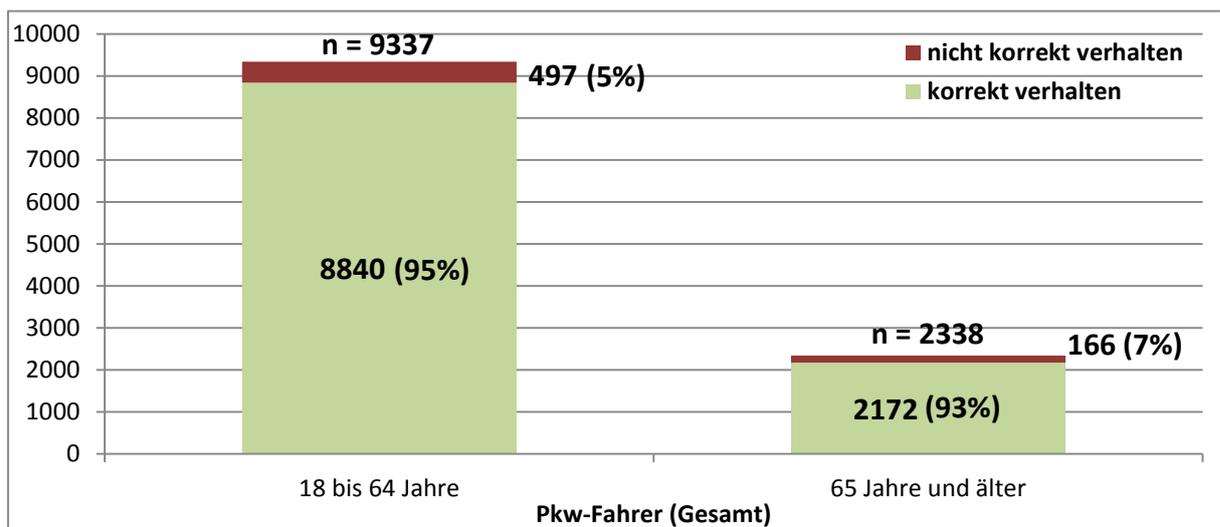


Abbildung 60: Gesamtüberblick Verhalten von Pkw-Fahrern an Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)

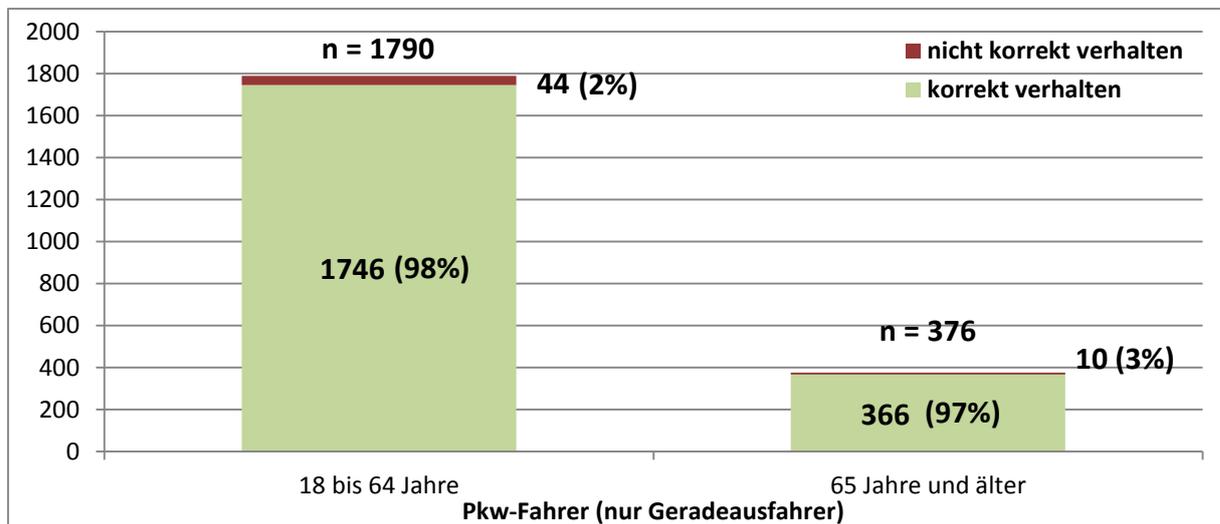


Abbildung 61: Pkw-Fahrer als Geradeausfahrer an den Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)

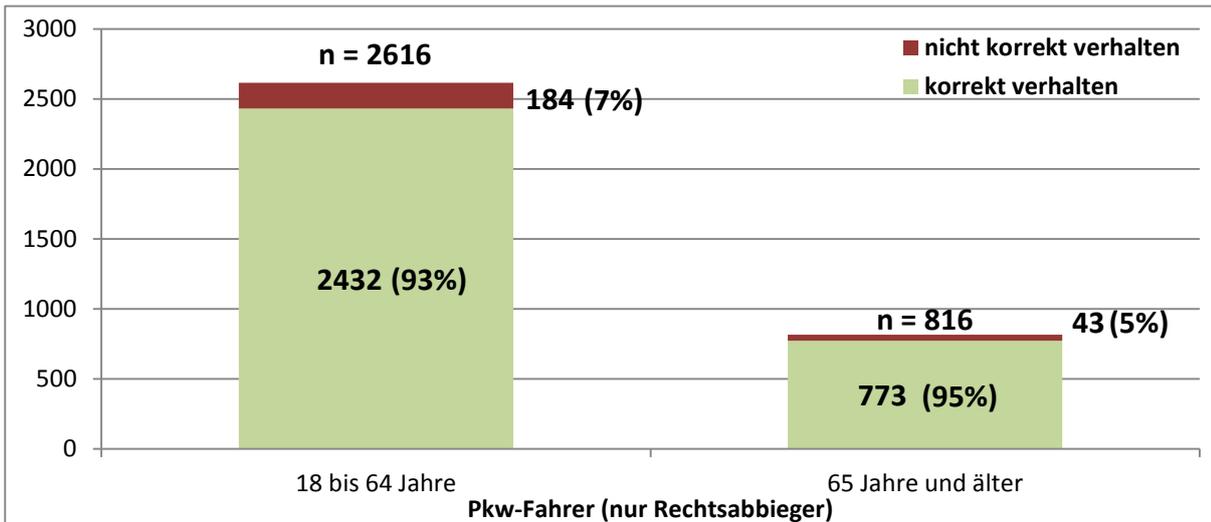


Abbildung 62: Pkw-Fahrer als Rechtsabbieger an den Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)

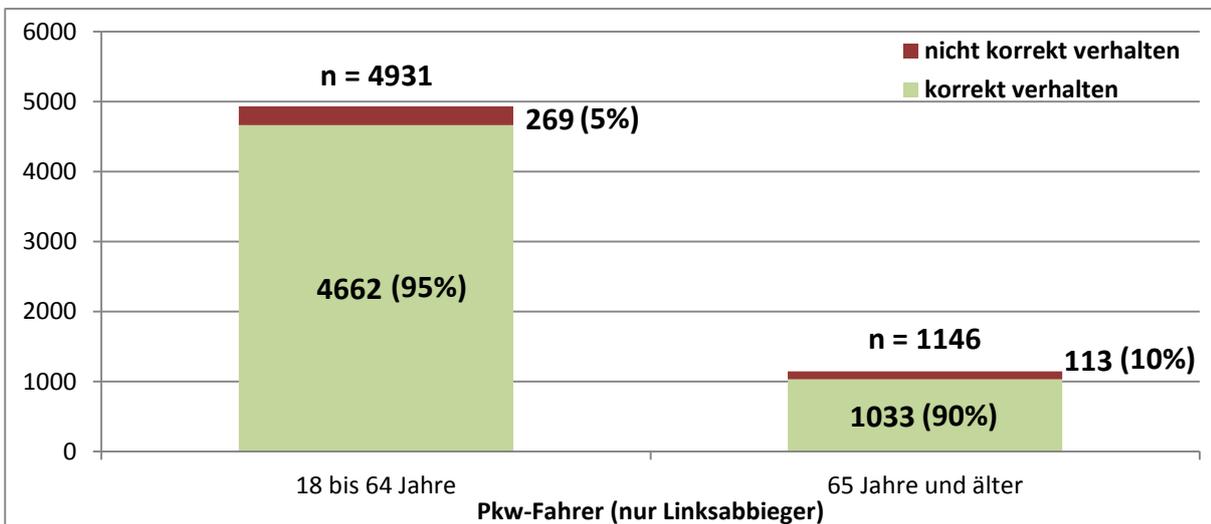


Abbildung 63: Pkw-Fahrer als Linksabbieger an den Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)

7.5 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen – wesentliche Aspekte je Knotenpunktyp

Im Folgenden werden die wesentlichen Defizite und Sicherheitsrisiken tabellarisch je Knotenpunktyp überblicksgebend dargestellt. Darüber hinaus enthält die Tabelle Defizite, die unabhängig vom Knotenpunktyp festgestellt wurden bzw. für weitgehend alle betrachteten Knotenpunkten gelten.

Tabelle 18: Sicherheitsaspekte je Knotenpunktyp

Knotenpunktyp	Defizit bzw. Sicherheitsrisiko
Kreuzung mit Lichtsignalanlage	Signaltechnisch nicht gesichert geführte Linksabbieger
	Fehlende oder nicht mehr erkennbare Orientierungshilfen (Leitlinien, Wartelinien) für Linksabbieger im Kreuzungsbereich
	Verflechtungsvorgänge im Kreuzungsbereich aufgrund der Führung von Linksabbiegern und Geradeausfahrern auf einem Fahrstreifen (bei mehr als einem Fahrstreifen der Zufahrt) oder einer Fahrstreifenubtraktion hinter dem Kreuzungsbereich
	Grünpfeil (Zeichen 720) oder Zugabezeit für Linksabbieger (wenn Linksabbieger und Geradeausfahrer auf einem gemeinsamen Fahrstreifen zugelassen sind) bei weit abgesetzten Haltlinien der Zufahrten
	Lange Wartezeiten für Fußgänger und Radfahrer (insbesondere in der Nähe von Schulen oder Haltestellen des ÖV)
Knotenpunkte (Kreuzung und Einmündungen) mit vorfahrregelnden Verkehrszeichen	Eingeschränkte Sichtbeziehungen, auch eingeschränkte Anfahrtsicht
	Fehlende oder nicht regelwerkskonforme Fußgängerverkehrsanlagen (insbesondere Überquerungsanlagen)
	Nicht erkennbare Radverkehrsfurt im Bereich der einmündenden Straße
	Fehlende Überquerungsanlagen für den Radverkehr (Radfahrer nutzen Überquerungsanlagen des Fußgängerverkehrs oder Rad-/Gehwege entgegen der Fahrtrichtung)
Knotenpunkte allgemein	Eingeschränkte Sichtbeziehungen, auch eingeschränkte Anfahrtsicht
	Fehlende oder nicht regelwerkskonform ausgeführte Radverkehrsanlagen
	Fehlende oder nicht regelwerkskonform ausgeführte Anlagen für Menschen mit besonderer Mobilitätseinschränkung (z. B. Rollator, Kinderwagen) oder Mobilitätsbehinderung (z. B. Menschen mit schwerer Seh- oder Gehbehinderung)
	Die Vorfahrtsregelung (rechtsabbiegender Kraftfahrer ggü. kreuzenden Fußgängern oder Radfahrern) an freien Rechtsabbiegestreifen (mit/ohne FGÜ, Radverkehrsfurt) scheint häufig nicht bekannt zu sein.

7.6 Prototypischen Merkmale/Situationen nach Art der Verkehrsbe- teiligung

Auf Grundlage der durchgeführten Analysen werden im Folgenden die wesentlichen, prototypischen Merkmale/Situationen hinsichtlich der Knotenpunktart, der Verkehrsführung und der verkehrstechnischen und baulichen Einrichtungen sowie die dazu in Verbindung stehenden Verhaltensweisen (vgl. Gerlach et al. in Druck) und/oder Konfliktsituationen wiedergegeben.

Dies erfolgt getrennt für Fußgänger (Tabelle 19), für Menschen mit besonderen Mobilitäts-
einschränkungen oder Mobilitätsbehinderungen (Tabelle 20), für Radfahrer (Tabelle 21) und
für Kraftfahrer (Tabelle 22). Wobei auch Wechselwirkungen bestehen und beispielsweise
Defizite im Kfz-Verkehr zu Konflikten mit anderen Verkehrsteilnehmern führen können.

Die prototypischen Merkmale werden in Tabellenform aufgeführt. Dabei wird den Merkmalen
sowohl das beobachtete Verhalten der Verkehrsteilnehmer als auch die Knotenpunktform, an
der dieses vornehmlich zutraf, gegenübergestellt. Wenn auf Grundlage der zur Verfügung
stehenden Unfalldaten ein Bezug zu bestimmten Unfalltypen festgestellt werden konnte, ist
dies ebenfalls kenntlich gemacht.

Die Belange von Kindern (Fußgänger und Radfahrer) und von Senioren (vornehmlich Kraft-
fahrer, aber auch Fußgänger und Radfahrer) sind im Folgenden berücksichtigt.

Tabelle 19: Prototypische Merkmale/Situationen für Fußgänger (insb. Kinder und Senioren)

Lfd.-Nr.	Merkmale / Situationen	Verhalten / Konflikte	Knotenpunktart / Verkehrsregelung	Bezug zu Unfällen
1	Keine Überquerungsanlage an mehrstreifiger Fahrbahn bei hohen Verkehrsmengen	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicheres Überquerungsverhalten • „Vor- und Zurückgehen“ • Bei längerer Wartezeit werden auch kurze Zeitlücken genutzt, riskante Überquerungsversuche 	Einmündungen (VZ) und Kreuzungen (VZ)	Überschreiten-Unfälle
2	Sichtbeziehungen zwischen Fußgängern und Kfz-Verkehr durch ruhenden Verkehr eingeschränkt	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicheres Überquerungsverhalten • Gefahr insbesondere für Kinder und Rollstuhlfahrer 	Einmündungen (VZ) und Kreuzungen (VZ)	Überschreiten-Unfälle
3	Erkennbarkeit der Überquerungsstelle ist für den Kfz-Verkehr nicht gegeben, wartende Fußgänger werden spät gesehen (Straßenführung, Parken am Fahrbahnrand, keine Beschilderung, Bepflanzung)	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Geschwindigkeiten im Kfz-Verkehr • Z. T. abruptes Abbremsen der Kfz zu beobachten • Unsicheres Überquerungsverhalten der Fußgänger 	Einmündungen (VZ) und Kreuzungen (VZ)	Überschreiten-Unfälle und bedingt Unfälle im Längsverkehr
4	Keine oder nicht ausreichend gesicherte Aufstellfläche für Fußgänger an Überquerung	<ul style="list-style-type: none"> • Ausweichen auf Fahrbahn oder Radverkehrsanlagen • Unkontrolliertes, unvorhersehbares und unsicheres Überquerungsverhalten von Fußgängern 	Einmündungen (VZ) und Kreuzung (VZ und LSA)	Überschreiten-Unfälle
5	Durchmesser Warnsignal (gelbes Blinklicht) an Fußgängerfurten beträgt 200 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Schlechte Wahrnehmbarkeit für Kfz-Verkehr 	Knotenpunkte mit LSA	Kein unmittelbarer Bezug auf Basis der Datengrundlage herstellbar.
6	Fußgängersignalanlagen (Anforderungssignalanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> • Werden gut angenommen, wenn Anforderungsdauer kurz ist, trotz einzelner „Rotläufer“. 	Knotenpunkte mit VZ	Unabhängig vom Unfallgeschehen.

Tabelle 20: Prototypische Merkmale/Situationen für Menschen mit besonderen Mobilitäts-einschränkungen oder Mobilitätsbehinderungen

Lfd.-Nr.	Merkmale / Situationen	Verhalten / Konflikte	Knotenpunktart / Verkehrsregelung	Bezug zu Unfällen
1	Keine Überquerungsbereiche mit Nullabsenkung vorhanden	<ul style="list-style-type: none"> Menschen mit Rollatoren und Rollstühlen weichen auf Radverkehrsanlagen (z. T. auch auf die Fahrbahn) aus 	Alle	Abbiege-Unfälle und Einbiegen/Kreuzen-Unfälle
2	Bord mit 3 cm Auftritt	<ul style="list-style-type: none"> Menschen mit Rollatoren und Rollstuhlfahrer haben auch bei 3 cm Bordhöhe z. T. erhebliche Probleme, dieses Hindernis zu überwinden 	Alle	Bedingter Bezug auf Basis der Datengrundlage herstellbar.
3	Keine oder unzureichende Anlagen für blinde und sehbehinderte Menschen	<ul style="list-style-type: none"> Wurde an nahezu allen Knotenpunkten, zumeist keine Neubauten, festgestellt. Konflikte konnten allerdings nicht beobachtet werden (kaum blinde oder sehbehinderte Menschen beobachtet) 	Alle	Kein Bezug auf Basis der Datengrundlage herstellbar.

Tabelle 21: Prototypische Merkmale/Situationen für Radfahrer (insb. Kinder und Senioren)

Lfd.-Nr.	Merkmale / Situationen	Verhalten / Konflikte	Knotenpunktart / Verkehrsregelung	Bezug zu Unfällen
1	Erkennbarkeit der Radverkehrsfurt an einmündenden Straßen ist nicht gegeben	<ul style="list-style-type: none"> • Einbiegende und kreuzende Kraftfahrer fahren zügig bis an den Fahrbahnrand und warten auf den Bereichen der Radverkehrsfurt 	Einmündungen (VZ) und Kreuzungen (VZ)	Einbiegen/Kreuzen-Unfälle
2	Nicht regelkonform gestaltete und/oder dimensionierte Radverkehrsanlagen (z. B. Aufstellflächen für indirekte Linksabbieger fehlen, zu geringe Breiten bei Radfahrstreifen, überlagernde Wegebeziehungen)	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung von Radfahrern durch überholende und abbiegende Kfz • Anlagen werden von Radfahrern zum Teil nicht genutzt • Radfahrer weichen auf die (sichereren) Anlagen für Fußgänger aus • Behinderung/Konflikte mit Fußgängern 	Alle	Bedingter Bezug zu Abbiege- und Einbiegen/Kreuzen-Unfällen, vor allem, wenn Radfahrer auf Gehwege ausweichen und Kraftfahrer hier nicht mit Radfahrern rechnen.
3	Nicht ausreichende und/oder sich überlagernde Aufstellflächen für Radfahrer und Fußgänger	<ul style="list-style-type: none"> • Gegenseitige Behinderung. Allerdings keine Konflikte beobachtet, da die Radfahrer, insbesondere bei hoher Passantendichte sich zumeist defensiv verhalten 	Alle	Kein Bezug auf Basis der Datengrundlage herstellbar.
4	Radwegenetz (Straßenzug) ohne ausreichende Überquerungsmöglichkeiten für Radfahrer	<ul style="list-style-type: none"> • Radfahrer auf Einrichtungsradwegen entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung • Radfahrer nutzen Gehwege (in beiden Fahrtrichtungen) 	Alle	Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (insbesondere Typ 342)

Tabelle 22: Prototypische Merkmale/Situationen für Kraftfahrer (insb. Senioren)

Lfd.-Nr.	Merkmale / Situationen	Verhalten / Konflikte	Knotenpunktart / Verkehrsregelung	Bezug zu Unfällen
1	Nicht gesichert geführte Linksabbieger	<ul style="list-style-type: none"> Schwierigkeiten für Ältere und Jüngere gleichermaßen 	Kreuzung (LSA und VZ)	Abbiege-Unfälle (Typ 211)
2	Keine Orientierungshilfen für Linksabbieger (Leitlinie, Wartelinie) im Kreuzungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> Ungeordnete Aufstellpositionen (auch für nMIV problematisch) Nebeneinanderaufstellung („Doppelabbieger“) „Unsicheres Vorziehen“ „Vortaster“ 	Kreuzung (VZ und LSA bei signaltechnisch nicht gesichert geführten Linksabbieger)	Abbiege-Unfälle
3	Sichtbehinderung (für Linksabbieger) durch Begrünung auf Mittelstreifen (oder Verkehr der Gegenrichtung)	<ul style="list-style-type: none"> Schwierigkeiten für Jüngere wie Ältere gleichermaßen 	Kreuzung (VZ und LSA bei signaltechnisch nicht gesichert geführten Linksabbieger)	Abbiege-Unfälle
4	Eingeschränkte Anfahrtsicht, z. B. durch Baumreihe, Hecken oder ruhenden Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> Vorziehen in den Kreuzungsbereich, z. T. auf Radfahrstreifen Unsicheres Anfahren 	Einmündung (VZ) und Kreuzung (VZ)	Einbiegen/Kreuzen-Unfälle
5	Links abbiegender und geradeaus fahrender Verkehr auf einem Fahrstreifen bei mehr als einem Fahrstreifen für Geradeausfahrer in der Zufahrt	<ul style="list-style-type: none"> Nachfolgende Verkehrsteilnehmer scheren nach rechts (auch auf Radfahrstreifen/Schutzstreifen) aus Besondere Gefährdung bei Zugabezeit für Linksabbieger wenn Geradeausverkehr (der Gegenrichtung) noch räumen muss Schwierigkeiten für Ältere und Jüngere gleichermaßen Benötigt viel Aufmerksamkeit 	Kreuzung (LSA und VZ)	Unfälle im Längsverkehr und bedingt Abbiege-Unfälle
6	Fahrstreifenreduktion hinter Kreuzungsbereich bei 2 oder mehr Fahrstreifen des zufahrenden Geradeausverkehrs	<ul style="list-style-type: none"> Risikante Verflechtungsvorgänge im Kreuzungsbereich Plötzliches Ausscheren der Geradeausfahrer nach rechts 	Kreuzung (LSA)	Unfälle im Längsverkehr
7	Grünpfeil (StVO-Zeichen 720, vgl. Anlage A 18), insbesondere bei weit abgesetzter Haltlinie	<ul style="list-style-type: none"> Verhalten der Verkehrsteilnehmer oft nicht StVO-konform Wird von Jüngeren und Älteren gleichermaßen missachtet Gefährdung von Radfahrern und Fußgängern an „paralleler“ Furt 	Kreuzung (LSA)	Abbiege-Unfälle
8	Lange, gerade Straßenflucht der Hauptachse	<ul style="list-style-type: none"> Subjektive Einschätzung: zu hohe Geschwindigkeiten Spätes, z. T. abruptes Abbremsen an Fußgänger-Überquerungsanlage 	Kreuzung (VZ)	Überschreiten-Unfälle und Unfälle im Längsverkehr

7.7 Fazit zu den Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen

Ziel der Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen war es, Gefährdungspotenziale an Knotenpunkten, insbesondere für Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen, zu identifizieren und somit Situationen, die vor allem für die betrachteten Gruppen an Knotenpunkten komplex sind.

Einige bereits bekannte Einflussfaktoren, die zu einer Gefährdung gerade auch von „schwächeren Verkehrsteilnehmern“ führen, konnten sicher verifiziert werden. Zudem konnten auch erweiterte Erkenntnisse, insbesondere zum Verhalten älterer Pkw-Fahrer, aufgezeigt werden.

Maßgebende Defizite der Verkehrsinfrastruktur wurden vorwiegend im Bereich fehlender bzw. eingeschränkter Sichtbeziehungen, fehlender Überquerungsanlagen sowie der nicht regelwerkskonformen Ausführung von Verkehrsanlagen, insbesondere Radverkehrsanlagen, festgestellt.

Generell wurde bei allen Verkehrsteilnehmern eine hohe Regelkonformität beobachtet. Schwere Verstöße gegen die allgemeinen Verkehrsregeln der StVO konnten nur selten festgestellt werden. Kinder begingen in der Tendenz mehr Fehler als Fußgänger und Radfahrer anderer Altersgruppen. Sie sind im Besonderen auf eine ausreichend sichere Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur sowie auf die Rücksicht der erwachsenen Verkehrsteilnehmer angewiesen, um – in Begleitung – genügend Erfahrungen sammeln zu können, bis sie selber „mit ca. 8 - 10 Jahren zu Fußgängern und mit ca. 13 - 15 Jahren zu Radfahrern [werden], die mit den täglichen Anforderungen des Straßenverkehrs einigermaßen sicher umgehen können“ (Limbourg 2001, ohne Seitenangabe). Senioren hatten als Kraftfahrer vornehmlich Schwierigkeiten beim Linksabbiegen an nicht signalisierten Knotenpunkten oder bei einer bedingt verträglichen Führung. So konnten die Verhaltensbeobachtungen belegen, dass Senioren beim Linksabbiegen grundlegend zwar keine anderen Fehler als Kraftfahrer anderer Altersgruppen begingen, verhältnismäßig aber mehr Fehler beim Linksabbiegen machten. Dies kann mit den z. T. nachlassenden kognitiven Fähigkeiten zusammenhängen (vgl. Abschnitt 3.3). Wenn viele Aspekte (u. a. Kfz-Gegenverkehr, bedingt verträglich geführte Fußgänger und Radfahrer) in kurzer Zeit beachtet werden mussten, gleichzeitig Orientierungshilfen (Leit- und Wartelinien) fehlten oder nicht mehr erkennbar waren, die Situation somit komplex war, war es für ältere Kraftfahrer schwieriger, regelkonform links abzubiegen, als für Kraftfahrer anderer Altersgruppen. Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung, insbesondere Menschen mit Rollatoren, Kinderwagen oder Rollstuhlnutzer, zeigten vor allem beim Überqueren der Straße Unsicherheiten, wenn Nullabsenkungen fehlten und sie dadurch auf Verkehrsanlagen des Radverkehrs oder die Fahrbahn ausweichen mussten, was wiederum die Komplexität auch für andere Verkehrsteilnehmer erhöht, da sie damit nicht rechnen. (vgl. Gerlach et al. in Druck)

Grundlegend konnte mit den Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen auch das Verfahren zur Bestimmung der Komplexität bestätigt werden. Knotenpunkte, die vergleichsweise als komplex eingestuft wurden (vgl. Kapitel 6), zeigten mehrheitlich auch die meisten (schwerwiegendsten) Defizite bzw. wurden an diesen Knotenpunkten auch die meisten Schwierigkeiten für Verkehrsteilnehmer beobachtet. Allerdings bezogen sich die Konflikte (komplexen Situationen) i. d. R. nicht auf den gesamten Knotenpunkt. Oft konzentrierten sie sich auf bestimmte Verkehrsbeteiligungsarten (z. B. Radfahrer) oder auf Teilbereiche bzw. Situationen am Knotenpunkt (z. B. Überquerung, Linksabbiegen, Einbiegen/Kreuzen).

Im Wesentlichen ergeben sich aus den Untersuchungen die in Tabelle 23 genannten Aspekte, die besonders sicherheitsrelevant für die Zielgruppen sind bzw. Einfluss auf die Komplexität nehmen. Viele Anforderungen, die sich daraus an die Gestaltung von Knotenpunkten ergeben, gelten für alle betrachteten Gruppen und auch für alle übrigen Verkehrsteilnehmer. So tragen u. a. die Einhaltung der Sichtbeziehungen und die Schaffung sicherer Überquerungsanlagen nicht nur, aber im Besonderen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit für Kinder und auch für Rollstuhlfahrer bei. Klare Regelungen im Kreuzungsbereich (gesicherte Führung von Linksabbiegern, Führungslinien, Trennung des Links- und Geradeausverkehrs) unterstützen besonders ältere Kraftfahrer, bieten aber zugleich auch mehr Sicherheit für Kraftfahrer aller Altersklassen.

Tabelle 23: Wesentliche Kennzeichen der Komplexität / Gefährdungspotenziale für intendierte Zielgruppen

Kennzeichen (prototypische Situation)	Bezug zu den Merkmalen der Komplexität vor allem für...	besonders relevant für...		
		Kinder	Senioren	Mobilitätseingeschränkte
Einhaltung der Sichtbeziehung auf Überquerungsstellen / Erkennbarkeit von Überquerungsstellen	Intransparenz	+	(+)	+ ²²
Schaffung von Überquerungsanlagen bei bestimmten Randbedingungen ²³	Umgebung, Vernetztheit, Eigendynamik, Zeitdruck	+	+	+
Regelkonforme Ausführung von Fußgängerüberquerungsanlagen	Umgebung, Vernetztheit, Eigendynamik	+	(+)	+ ²⁴
Regelkonforme Ausführung von Radverkehrsanlagen	Vernetztheit, Eigendynamik	+	+	
Gesicherte Führung von Kfz-Linksabbiegern	Intransparenz, Zeitdruck, Eigendynamik		+	
Einhaltung der Anfahrtsichtweiten an nicht signalisierten Knotenpunkten	Intransparenz		+	
Führungshilfen (Leitlinien, Wartelinien) für Kfz-Linksabbieger im Kreuzungsbereich an nicht signalisierten Knotenpunkten bzw. bei nicht gesichert geführten Linksabbiegern	Intransparenz, Eigendynamik, Handlungsmöglichkeiten		+	
Vermeidung von Verflechtungsvorgängen im Knotenpunktbereich ²⁵	Intransparenz, Eigendynamik, Handlungsmöglichkeiten		+	

²² Insbesondere für Rollstuhlfahrer

²³ z. B. hohe Verkehrsmengen, in der Nähe von Haltestellen des ÖPNV oder im Bereich von Schulwegen (vgl. auch einschlägige Entwurfsregelwerke)

²⁴ Berücksichtigung verschiedener Belange: Nullabsenkung („rollende“ Fußgänger), Kante /taktile Elemente (blinde Menschen), kontrastreiche Ausführung (Menschen mit einer Sehbehinderung)

²⁵ z. B. bedingt durch Fahrstreifenabstraktion hinter dem Knotenpunktbereich oder gemeinsamer Führung von Linksabbiegern und Geradeausfahrern bei mehr als einem Fahrstreifen für Geradeausfahrer

8 Mikroskopische Komplexitätsbetrachtungen: Untersuchung bestimmter Situationen an Knotenpunkten insbesondere aus Sicht von Kindern (Fußgängern) und Senioren (Kraftfahrern) hinsichtlich des Unfallgeschehens und der Komplexität

8.1 Vorüberlegungen

Die Komplexitätsbetrachtungen (vgl. Kapitel 5 und 6) haben unter anderem die Frage aufgeworfen, ob die Bestimmung eines Gesamtkomplexitätsgrades für Knotenpunkte geeignet ist, einen belastbaren Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen herzustellen. Oder, ob es nicht eher bestimmte Situationen an Knotenpunkten sind, die im Detail betrachtet werden müssen und die Einfluss auf das Unfallgeschehen nehmen können.

Die Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen (vgl. Kapitel 7 und die Anlagen A 7 bis A 10) deuten darauf hin. Es gibt Knotenpunkte mit sehr heterogenem Unfallgeschehen, aber ebenso Knotenpunkte, an denen sich bestimmte Unfalltypen bzw. Unfallsituationen häufen. Z. T. konzentrieren sich diese nur auf einen oder wenige Teilbereiche des Knotenpunktes. Zudem kommt, dass die Gegebenheiten an Knotenpunkten, aufgrund der baulichen oder verkehrstechnischen Gestaltung, variieren können. Oder, dass durch ihre Gestaltung im Prinzip vergleichbare Knotenpunkte, aufgrund verschiedener, z. T. sehr spezieller Randbedingungen, andere Risiken bzw. Gefährdungspotenziale unterschiedlicher Ausprägung hervorrufen.

Somit sollen im Folgenden bestimmte Situationen an Knotenpunkten untersucht werden, für die ein spezifischer Komplexitätsgrad bestimmt wird. Diesem Komplexitätsgrad werden die für diese Situation relevanten Unfälle gegenübergestellt.

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen konnten prototypische Merkmale/Situationen festgestellt werden, die Sicherheitsrisiken, insbesondere für die Zielgruppen der Untersuchung, bergen (vgl. Abschnitt 7.6). Besondere Schwierigkeiten ergaben sich

- beim Linksabbiegen (ältere Kraftfahrer) und
- beim Überqueren der Fahrbahn (Kinder).

Neben dem Einbiegen und Kreuzen stellt das Linksabbiegen an Knotenpunkten ohne signaltechnischen Schutz für alle Verkehrsteilnehmer eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Kraftfahrer aller Altersklassen begingen prinzipiell die gleichen Fehler (vgl. Abschnitt 7.4.4); relativ gesehen begingen Senioren allerdings mehr Fehler beim Linksabbiegen als Fahrer anderer Altersgruppen. Kinder waren besonders beim Überqueren der Fahrbahn gefährdet und machten dabei relativ mehr Fehler als Verkehrsteilnehmer anderer Altersgruppen (vgl. Abschnitt 7.4.1).

Für beide Situationen werden im Folgenden die Kennzeichen und Merkmale der Komplexität differenziert dargestellt. Der ermittelte, für die jeweilige Situation spezifische, Komplexitätsgrad, wird dem relevanten Unfallgeschehen gegenüber gestellt. Ein möglicher Zusammenhang wird untersucht.

8.2 Komplexität beim Linksabbiegen – Ausgangssituationen

Tabelle 24 listet die Situationen des Linksabbiegens an den 15 Knotenpunkten auf, die näher untersucht werden. Eine Darstellung in Planskizzen kann der Anlage A 11 entnommen werden.

Generell wird jede mögliche Linksabbiegesituation betrachtet. An den Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen jedoch nur das Linksabbiegen von der Haupt- in die Nebenachsen. Hier stellt das Linkseinbiegen aus den Nebenachsen eine besondere Situation dar, da Konflikte mit kreuzenden, vorfahrtberechtigten Verkehrsteilnehmern beachtet werden müssen. Zum Knotenpunkt KP11 liegen ausschließlich Unfalllisten vor. Eine genaue Verortung der Unfälle ist an diesem Knotenpunkt nicht möglich. Er wird daher im Folgenden nicht betrachtet. Insgesamt werden 35 Linksabbiegesituationen hinsichtlich ihrer Komplexität beurteilt.

Zur Bildung der Unfallkenngrößen werden nur die Unfälle herangezogen, die im Zusammenhang mit der jeweiligen Linksabbiegesituation stehen. Die Unfalldiagramme können den Anlagen A 7 bis A 10 entnommen werden. Im Weiteren werden für die Unfallraten und Unfallkostenraten nur die folgenden Kfz-Verkehrsmengen der jeweiligen Situation zugrunde gelegt:

- Kfz-Linksabbieger und
- alle relevanten Kfz-Mengen der Gegenrichtung (Rechtsabbieger, Geradeausfahrer, Linksabbieger und ggf. Wender).

Tabelle 24: Komplexität beim Linksabbiegen - Situationen

Lfd.-Nr.	Knotenpunkt	Linksabbiegesituation	von Arm - nach Arm	Knotenpunkttyp	Verkehrsregelung
1	KP01	KP01_1	1-4	Kreuzung	LSA
2	KP01	KP01_2	2-1	Kreuzung	LSA
3	KP01	KP01_3	3-2	Kreuzung	LSA
4	KP01	KP01_4	4-3	Kreuzung	LSA
5	KP02	KP02_1	1-4	Kreuzung	LSA
6	KP02	KP02_2	2-1	Kreuzung	LSA
7	KP02	KP02_3	3-2	Kreuzung	LSA
8	KP03	KP03_1	1-4	Kreuzung	LSA
9	KP03	KP03_2	3-2	Kreuzung	LSA
10	KP04	KP04_1	1-4	Kreuzung	LSA
11	KP04	KP04_2	2-1	Kreuzung	LSA
12	KP04	KP04_3	3-2	Kreuzung	LSA
13	KP04	KP04_4	4-3	Kreuzung	LSA
14	KP05	KP05_1	2-1	Kreuzung	LSA
15	KP06	KP06_1	3-2	Kreuzung	LSA
16	KP07	KP07_1	1-5	Kreuzung	LSA
17	KP07	KP07_2	2-1	Kreuzung	LSA
18	KP07	KP07_3	3-2	Kreuzung	LSA
19	KP07	KP07_4	5-3	Kreuzung	LSA
20	KP08	KP08_1	1-4	Kreuzung	LSA
21	KP08	KP08_2	2-1	Kreuzung	LSA
22	KP08	KP08_3	3-2	Kreuzung	LSA
23	KP08	KP08_4	4-3	Kreuzung	LSA
24	KP09	KP09_1	1-4	Kreuzung	LSA

Lfd.-Nr.	Kontenpunkt	Linksabbiegesituation	von Arm - nach Arm	Knotenpunkttyp	Verkehrsregelung
25	KP09	KP09_2	2-1	Kreuzung	LSA
26	KP09	KP09_3	3-2	Kreuzung	LSA
27	KP09	KP09_4	4-3	Kreuzung	LSA
28	KP10	KP10_1	2-1	Kreuzung	VZ
29	KP10	KP10_2	4-3	Kreuzung	VZ
30	KP12	KP12_1	1-4	Kreuzung	VZ
31	KP12	KP12_2	3-2	Kreuzung	VZ
32	KP13	KP13_1	1-4	Kreuzung	VZ
33	KP13	KP13_2	3-2	Kreuzung	VZ
34	KP14	KP14_1	2-1	Einmündung	VZ
35	KP15	KP15_1	3-2	Einmündung	VZ

8.2.1 Merkmale und Kennzeichen der Komplexität und Ermittlung der Komplexitätsgrade

Zur Ermittlung der Komplexitätsgrade werden verschiedene Kennzeichen beurteilt, die Einfluss auf die Ausprägung der Merkmale nehmen können (vgl. Abschnitt 2.3).

Alle Kennzeichen werden gestuft auf einer Skala von 0 bis 10 hinsichtlich ihrer Ausprägung (Komplexität) beurteilt und den Merkmalen zugewiesen. Die Tabelle 25 führt die insgesamt 14 Kennzeichen und ihre Relevanz für die Merkmale auf, die sich aus den Erkenntnissen der Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen ergeben bzw. den Festlegungen aus Abschnitt 6.5 folgen. Das Merkmal „Zielpluralität“ ist hier nicht belegt, da es im Rahmen der Untersuchung vor allem Situationen und Konflikte mit bzw. aus Sicht von Fußgängern beschreibt.

Die Kennzeichen werden in diesem Schritt keinen zusammenfassenden Bereichen zugewiesen. Sie basieren auf den prototypischen Merkmalen/Situationen, die im Rahmen der Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen festgestellt wurden (vgl. Abschnitt 7.6). Die Beurteilung der Ausprägung der Kennzeichen erfolgt gemäß den Festlegungen aus Tabelle 26.

Der Komplexitätsgrad wird, wie in Abschnitt 2.4 beschrieben, auf Basis der anteiligen Ausprägungen ermittelt.

Tabelle 25: Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Linksabbiegen – Relevanz der Kennzeichen für die Merkmale

Nr.	Kennzeichen	Merkmale und Relevanz des Kennzeichens für das Merkmal						
		Umgebung	Vernetztheit	Intransparenz	Eigendynamik	Zeitdruck	Zielpluralität	Umfang der Handlungsmöglichkeiten
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1	Umfeldnutzung	2	1				Merkmal nicht abbildbar	
2	Achsengeometrie (Sichtbeziehungen)			2				
3	Mitteltrennung Fahrbahn (Sichtbeziehungen)			2				
4	Mitteltrennung Fahrbahn (Wenden)		2	2	1			1
5	Führung der Kfz-Linksabbieger		2	2	1			1
6	Anzahl Fahrstreifen der bevorrechtigten Fahrzeugströme der Gegenrichtung		1	2		1		
7	Anordnung der Linksabbiegestreifen beider Fahrtrichtungen			2				
8	Berücksichtigung/Erkennen des Radverkehrs beim Linksabbiegen		1	1				
9	Berücksichtigung/Erkennen des Fußgängerverkehrs beim Linksabbiegen		1	1				
10	Hilfssignale			1				
11	Verkehrsmengen der Linksabbieger		1	2		1		
12	Kfz-Verkehrsmengen der Gegenrichtung		1	2		1		
13	Verkehrsmengen relevanter Radverkehrsströme		1	2		1		
14	Verkehrsmengen relevanter Fußgänger verkehrsströme (Überquerungen)		1	2		1		
<p>Erläuterungen: Ein Kennzeichen ist relevant für ein Merkmal (Wert 2, grün hinterlegt), bedingt relevant (Wert 1, gelb hinterlegt) oder nicht relevant (Wert 0, rot hinterlegt).</p>								

Tabelle 26: Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Linksabbiegen – Kennzeichen und ihre Differenzierung in Kennwerte

Nr.	Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert
1	Umfeldnutzung	keine Umfeldnutzung	0
		hauptsächlich Wohnen	3
		Wohnen und/oder (Klein-)Gewerbe	5
		Wohnen, Büro und/oder wenig Einzelhandel	7
		Wohnen, Büro und/oder Einzelhandel	10
2	Achsengeometrie (Sichtbeziehungen)	signaltechnisch gesicherte Führung / Achsen schneiden sich unter einem Winkel von 80-120 gon (Verkehrsteilnehmer stehen sich gegenüber) / Gegenrichtung ist für Linksabbieger einzusehen	0
		Achsen schneiden sich unter einem Winkel von 80-120 gon (Verkehrsteilnehmer stehen sich gegenüber) / Geradeausverkehr der Gegenrichtung kommt aber aus Kurvenlage und ist für Linksabbieger schwer einzusehen	3
		Zufahrt des Linksabbiegers oder der Gegenrichtung schließt nicht im Winkel zwischen 80-120 gon an (Gegenrichtung ist für Linksabbieger schwer einzusehen)	7
		Beide Zufahrten (Linksabbieger und Gegenverkehr) schließen nicht im Winkel zwischen 80-120 gon an und sind einander im spitzen Winkel zugewandt (Gegenrichtung ist für Linksabbieger kaum oder gar nicht einzusehen)	10
3	Mitteltrennung Fahrbahn (Sichtbeziehungen)	signaltechnisch gesicherte Führung / keine Sichtbehinderungen	0
		Sichtbehinderung für Linksabbieger auf Verkehr der Gegenrichtung infolge Mitteltrennung (z. B. Bewuchs, Haltestellen)	10
4	Mitteltrennung Fahrbahn (Wenden)	Wenden unterbunden / nicht erlaubt	0
		Wenden möglich / erlaubt (Wender und Linksabbieger können sich <u>nicht</u> nebeneinander im Kreuzungsbereich aufstellen)	5
		Wenden möglich / erlaubt (Wender und Linksabbieger können sich nebeneinander im Kreuzungsbereich aufstellen)	10
5	Führung der Kfz-Linksabbieger	signaltechnisch gesicherte Führung / keine Relevanz	0
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf eigenem Fahrstreifen in der Zufahrt, mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	3
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf eigenem Fahrstreifen in der Zufahrt, ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	5
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf Mischfahrstreifen in der Zufahrt, mit Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	7
		signaltechnisch nicht gesicherte Führung (auf Mischfahrstreifen in der Zufahrt, ohne Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich)	10
6	Anzahl Fahrstreifen der bevorzugten Fahrzeugströme der Gegenrichtung	signaltechnisch gesicherte Führung	0
		1 Fahrstreifen (1 möglicher Konfliktpunkt)	3
		2 Fahrstreifen (2 mögliche Konfliktpunkte)	7
		3 oder mehr Fahrstreifen (3 oder mehr mögliche Konfliktpunkte)	10

Nr.	Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert
7	Anordnung der linksabbiegenden Ströme beider Fahrtrichtungen	signaltechnisch gesicherte Führung	0
		Linksabbieger der beiden Gegenrichtungen laufen vor Kopf aufeinander zu (LSA-Knotenpunkt) / eigener Linksabbiegestreifen (VZ-Knotenpunkt)	5
		Linksabbieger der beiden Gegenrichtungen sind seitlich zueinander versetzt angeordnet (LSA-Knotenpunkt) / kein eigener Linksabbiegestreifen (VZ-Knotenpunkt)	10
8	Berücksichtigung/Erkennen des Radverkehrs beim Linksabbiegen	signaltechnisch gesicherte Führung / keine Berücksichtigung erforderlich	0
		(rot) eingefärbte Radverkehrsfurt	3
		nicht eingefärbte Radverkehrsfurt	7
		Radverkehr der Gegenrichtung im Mischverkehr oder weit abgesetzte Radverkehrsfurt	10
9	Berücksichtigung/Erkennen des Fußgängerverkehrs beim Linksabbiegen	signaltechnisch gesicherte Führung / keine Berücksichtigung erforderlich	0
		Fußgängerüberquerungsanlage an Nebenarm	5
		weit abgesetzte oder keine Fußgängerüberquerungsanlage an Nebenarm	10
10	Hilfssignale	signaltechnisch gesicherte Führung / keine Berücksichtigung erforderlich / kein LSA-Knotenpunkt	0
		Hilfssignal (300 mm Durchmesser)	3
		Hilfssignal (200 mm Durchmesser)	7
		kein Hilfssignal	10
11	Verkehrsmengen der Linksabbieger	Kennwert 0 ist nicht vergeben, da mindestens geringes Aufkommen betrachtet wird	0
		geringes Aufkommen (< 500 Kfz/24h)	3
		mittleres Aufkommen (≥ 500 Kfz/24h)	5
		hohes Aufkommen (≥ 1.000 Kfz/24h)	7
		sehr hohes Aufkommen (≥ 2.000 Kfz/24h)	10
12	Kfz-Verkehrsmengen der Gegenrichtung	signaltechnisch gesicherte Führung / kein Gegenverkehr oder keine Berücksichtigung erforderlich	0
		geringes Aufkommen (< 1000 Kfz/24h)	3
		mittleres Aufkommen (≥ 1.000 Kfz/24h)	5
		hohes Aufkommen (≥ 5.000 Kfz/24h)	7
		sehr hohes Aufkommen (≥ 10.000 Kfz/24h)	10
13	Verkehrsmengen relevanter Radverkehrsströme	signaltechnisch gesicherte Führung / kein Radverkehr oder keine Berücksichtigung erforderlich	0
		geringes Radverkehrsaufkommen (< 10 Rad/2h)	3
		mittleres Radverkehrsaufkommen (≥ 10 Rad/2h)	5
		hohes Radverkehrsaufkommen (≥ 30 Rad/2h)	7
		sehr hohes Radverkehrsaufkommen (≥ 70 Rad/2h)	10
14	Verkehrsmengen relevanter Fußgängerverkehrsströme (Überquerungen)	signaltechnisch gesicherte Führung / kein Fußgängerverkehr oder keine Berücksichtigung erforderlich	0
		geringes Fußgängerverkehrsaufkommen (< 100 Fg/2h)	3
		mittleres Fußgängerverkehrsaufkommen (≥ 100 Fg/2h)	5
		hohes Fußgängerverkehrsaufkommen (≥ 250 Fg/2h)	7
		sehr hohes Fußgängerverkehrsaufkommen (≥ 500 Fg/2h)	10

8.2.2 Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und der Komplexität beim Linksabbiegen

Im Folgenden wird ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und den ermittelten Komplexitätsgraden in Hinblick auf das Linksabbiegen an Knotenpunkten untersucht. Die Unfallkenngrößen sind zu besserer Übersicht auf die Dimension 1 bezogen und werden ohne Einheit angegeben. Der Wert 1 entspricht dem maximalen Wert der jeweiligen Unfallkenngröße je Betrachtungssituation.

In der Gesamtbetrachtung aller Komplexitätsgrade zum jeweiligen Unfallgeschehen lässt sich auch in dieser spezifischen Betrachtung keine belastbare Abhängigkeit ausmachen. Alle Unfallkenngrößen zeigen Spitzen, die unabhängig vom Komplexitätsgrad auftreten (Abbildung 64 und Abbildung 65). Im Weiteren zeigen sich mehrere Knotenpunkte mit einem vergleichbaren Komplexitätsgrad, die gar keine Unfälle im Zusammenhang mit dem Linksabbiegen aufweisen. Die in Abschnitt 6.7 festgestellte Tendenz, dass die UKD und UKR an Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen mit zunehmender Komplexität steigt, ist hier nur eingeschränkt festzustellen (Abbildung 66).

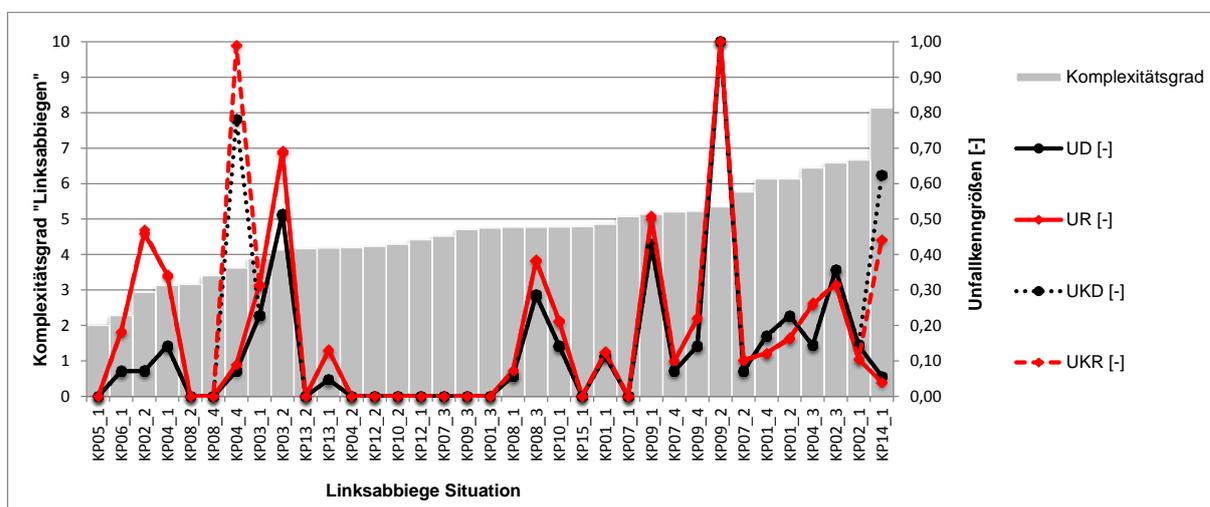


Abbildung 64: Komplexitätsgrad „Linksabbiegen“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 35)

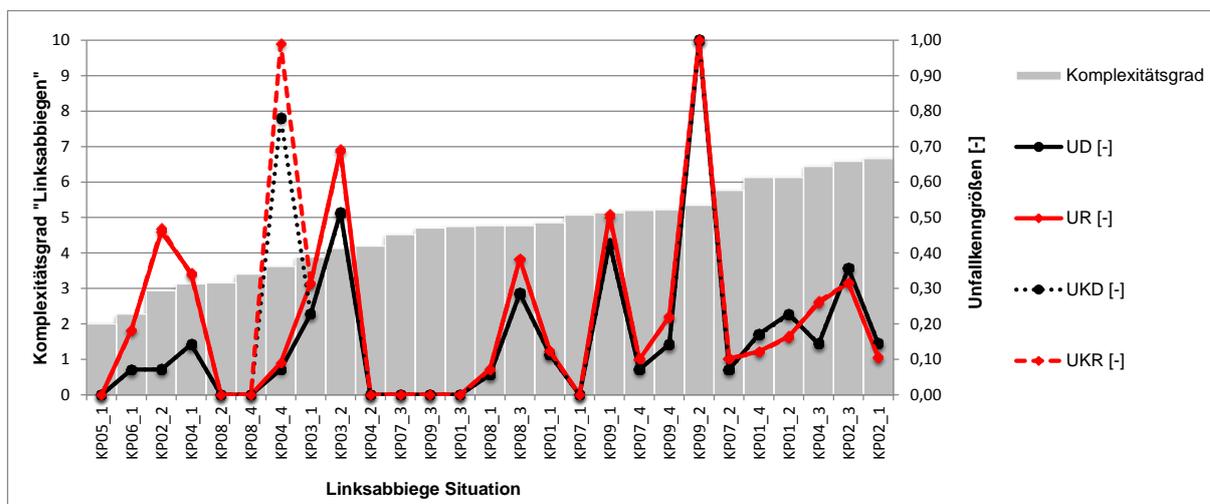


Abbildung 65: Komplexitätsgrad „Linksabbiegen“ an LSA-Knotenpunkten zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 27)

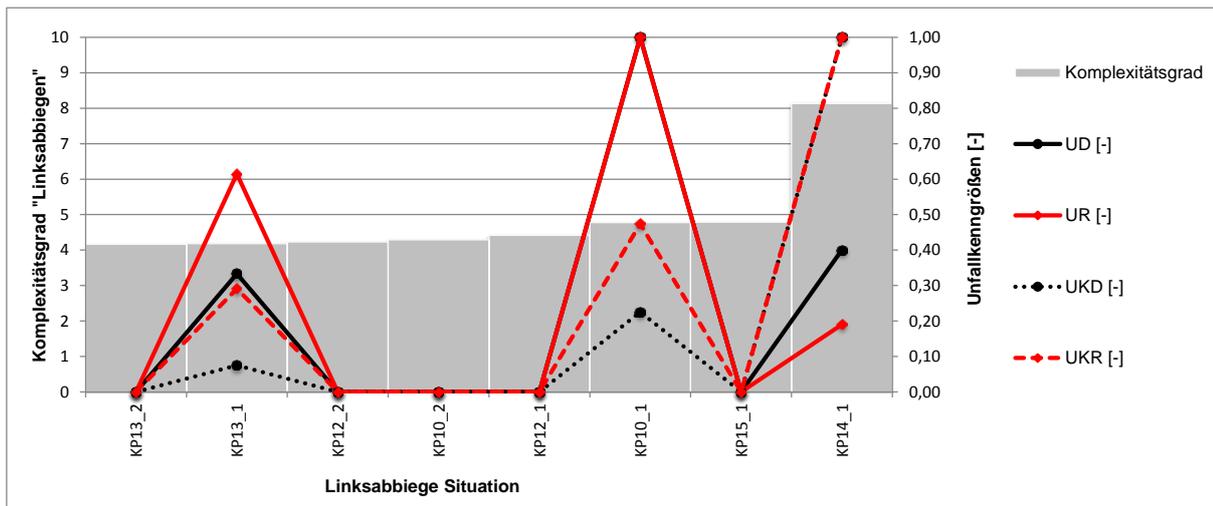


Abbildung 66: Komplexitätsgrad „Linksabbiegen“ an VZ-Knotenpunkten zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 8)

Signifikante Einflüsse bestimmter Merkmale auf die Komplexität oder die Unfallkenngrößen sind sowohl für lichtsignalgeregeltere (Abbildung 67) wie auch für verkehrszeichengeregeltere Knotenpunkte (Abbildung 68) nicht erkennbar.

An lichtsignalgeregelteren Knotenpunkten fällt jedoch auf, dass die vier Linksabbiegesituationen mit der geringsten Komplexität in den Merkmalen Eigendynamik und Handlungsmöglichkeiten keine Ausprägung besitzen, während die beiden Merkmale an den drei Linksabbiegesituationen mit der höchsten Komplexität zusammen etwa 50 % des Komplexitätsgrades bzw. aller 6 Merkmale ausmachen.

Die beiden Merkmale bilden sich ausschließlich aus den Kennzeichen 4 „Mitteltrennung Fahrbahn (Wenden)“ und 5 „Führung der Kfz-Linksabbieger“ (vgl. Abschnitt 8.2.1). Allerdings führen die Komplexitätsbetrachtungen unter Auslassen oder ausschließlicher Berücksichtigung der beiden Kennzeichen zu keinen neuen Erkenntnissen. Dies gilt auch für die Betrachtung aller Kennzeichen getrennt voneinander, im Zusammenhang zum Unfallgeschehen (vgl. auch Anlage A 12).

Ein gewisser Zusammenhang zeigt sich in der Betrachtung der Linksabbiegesituationen je Knotenpunkt. Mehrheitlich gehen die komplexeren Linksabbiegesituationen eines Knotenpunktes mit höheren Unfallkenngrößen einher als die weniger komplexen. Dies ist an 7 von insgesamt 10 Knotenpunkten mit mehr als zwei betrachteten Linksabbiegesituationen der Fall (s. Anlage A 13).

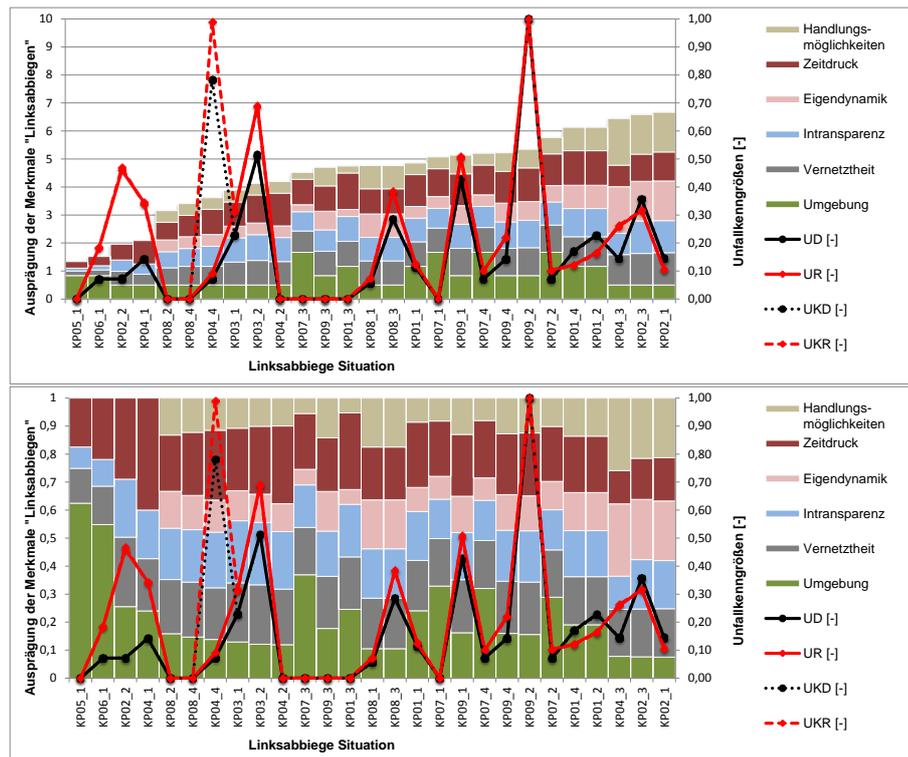


Abbildung 67: Ausprägungen der Komplexitätsmerkmale beim Linksabbiegen absolut (oben) und anteilig (unten) an LSA-Knotenpunkten (n = 27)

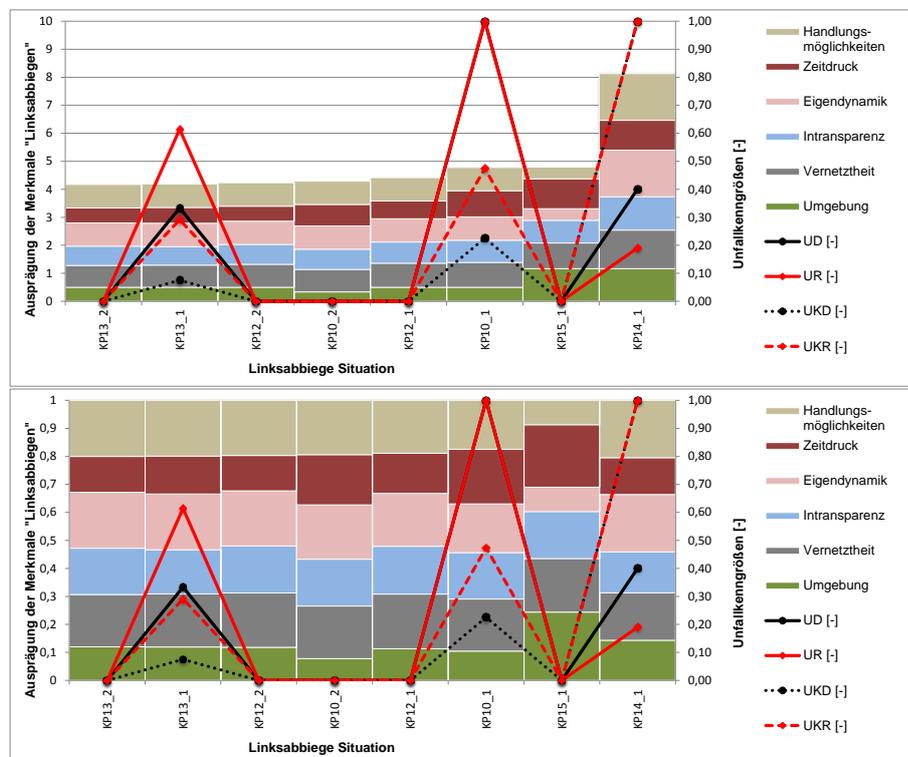


Abbildung 68: Ausprägungen der Komplexitätsmerkmale beim Linksabbiegen absolut (oben) und anteilig (unten) an VZ-Knotenpunkten (n = 8)

8.3 Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn – Ausgangssituationen

Tabelle 27 listet die Situationen des Überquerens an den 15 Knotenpunkten auf, die näher untersucht werden. Eine Darstellung in Planskizzen kann der Anlage A 14 entnommen werden.

Betrachtet werden im Folgenden die Überquerungen der Hauptachsen. Zugrunde gelegt wird die gesamte Fahrbahnbreite. Überquerungen an Dreiecksinseln (freier Rechtsabbieger) sind den Nebenachsen zugeordnet und werden nicht untersucht, da sie eine besondere, mit Überquerungen über Fahrbahnen nicht unmittelbar vergleichbare Situation darstellen. Die Knotenpunkte KP07, KP11 und KP15 werden nicht berücksichtigt, da sie keine relevante Überquerungssituation aufweisen bzw. die Unfälle auf Basis der Datengrundlage nicht verortet werden können. Insgesamt werden 24 Überquerungssituationen hinsichtlich ihrer Komplexität beurteilt.

Zur Bildung der Unfallkenngrößen werden nur die Unfälle herangezogen, die im Zusammenhang mit der jeweiligen Überquerungssituation stehen. Die Unfalldiagramme können den Anlagen A 7 bis A 10 entnommen werden. Im Weiteren werden für die Unfallraten und Unfallkostenraten alle bedingt verträglichen Kfz-Abbieger und alle nicht verträglichen, kreuzenden Kfz-Mengen an der jeweiligen Überquerung herangezogen.

Tabelle 27: Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn – Situationen

Lfd. Nr.	Knotenpunkt-Nr_Überquerungssituation	Überquerung		Art des Knotenpunktes	Verkehrsregelung am Knotenpunkt	Überquerungsanlage
		am Knotenpunkt-arm	über die Teilbereiche			
1	KP01_2	2		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
2	KP01_4	4		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
3	KP02_1	1	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA), Mittelinsel/-streifen
4	KP02_3	3	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA), Mittelinsel/-streifen
5	KP03_2	2		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
6	KP03_4	4	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA), Mittelinsel/-streifen
7	KP04_2	2		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
8	KP04_4	4		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
9	KP05_3	3	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
10	KP07_1	1		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
11	KP07_2	2	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA), Mittelinsel/-streifen
12	KP07_5	5		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
13	KP08_1	1		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
14	KP08_3	3		Kreuzung	LSA	Furt (LSA)
15	KP09_2	2	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA), Mittelinsel/-streifen
16	KP09_4	4	a, b	Kreuzung	LSA	Furt (LSA), Mittelinsel/-streifen
17	KP10_2	2		Kreuzung	VZ	keine
18	KP10_4	4		Kreuzung	VZ	Fußgänger-LSA
19	KP12_1	1		Kreuzung	VZ	Keine
20	KP12_3	3	a, b	Kreuzung	VZ	Mittelinsel/-streifen
21	KP13_1	1	a, b	Kreuzung	VZ	Mittelinsel/-streifen
22	KP13_3	3	a, b	Kreuzung	VZ	Mittelinsel/-streifen, FGÜ
23	KP14_2	2	a, b	Einmündung	VZ	Mittelinsel/-streifen
24	KP14_3	3	a, b	Einmündung	VZ	Mittelinsel/-streifen

8.3.1 Merkmale und Kennzeichen der Komplexität und Ermittlung der Komplexitätsgrade

Zur Ermittlung der Komplexitätsgrade werden auch hier verschiedene Kennzeichen beurteilt, die Einfluss auf die Ausprägung der Merkmale nehmen können (vgl. Abschnitt 2.3). Die Kennzeichen orientieren sich in erster Linie an dem Weg, der von den Fußgängern beim Überqueren der Fahrbahn zurückgelegt wird:

1. Allgemeine Kennzeichen
(z. B. Beurteilung der Umfeldnutzung, Verkehrszusammensetzung),
2. Aufstellen/Warten
(z. B. Beurteilung der Warteflächen, Konflikte mit dem Radverkehr, Sichtbeziehungen),
3. Überqueren
(z. B. Beurteilung der Überquerungsanlage, Weglänge, Verkehrsmengen relevanter Kfz-Ströme, potenziellen Konflikte) und
4. Ziel erreichen
(z. B. Beurteilung der POI im Umfeld).

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs wird nicht berücksichtigt, da alle Überquerungen an Straßen mit einer zulässigen Geschwindigkeit von 50 km/h liegen. Kennzeichen, die vor allem für Menschen mit einer Mobilitätsbehinderung relevant sind, z. B. taktile/akustische Signalgeber, Nullabsenkung, werden im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls nicht beurteilt, da an den 15 Knotenpunkten keine Unfälle mit Beteiligung mobilitätsbehinderter Menschen erfasst sind.

Einige Kennzeichen, wie z. B. der Abstand des letzten Wartepunktes bedingt verträglicher Kfz-Abbieger zur Überquerung bzw. die Sicht der bedingt verträglichen Kfz-Abbieger auf die Überquerung, können für alle Überquerungen nicht vergleichbar erfasst und beurteilt werden. Sie fließen daher nicht in das allgemeine Bewertungsschema ein, sondern bedürfen einer gesonderten, detaillierten Betrachtung einzelner Überquerungen.

Alle Kennzeichen werden gestuft auf einer Skala von 0 bis 10 hinsichtlich ihrer Ausprägung (Komplexität) beurteilt und den Merkmalen zugewiesen. Die Tabelle 28 führt die insgesamt 9 Kennzeichen und ihre Relevanz für die Merkmale auf, die sich – wie bei den Linksabbiegsituationen – in erster Linie aus den Erkenntnissen der Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen ergeben haben (vgl. Kapitel 7 und die Anlagen A 7 bis A 10). Sie basieren somit auf den prototypischen Merkmalen/Situationen, die insbesondere eine Relevanz für Fußgänger haben (vgl. Abschnitt 7.6). Die Beurteilung der Ausprägung der Kennzeichen erfolgt gemäß den Festlegungen aus Tabelle 29.

Der Komplexitätsgrad wird, wie in Abschnitt 2.4 beschrieben, auf Basis der anteiligen Ausprägungen ermittelt.

Tabelle 28: Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Überqueren – Relevanz der Kennzeichen für die Merkmale

Nr.	Kennzeichen	Merkmale und Relevanz des Kennzeichens für das Merkmal						
		Umgebung	Vernetztheit	Intransparenz	Eigendynamik	Zeitdruck	Zielpluralität	Umfang der Handlungsmöglichkeiten
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1	Umfeldnutzung	2	1					
2	POI im Umfeld (Überquerung liegt in direkter Wegebeziehung)	2				1	2	
3	Warteflächen		1					
4	Sichtverhältnisse		1	2	1			
5	Art der Überquerung / Überquerungsanlage		2	1	2	1		1
6	Anzahl der ungesichert zu überquerenden Fahrstreifen der Fahrbahn des Knotenpunktarmes		2	2				
7	Anzahl der möglichen Konflikte zu bedingt oder nicht verträglichen Kfz-Strömen		2	2		1		
8	Verkehrsmengen zu beachtender Kfz-Ströme, potenziell an <ul style="list-style-type: none"> • LSA-Knoten: Wender, bedingt verträgliche Abbieger, nicht verträgliche Kfz-Ströme (Z 720) • VZ-Knoten: Wender, bedingt verträgliche Abbieger, nicht verträgliche Kfz-Ströme 		1	2		1		
9	Anzahl der Fußgängerüberquerungen		1	2		1		

Erläuterungen:
Ein Kennzeichen ist relevant für ein Merkmal (Wert 2, grün hinterlegt), bedingt relevant (Wert 1, gelb hinterlegt) oder nicht relevant (Wert 0, rot hinterlegt).

Tabelle 29: Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Überqueren – Kennzeichen und ihre Differenzierung in Kennwerte

Nr.	Kennzeichen	Differenzierung	Kennwert
1	Umfeldnutzung	keine Umfeldnutzung	0
		hauptsächlich Wohnen	3
		Wohnen und/oder (Klein-)Gewerbe	5
		Wohnen, Büro und/oder wenig Einzelhandel	7
		Wohnen, Büro und/oder Einzelhandel	10
2	POI im Umfeld	keine POI	0
		einzelne POI	3
		wenige POI	5
		viele und/oder bedeutende POI	7
		sehr viele und/oder sehr bedeutende POI	10
3	Warteflächen	Warteflächen sind ausreichend / keine Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern	0
		Warteflächen sind zu gering bemessen / Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern	10
4	Sichtverhältnisse	keine Einschränkungen der Sichtverhältnisse	0
		Einschränkungen der Sichtverhältnisse zu bedingt verträglichen Verkehrsströmen	5
		Einschränkungen der Sichtverhältnisse zu nicht verträglichen Verkehrsströmen	10
5	Art der Überquerung / Überquerungsanlage	signalisierte Furt / Fußgänger-LSA	0
		Mittelinsel/-streifen und FGÜ	3
		Mittelinsel/-streifen	7
		keine Überquerungsanlage	10
6	Anzahl der ungesichert zu überquerenden Fahrstreifen der Fahrbahn des Knotenpunktarmes	signalisierte Furt / Fußgänger-LSA	0
		1 Fahrstreifen (1 möglicher Konfliktpunkt)	3
		2 Fahrstreifen (2 mögliche Konfliktpunkte)	5
		3 Fahrstreifen (3 mögliche Konfliktpunkte)	7
		4 oder mehr Fahrstreifen (4 oder mehr mögliche Konfliktpunkte)	10
7	Mögliche Konflikte zu bedingt oder nicht verträglichen Kfz-Strömen	keine möglichen Konflikte	0
		1 möglicher Konflikt	3
		2 mögliche Konflikte	7
		3 mögliche Konflikte	10
8	Verkehrsmengen zu beachtender Kfz-Ströme	keine zu beachtenden Kfz-Ströme	0
		geringes Aufkommen (< 100 Kfz/2h)	3
		mittleres Aufkommen (≥ 100 Kfz/2h)	5
		hohes Aufkommen (≥ 1.000 Kfz/2h)	7
		sehr hohes Aufkommen (≥ 2.000 Kfz/2h)	10
9	Anzahl der Überquerungen (ÜQ)	signalisierte Überquerung und keine Konflikte zu bedingt verträglichen Kfz-Strömen	0
		geringes Aufkommen (< 100 ÜQ/2h)	3
		mittleres Aufkommen (≥ 100 ÜQ/2h)	5
		hohes Aufkommen (≥ 250 ÜQ/2h)	7
		sehr hohes Aufkommen (≥ 500 ÜQ/2h)	10

8.3.2 Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und der Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn

Die Untersuchungen eines möglichen Zusammenhangs zwischen dem Unfallgeschehen und den ermittelten Komplexitätsgraden in Hinblick auf das Überqueren der Fahrbahn wird im Folgenden dargestellt. Die Unfallkenngrößen sind zu besseren Übersicht wieder auf die Dimension 1 bezogen und werden ohne Einheit angegeben. Der Wert 1 entspricht dem maximalen Wert der jeweiligen Unfallkenngröße je Betrachtungssituation.

In der Gesamtbetrachtung aller Komplexitätsgrade zum jeweiligen Unfallgeschehen lässt sich auch für die Überquerungen keine eindeutige Abhängigkeit ausmachen (Abbildung 69).

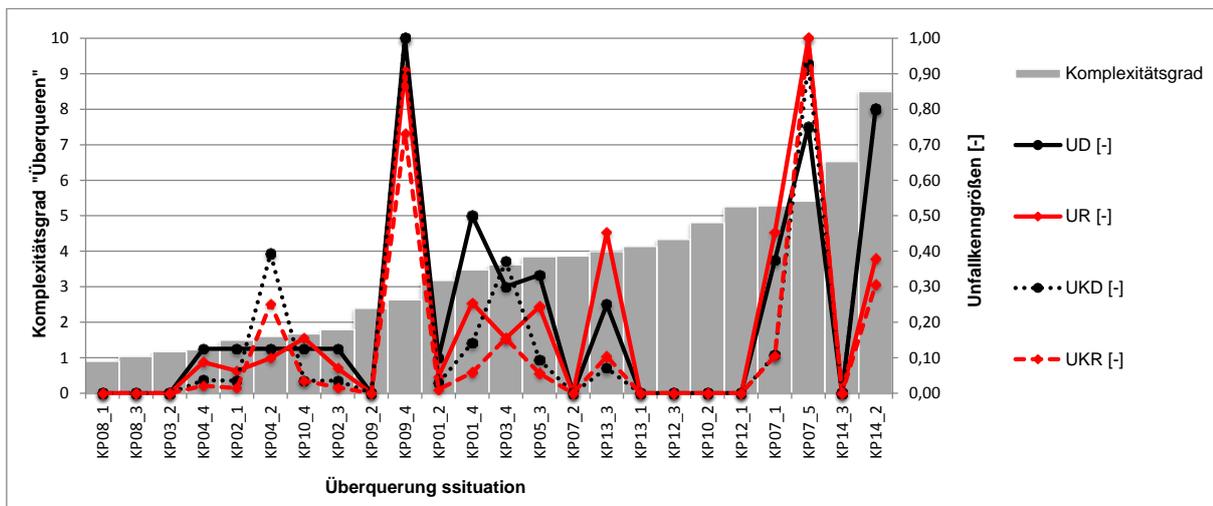


Abbildung 69: Komplexitätsgrad „Überqueren“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 24)

Tendenziell scheinen die Unfallkenngrößen mit steigender Komplexität zuzunehmen²⁶. Ausnahmen bilden vor allem die Situationen KP04_2 (UKD), KP09_4 (UD, UR und UKD) sowie die Überquerungssituationen ohne Unfallgeschehen (KP10_2, KP12_1/KP12_3 und KP13_1). Dies kann folgende Ursachen haben:

KP04_2: Die hohe UKD an der Situation KP04_2 begründet sich aus insgesamt einem Unfall an der Überquerung mit einem schwer verletzten Fußgänger (vgl. Anlage A 7). Dies muss ggf. als Einzelereignis gewertet werden, welches prinzipiell immer und an jeder Überquerung vorkommen kann.

KP09_4: Die Überquerung KP09_4 ist vom Grundsatz her weniger komplex, da sie eine signalisierte Fußgängerfurt aufweist. Nichtsdestotrotz fanden an dieser Überquerung vier Unfälle statt (3 mit Leichtverletzten, 1 mit Schwerverletzten).

Die exakten Ursachen können den vorliegenden Unfalldaten nicht ent-

²⁶ Dabei ist allerdings zu beachten, dass an einigen Überquerungen nur sehr wenige Unfälle stattgefunden haben, die Fallzahlen somit gering sind.

nommen werden, allerdings fiel im Rahmen der Sicherheitsanalysen Folgendes auf:

- Die Überquerung wird über eine progressive Steuerung geregelt. Rechtseinbiegende Kfz sehen das Fußgängersignal ROT, während dem gegenläufigen Fußgänger noch das Signal GRÜN angezeigt wird.
- Die Haltlinie des relevanten Linksabbiegers ist weit von dieser Furt entfernt, so dass die Sicht auf die Furt und dort befindliche Fußgänger eingeschränkt sein kann bzw. die Linksabbieger beim Erreichen der Furt bereits zu hohe Geschwindigkeiten erreicht haben.

KP10_2:	Diese Überquerung ist vom Grundsatz her vergleichsweise komplex, da sie ungesichert ist. Allerdings ist die Anzahl der Überquerungen – somit die möglichen Konfliktsituationen – gegenüber der zweiten Überquerung an diesem Knotenpunkt deutlich geringer, da die zweite Überquerung an einer Fußgänger-LSA ist, die i. d. R. auch zum Überqueren genutzt wird.
KP12_1 / KP12_3	Beide Überquerungen sind vom Grundsatz her komplexer, z. B. gegenüber signalisierten Furten (KP12_1: nicht gesichert; KP12_3: Mittelinsel ohne FGÜ). Allerdings ist die Anzahl der Überquerungen, die Passantendichte an diesem Knotenpunkt überhaupt, sehr gering.
KP13_1	Mögliche Erklärung analog zur Überquerung KP10_2. KP13_1 ist gegenüber der zweiten Überquerung (Mittelinsel mit FGÜ) an diesem Knotenpunkt vom Prinzip her komplexer, da sie im Vergleich keinen FGÜ aufweist. Sie wird allerdings nur sehr selten genutzt, u. a. da die andere Überquerung in direkter Wegebeziehung zu einer Bushaltestelle liegt.

Die nach signalisierter und nicht signalisierter differenzierte Betrachtung der Überquerungssituationen, zeigt für die signalisierten Überquerungen die oben beschriebene Tendenz. Mit den bereits aufgezeigten Ausnahmen, ist mit zunehmender Komplexität auch eine Zunahme der Unfallkenngrößen bedingt erkennbar (Abbildung 70). Die höheren Unfallkenngrößen liegen mehrheitlich an den vergleichsweise komplexeren Überquerungen.

Die Abbildung 71 gibt die Situation für die nicht signalisierten Überquerungen wieder. Unter Berücksichtigung der geringen Fallzahlen, zeigt sich hier ein Bild, dass in der Gesamtschau der Knotenpunkte für die signalisierten Kreuzungen erkennbar war. Das wesentliche Unfallgeschehen findet sich zum einen an einer per Definition wenig komplexen Überquerung (KP13_3); zum anderen an einer komplexen Überquerung (KP14_2). Die bereits genannten Aspekte finden sich auch hier wieder.

Die Überquerung KP13_3 ist augenscheinlich zunächst nicht komplex: bauliche Mittelinsel mit ausgeschildertem FGÜ an zweistreifiger Fahrbahn bei nicht allzu hohen Verkehrsmengen (rd. 8 Tsd. Kfz/24h) (vgl. Anlage A 9). Die Ursachen, die dann zu Unfällen geführt haben, können u. a. in der langen geraden Straßenflucht, unangepassten Geschwindigkeiten sowie nicht optimalen Sichtverhältnissen zu Fußgängern vor bzw. hinter den Bushaltestellen bzw. Hecken gesehen werden (vgl. Abbildung 151 der Anlage A 9). Die hohen Unfallkenngrößen der KP14_2 sind im Prinzip die logische Schlussfolgerung dieser sehr komplexen Überquerung (vgl. Abbildung 52 auf Seite 101 und die Anlage A 10). Hier übersteigt die Anzahl der zu

berücksichtigenden Faktoren die Kapazität der Verkehrsteilnehmer: ungesicherte Überquerung über zwei hoch belastete Fahrstreifen (Richtungsfahrbahn mit rd. 14 Tsd. Kfz/24h); eingeschränkte Sichtbeziehungen durch parkende Fahrzeuge; Zeitlücken im Hauptstrom werden zeitgleich von überquerenden Fußgängern, rechts einbiegenden und wendenden Fahrzeugen genutzt; die Überquerung dient zudem dem Erreichen eines U-Bahn-Zugangs. Insbesondere Kinder sind an dieser Überquerung gefährdet und bei Unfällen verunglückt.

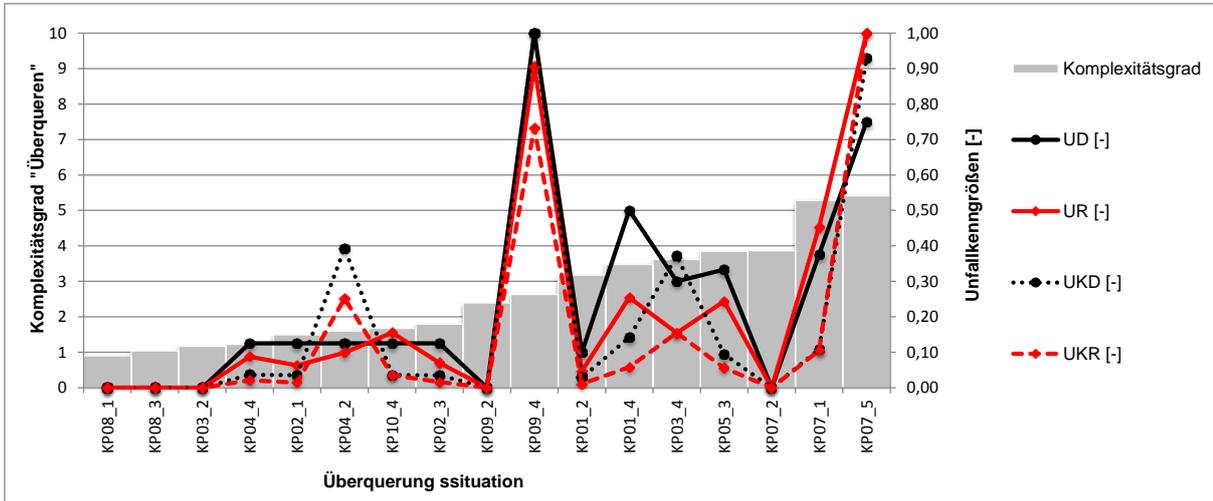


Abbildung 70: Komplexitätsgrad „Überqueren“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 an signalisierten Überquerungen (n = 17)

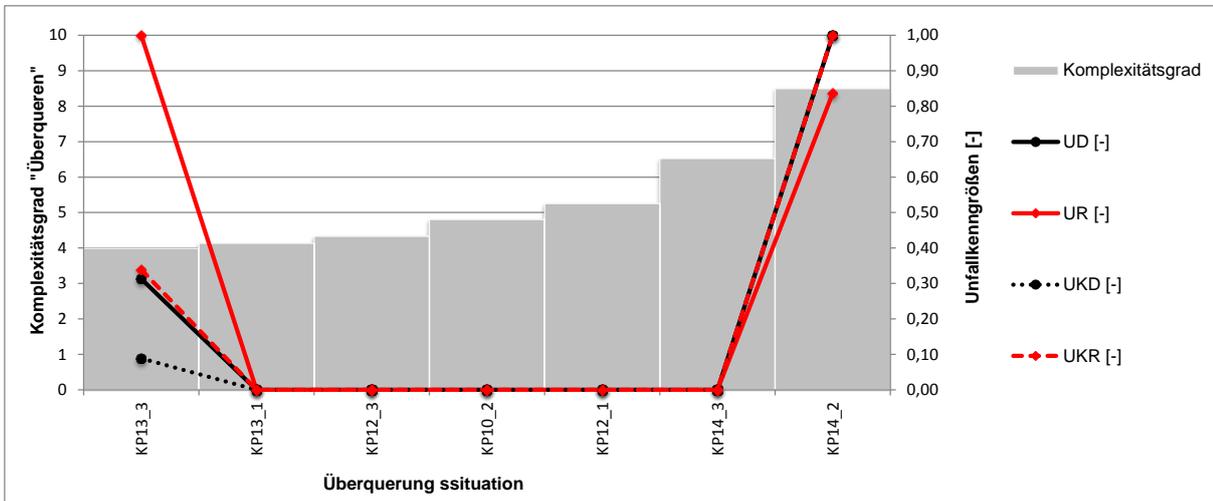


Abbildung 71: Komplexitätsgrad „Überqueren“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 an nicht signalisierten Überquerungen (n = 7)

Einflüsse bestimmter Merkmale auf die Komplexität können

- für signalisierte Überquerungen im Bereich der Zielpluralität und Eigendynamik (Abbildung 72) und
- für nicht signalisierte Überquerungen im Bereich der Zielpluralität und der Umgebung (Abbildung 73) ausgemacht werden.

Die Betrachtung der einzelnen Kennzeichen zeigt die Tendenz, dass mit zunehmender Komplexität (und mit zunehmenden Unfallgeschehen) die Sichtverhältnisse und die POI im Umfeld des Knotenpunktes/der Überquerung eine Rolle spielen (vgl. Anlage A 15).

Ein bedingter Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen zeigt sich, wie auch bei den Linksabbiegesituationen, in der Betrachtung der einzelnen Knotenpunkte. Mehrheitlich gehen die komplexeren Überquerungssituationen eines Knotenpunktes mit höheren Unfallkenngrößen einher. Dies ist an 7 von insgesamt 11 betrachteten Knotenpunkten der Fall (s. Anlage A 16).

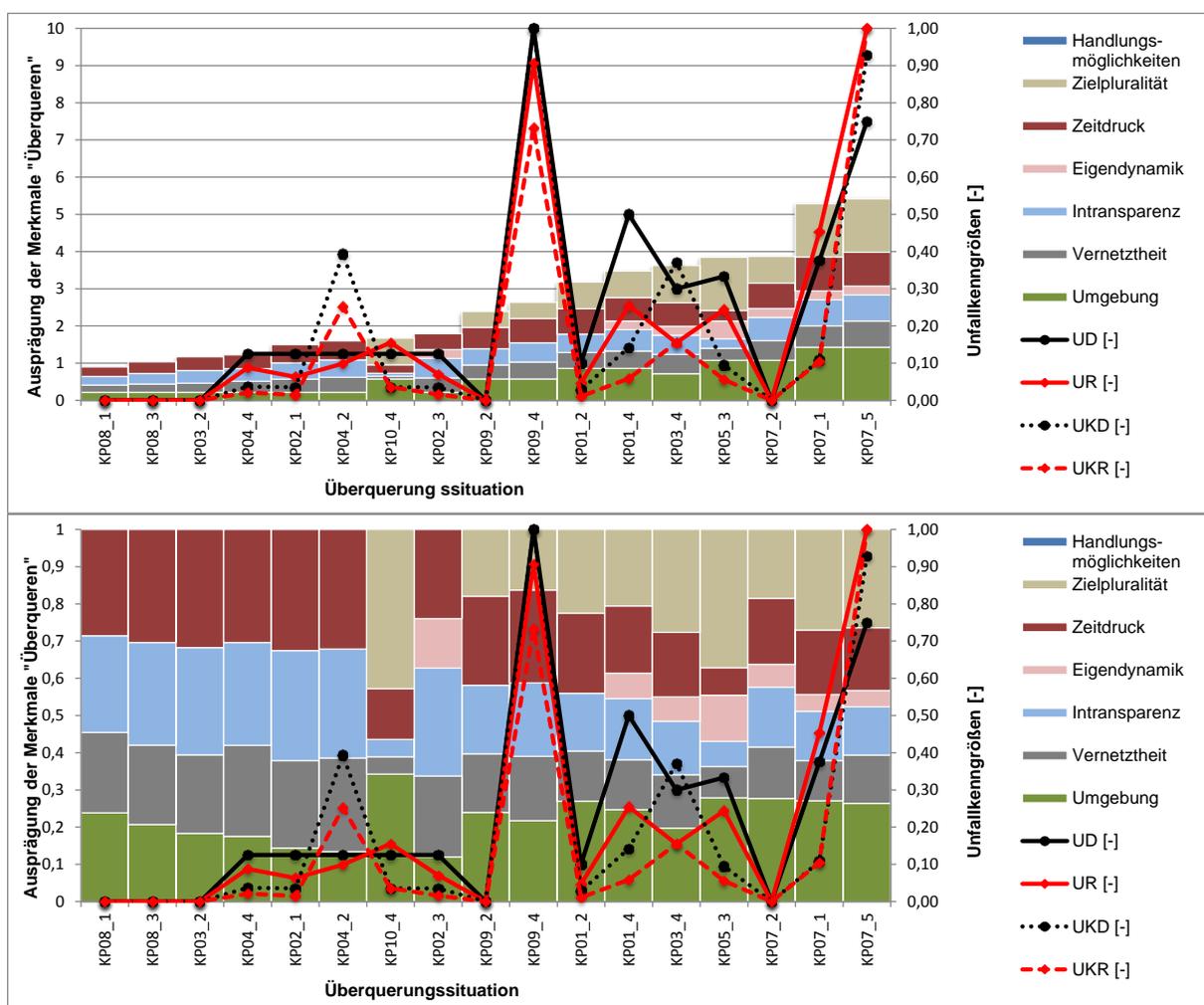


Abbildung 72: Einfluss der Merkmale auf den Komplexitätsgrad von signalisierten Überquerungen (n = 17)

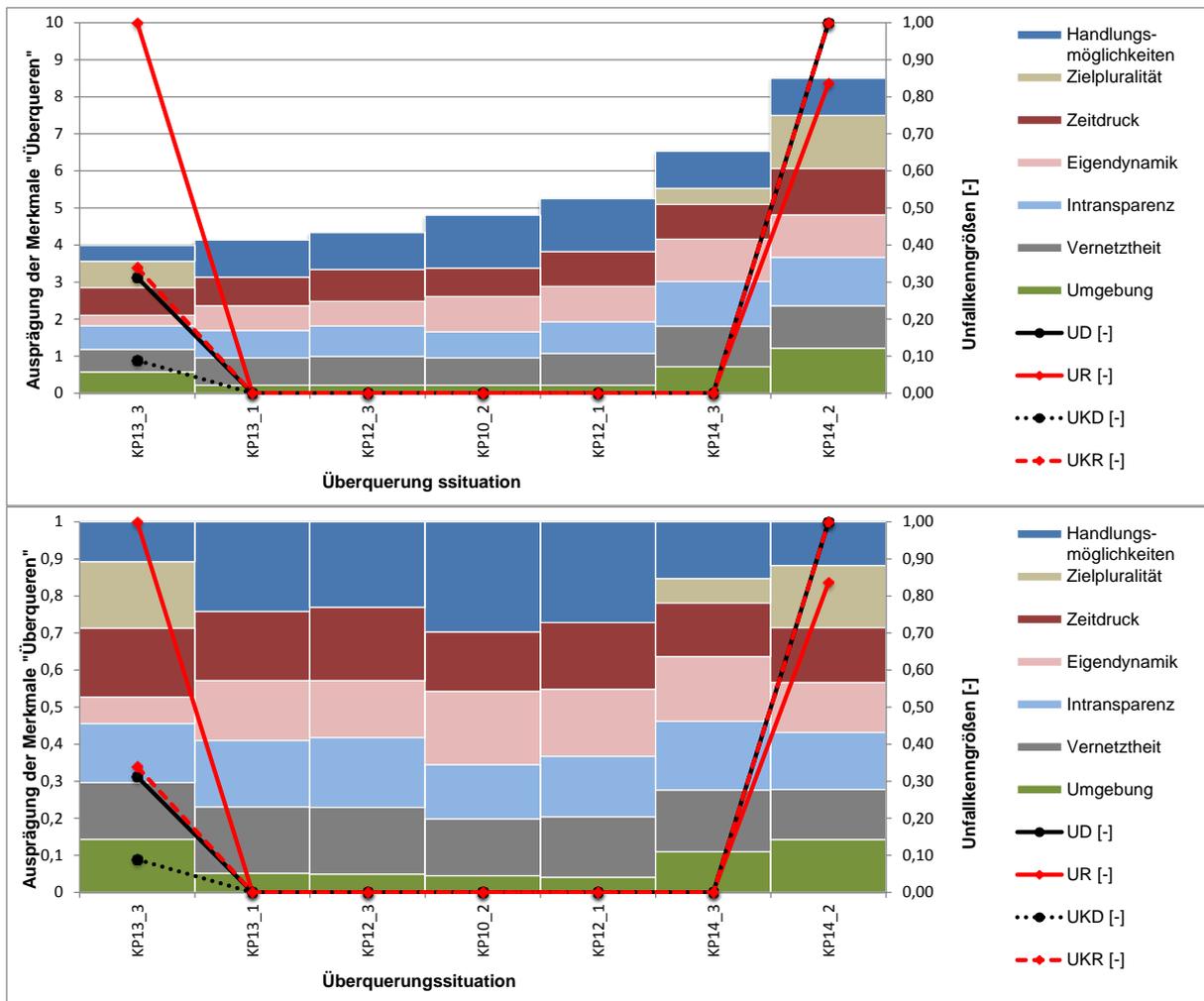


Abbildung 73: Einfluss der Merkmale auf den Komplexitätsgrad von nicht signalisierten Überquerungen (n = 7)

8.4 Fazit zur mikroskopischen Komplexitätsbetrachtung

Das Ziel dieses Untersuchungsschrittes war die Bestimmung der Komplexität für konkrete Situationen, die insbesondere für Kinder und Senioren an Knotenpunkten komplex sind, aber auch für alle anderen Verkehrsteilnehmer Gefährdungspotenziale bergen können. Untersucht wurde das Überqueren der Fahrbahn, welches insbesondere für Kinder eine komplexe Aufgabe ist, und mit dem Linksabbiegen eine Aufgabe, die vor allem für ältere Kraftfahrer komplex ist.

Die vorangegangenen Komplexitätsuntersuchungen ließen die Vermutung zu, dass die Bestimmung eines Komplexitätsgrades für die Gesamtanlage und der Vergleich zum gesamten Unfallgeschehen ggf. nicht geeignet ist, um Korrelationen aufzuzeigen, da u. a. das Unfallgeschehen sehr heterogen sein kann bzw. komplexe Situationen nur Teilbereiche des Knotenpunktes betreffen oder nur für bestimmte Verkehrsbeteiligungsarten relevant sein können.

Im Ergebnis muss allerdings auch für diese sehr differenzierte Betrachtung festgehalten werden, dass ein eindeutiger und voneinander abhängiger Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen auf dieser Grundlage nicht hergestellt werden kann.

Dennoch können Tendenzen ausgemacht werden:

- 1) Mehrheitlich zeigten sich an den komplexeren Situationen der Linksabbieger und der Überquerungen im Vergleich zu den weniger komplexen Situationen, insbesondere in der Einzelbetrachtung je Knotenpunkt, höhere Unfallkenngrößen.
- 2) Der psychologische Aspekt der „Vorhersehbarkeit“ bzw. die Möglichkeit der Verkehrsteilnehmer bestimmte Situationen richtig einschätzen und beurteilen zu können, scheint insbesondere in augenscheinlich wenig komplex wirkenden Situationen eine Rolle zu spielen. Das Wissen der Verkehrsteilnehmer um die Komplexität bzw. Gefährdung muss für ein angepasstes Verhalten gegeben sein.

Das Verfahren zur Bestimmung der Komplexität führt grundsätzlich zu plausiblen Ergebnissen. Im Rahmen der Verfahrensevaluation kann aber Folgendes festgestellt bzw. weiter gefestigt werden:

- 1) Bestimmte Situationen scheinen in ihrer Komplexität überschätzt zu werden. So muss z. B. die Berücksichtigung der Verkehrsmengen als alleinstehendes Kennzeichen (oder in dieser Gewichtung) infrage gestellt werden, da mit diesem Vorgehen die Anzahl der potenziellen Konflikte scheinbar nicht optimal erfasst wird. Ggf. müssen die möglichen Konfliktsituationen über kombinierte Kennzeichen (z. B. ungesicherte Überquerungsstelle bei hoher Passantendichte an stark befahrenen Straßen) oder Merkmale erfasst werden, die die wechselseitigen Beeinflussungen stärker in den Vordergrund stellen.
- 2) Die ermittelte Komplexität basiert auf den erfassten und beurteilten Kennzeichen und ist somit abhängig vom Anwender des Verfahrens. Unabhängig von der Kompetenz des Anwenders, wird es allerdings auch nur schwer möglich sein, alle relevanten Kennzeichen objektiv zu erfassen und angemessen zu berücksichtigen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass zwei grundlegend ähnliche Situationen mit vergleichbarem Komplexitätsgrad an einem Knotenpunkt zu einem unterschiedlichen Unfallgeschehen führen können. Beispielsweise verursachen Linksabbieger aus der einen Richtung Unfälle des Typs 211; die Linksabbieger der Gegenrichtung hingegen nicht. So ist zu vermuten, dass neben den hier berücksichtigten Kennzeichen, wie z. B. Verkehrsmengen, Verkehrsführung und Sichtbehinderungen, noch weitere Einflüsse

eine Rolle spielen. Diese können sich durchaus aus den individuellen Fähigkeiten der Verkehrsteilnehmer ergeben oder lokal spezifischer ggf. auch zufälliger Natur sein.

Diese und die zuvor festgestellten Aspekte im Rahmen der Verfahrensanwendung werden in den folgenden Sensitivitätsbetrachtungen miteinbezogen.

9 Sensitivitätsbetrachtungen im Hinblick auf die Ermittlung der Komplexität an Knotenpunkten

9.1 Vorbemerkungen

In vorangegangenen Arbeitsschritten wurde die Komplexität an Knotenpunkten ermittelt. Dies sowohl für die Gesamtanlage, in zwei unterschiedlichen Detaillierungsgraden, als auch für spezifische Aufgaben am Knotenpunkt. Die Ermittlung der Komplexität erfolgte mithilfe eines Verfahrens, das einen Komplexitätsgrad ausgibt. Dieser basiert grundlegend auf sieben Merkmalen der Komplexität (vgl. Abschnitt 2.3), die wiederum über verschiedene Kennzeichen beurteilt und hinsichtlich ihrer eigenen Komplexität (Ausprägung) abgebildet werden.

Dieses Verfahren wurde aufbauend auf den Erkenntnissen der Grundlagenrecherche zur Komplexität und ihrer Merkmale konzipiert. Dabei war es ein Ziel, das Verfahren in seinem Aufbau und seiner Anwendung möglichst einfach und flexibel zu halten. Einerseits, um auf verschiedene Betrachtungen übertragen werden zu können und andererseits, um die Identifizierung von Knotenpunkten, als Kandidaten für ein durchzuführendes Bestandsaudit, möglichst praktikabel zu gestalten.

Somit ist das Verfahren ein plausibler Ansatz zur Beschreibung der Komplexität, den es aber auf seine Anwendbarkeit und seine Berechtigung zu überprüfen galt. Die Anwendung in drei unterschiedlichen Detaillierungsgraden diente u. a. dazu. Im Wesentlichen wurden die folgende Punkte festgestellt.

Allgemein:

- Grundsätzlich führt das Verfahren zur Bestimmung der Komplexität zu plausiblen Ergebnissen, die auch durch die Untersuchungen und Verhaltensbeobachtungen vor Ort belegt werden können. Tendenzen im Hinblick auf einen Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen können festgestellt werden. Dennoch gibt es Unsicherheiten. Ein belastbarer Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen ist nicht abzuleiten.

Makroskopische Betrachtungsebene (vgl. Kapitel 5):

- Die erforderliche Qualität und Quantität zu erfassender Kennzeichen ist nicht bekannt. Allein Kennzeichen der Umgebung und der Gestaltung des Knotenpunktes sind offensichtlich nicht ausreichend.
- Das Verfahren muss auf eine Datenbasis gestellt werden, die zumindest die Verkehrsmengen und die Verkehrsregelungen am Knotenpunkt bereithält, um potenzielle Konfliktsituationen besser abbilden zu können.

Mesoskopische Betrachtungsebene (vgl. Kapitel 6):

- Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen scheinen im direkten Vergleich zu den lichtsignalgeregelteten Knotenpunkten hinsichtlich ihrer Komplexität überschätzt zu werden. Eine nach der Verkehrsregelung differenzierte Betrachtung der Knotenpunkte ist zweckmäßig; zumindest in der Unterscheidung: lichtsignalgeregelt und nicht lichtsignalgeregelt.
- Die Merkmale (Umgebung, Vernetztheit, Intransparenz, Eigendynamik, Zeitdruck, Zielpluralität und Handlungsmöglichkeiten) fließen gleichberechtigt in das Verfahren ein. Verschiedene Knotenpunkte können dadurch einen vergleichbaren Komplexi-

tätsgrad erreichen, auch wenn sie in verschiedenen Merkmalen komplex sind. Es ist nicht sicher, ob bestimmte Merkmale einen größeren Einfluss auf die Komplexität nehmen (nehmen sollten) als im Vergleich andere Merkmale und anders gewichtet werden müssten. Eine bezifferbare prozentual differenzierte Gewichtung der Merkmale lässt sich nicht begründen.

- Die Wahl der Kennzeichen (Quantität und Qualität) kann und sollte auf bekannten Erfahrungen der Verkehrssicherheitsarbeit beruhen (z. B. ESAS, RASSt etc.). Sie ist aber letztlich abhängig von der Einschätzung des Anwenders.
- Die Kennzeichen stehen weitgehend für sich alleine. Wechselseitige Beeinflussungen können umfassend nur schwer abgebildet werden.
- Eine belastbare und korrekt relativierende Bestimmung der Ausprägungen einzelner Kennzeichen hinsichtlich ihrer Komplexität ist schwer abzubilden. Es stellt sich z. B. die Frage, in welchem Umfang die Komplexität sich für signaltechnisch nicht gesichert geführte Linksabbieger gegenüber signaltechnisch gesichert geführten Linksabbiegern bei sonst vergleichbaren Randbedingungen erhöht und wie dies auf einer Bewertungsskala, z. B. von 0 bis 10, angemessen beurteilt werden kann. Dies gilt auch für die Bewertung der Komplexität verschiedener Kennzeichen im Vergleich.
- Die Einschätzung der Situation durch die Verkehrsteilnehmer selber scheint eine wichtige Rolle zu spielen. Diese psychologische Komponente lässt sich aber nur schwer in ein objektives Verfahren integrieren und ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht abbildbar.

Mikroskopische Betrachtungsebene (vgl. Kapitel 8):

- Einige Situationen (der Überquerung und des Linksabbiegens) scheinen hinsichtlich ihrer Komplexität überschätzt zu werden. Die Berücksichtigung wechselseitiger Beeinflussungen verschiedener Kennzeichen oder Merkmale erscheint auch in dieser Betrachtung sinnvoll.

Die vorgenannten Punkte sollen im Folgenden in verschiedenen Sensitivitätsbetrachtungen Berücksichtigung finden. Die Sensitivitätsbetrachtungen sind dabei nicht mit umfassenden Sensitivitätsanalysen gleichzusetzen, bei denen Änderungen einzelner Eingangsparameter (Kennzeichen) prozentual über einen Variationsbereich vorgenommen werden, um die Stabilität der Ergebnisse (der Komplexitätsgrade) zu überprüfen. Der Schwerpunkt soll auf die wesentlichen verfahrensseitigen Aspekte gelegt werden. Als Leitfaden für die Sensitivitätsbetrachtungen dienen die folgenden Fragestellungen (ohne Rangordnung):

- Welchen Einfluss nehmen die Kennzeichen und Merkmale auf den Komplexitätsgrad?
- Führt eine andere Gewichtung der Kennzeichen und Merkmale zu anderen (eindeutigeren) Ergebnissen?
- Wie kann die Anzahl der potenziellen Konflikte bzw. die Anzahl der in einer begrenzten Zeit zu berücksichtigenden Elemente und zu treffenden Entscheidungen besser in das Verfahren integriert werden?

9.2 Einfluss der Merkmale auf den Komplexitätsgrad

Komplexität wird sich in all ihren Facetten nur schwer exakt beschreiben und „messen“ lassen. Allerdings lassen sich Merkmale der Komplexität benennen, die Einfluss auf sie nehmen können. Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz war es daher, Merkmale der Komplexität zu erarbeiten, die sich auf Knotenpunkte übertragen lassen und die mithilfe von Kennzeichen hinsichtlich ihrer Ausprägung eingeschätzt und beurteilt werden können. Die Kennzeichen fließen in unterschiedlicher Gewichtung (Relevanz für das jeweilige Merkmal, vgl. u. a. Abschnitt 2.4) in das Verfahren ein; der ermittelte Komplexitätsgrad bildete sich aus dem arithmetischen Mittel der Komplexitätsgrade der Merkmale.

Die unterschiedliche Relevanz eines Kennzeichens für das entsprechende Merkmal ist zwar begründbar, beruht allerdings auf der Einschätzung des Anwenders. Im Weiteren stellt der gleichberechtigte Einfluss der Merkmale einen ersten Ansatz dar. Andere Vorgehensweisen können ebenso zweckmäßig sein, um z. B. die wechselseitigen Beeinflussungen der Merkmale besser berücksichtigen zu können. So nehmen z. B. die Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik, die u. a. die Übersichtlichkeit und die Begreifbarkeit an einem Knotenpunkt ausdrücken, Einfluss auf die Komplexität. Wenn allerdings der Beobachter einer Situation genügend Zeit hat alles zu erfassen, wird sich dies positiv auswirken und die Komplexität aus seiner Sicht verringern. Insofern ist dem Merkmal Zeitdruck ggf. eine stärkere Gewichtung zuzusprechen und entsprechend im Verfahren stärker zu berücksichtigen, als dies als alleinstehendes Merkmal, gleichberechtigt neben anderen, der Fall ist.

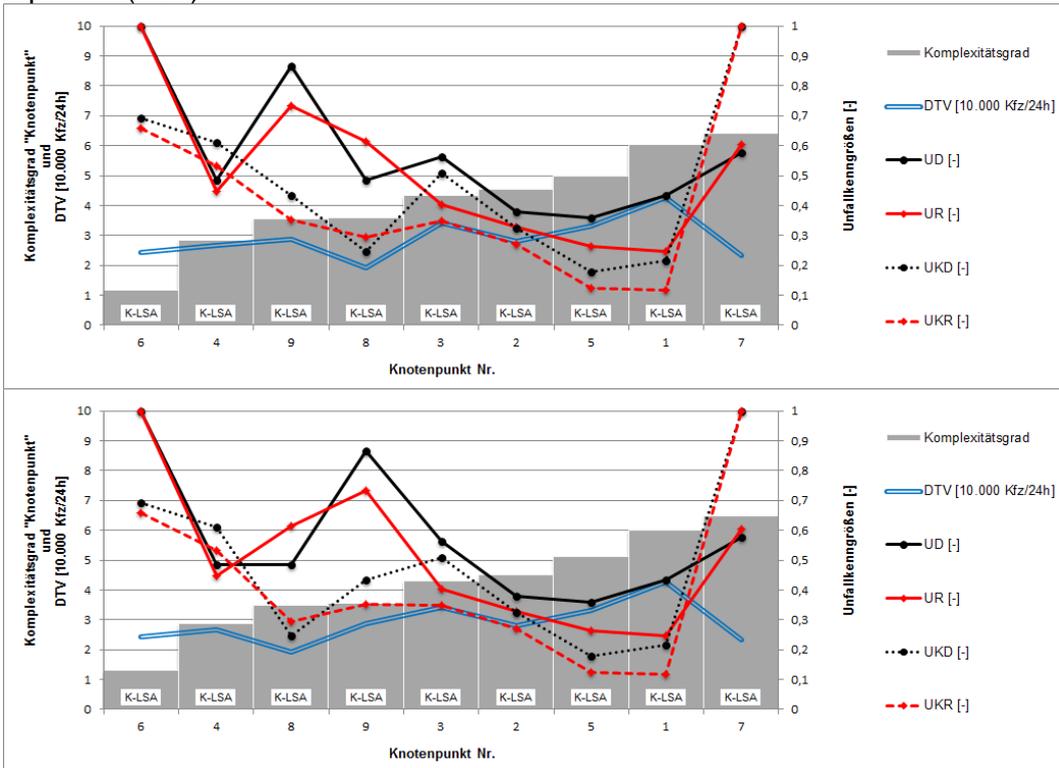
Im Folgenden werden daher Komplexitätsgrade bestimmt,

- a) welche die Kennzeichen ohne relativierende Zuordnung zu den Merkmalen beinhalten und
- b) die die Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik nur dann werten, wenn das Merkmal Zeitdruck einen bestimmten Wert überschreitet.

Abbildung 74 zeigt exemplarisch die Auswirkung der relativierenden Zuordnung der Kennzeichen zu den Merkmalen für den Komplexitätsgrad der Knotenpunkte. Grundlegend sind die ermittelten Komplexitätsgrade vergleichbar. Allerdings zeigt sich auch, dass insbesondere Knotenpunkte, die einen ähnlichen Komplexitätsgrad aufweisen, ihren Rang tauschen können (Knotenpunkte 8 und 9).

Somit wirkt sich diese Änderung im Verfahren auf den Komplexitätsgrad aus, wodurch sich ggf. auch andere Zusammenhänge zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen ergeben können. Analog gilt dies auch für die Komplexitätsgrade der spezifischen Situationen des Linksabbiegens und des Überquerens (vgl. Anlage A 17).

Knotenpunkte (LSA)



Knotenpunkte (VZ)

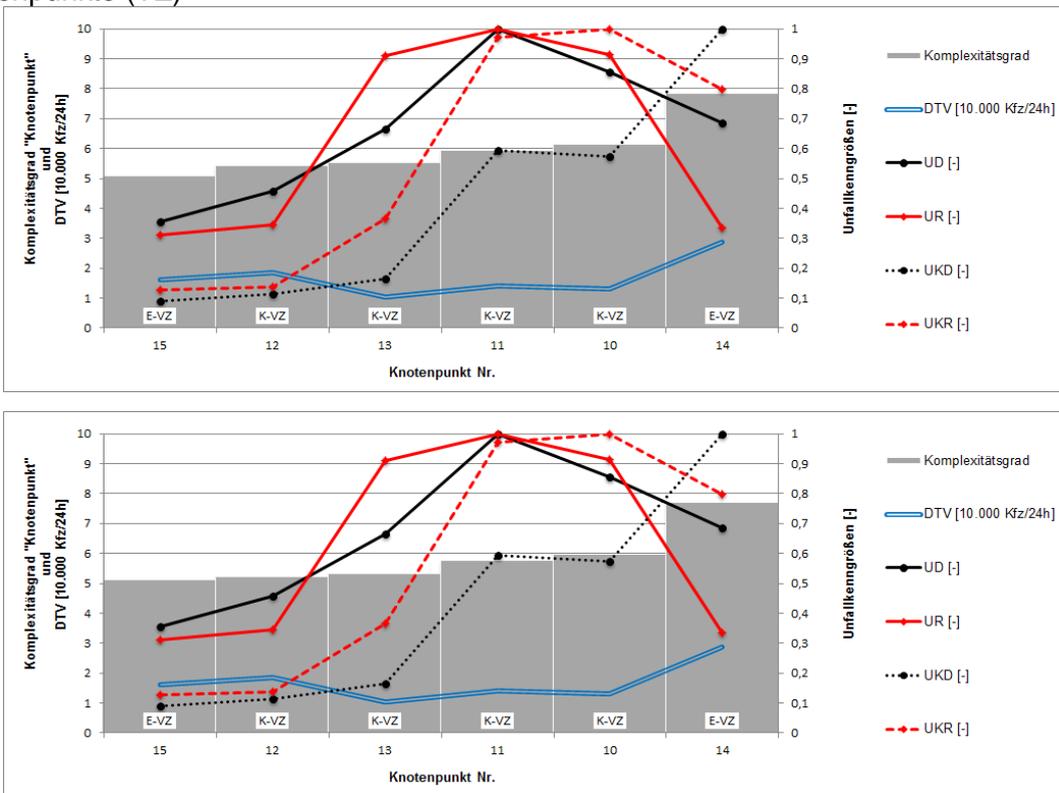


Abbildung 74: Bestimmung des Komplexitätsgrades ohne relativierende Zuordnung der Kennzeichen (jeweils oben) und mit relativierender Zuordnung der Kennzeichen (jeweils unten)

Die ähnliche Komplexität bzw. die Änderung der Rangfolge der Knotenpunkte 8 und 9 spiegelt zudem die oben beschriebene Schwierigkeit bei der vergleichenden Bewertung der Kennzeichen wieder. Beide Knotenpunkte waren vornehmlich für Kfz-Linksabbieger komplex (ungesicherte Führung), was sich auch im Unfallbild niederschlug (vgl. Anlage A 8). Am Knotenpunkt 8 war die Situation für Linksabbieger insbesondere aufgrund der Art und Anordnung der Fahrstreifen und der fehlenden Leit- und Wartelinien im Kreuzungsbereich (Anlage A 8, Abbildung 120 links) komplexer als am Knotenpunkt 9 (Anlage A 8, Abbildung 127 links). Dafür waren die Verkehrsmengen am Knotenpunkt 8 geringer, was sich wiederum positiv auf die Komplexität auswirkt.

Die Frage, ob die Kennzeichen einen unterschiedlichen Einfluss auf die Komplexität haben, in welcher Weise sie verschieden gewichtet oder in bestimmter Abhängigkeit voneinander betrachtet werden müssten, lässt sich im Rahmen dieser Arbeit und auf Basis der bisherigen Ergebnisse nicht abschließend beantworten. Im Folgenden wird allerdings ein Ansatz untersucht, der die Abhängigkeit bestimmter Einflussgrößen untereinander berücksichtigt und die Anzahl der möglichen Konflikte, die in einer begrenzten Zeit zu bewältigen sind, ggf. zutreffender darstellen kann.

Tabelle 30 zeigt die Auswirkungen auf den Komplexitätsgrad, wenn die Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik nur dann gewertet werden, wenn das Merkmal Zeitdruck einen bestimmten Wert (Komplexitätsgrad) erreicht; exemplarisch für die Betrachtung der Knotenpunkte. Auch hier ergeben sich Änderungen der Komplexitätsgrade und somit vom „Basisverfahren“ abweichende Zusammenhänge zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen.

Für lichtsignalgeregelte Knotenpunkte ergibt sich die erste Änderung, wenn der Komplexitätsgrad des Merkmals Zeitdruck größer oder gleich 3 ist; für Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen bei einem Wert größer oder gleich 4.

Bezogen auf die gewählte Skala für die Komplexitätsgrade der Merkmale (0 bis 10) bedeutet dies, dass sich bereits Änderungen ergeben, wenn das Merkmal Zeitdruck eine Ausprägung von etwa 30 bis 40 % des möglichen Komplexitätsgrades erreicht. Unter der Berücksichtigung, dass das Merkmal im Rahmen der Komplexitätsbetrachtungen der Knotenpunkte vor allem durch die Verkehrsmengen bestimmt wurde.

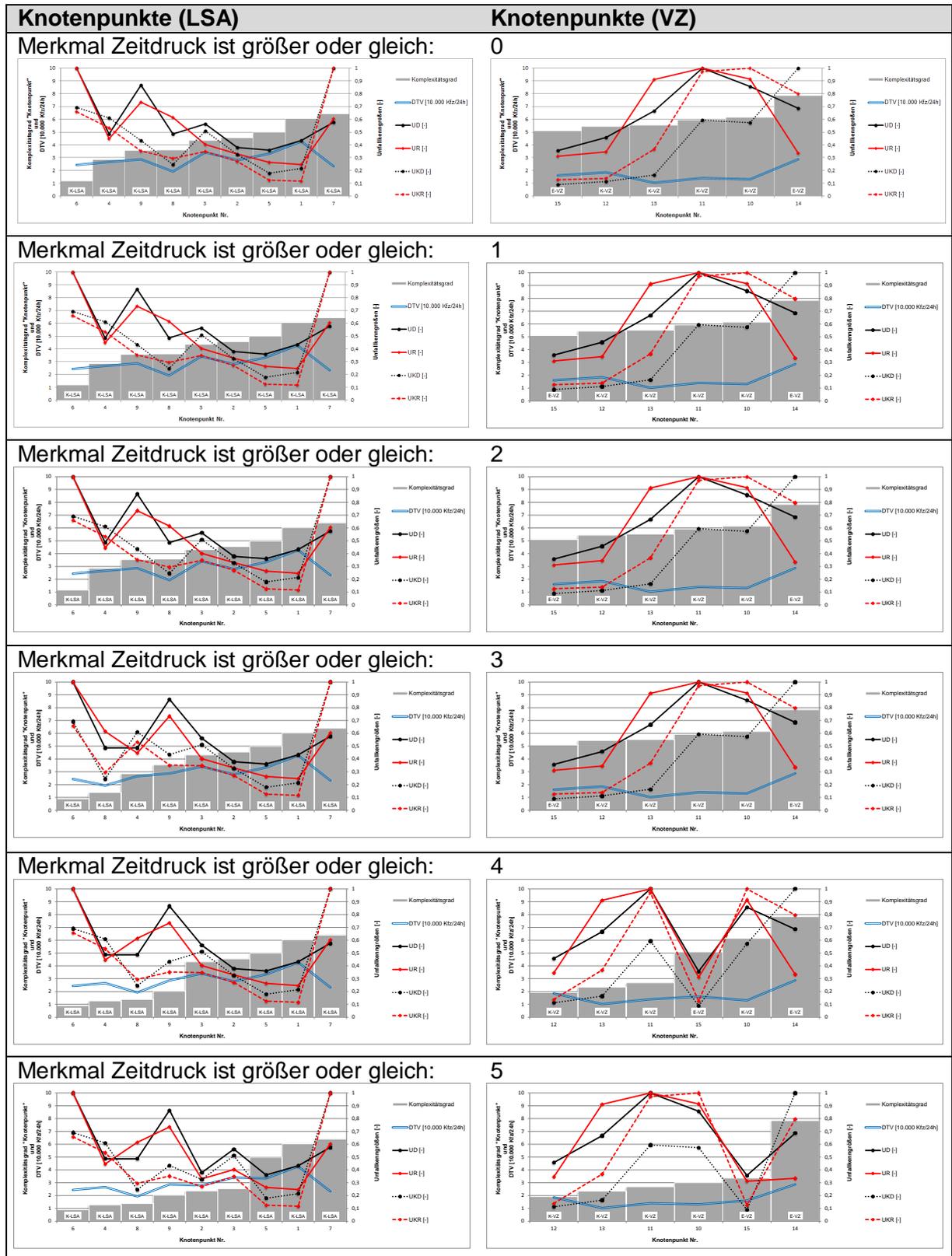
Dieses Vorgehen bildet allerdings einen Aspekt in der vergleichenden Beurteilung der Knotenpunkte besser ab als das „Basisverfahren“, bei dem die Merkmale gleichberechtigt einfließen: die Komplexität an Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen im Vergleich zur Komplexität der lichtsignalgeregelten Knotenpunkte (festzustellen für einen Komplexitätsgrad des Merkmals Zeitdruck größer oder gleich 4).

Unter stärkerer Berücksichtigung des Merkmals Zeitdruck erhalten mehrheitlich die Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen, die auch während der Vor-Ort-Untersuchung weitgehend unauffällig waren, eine im Vergleich zu den lichtsignalgeregelten Knotenpunkten geringe Komplexität (zutreffend für die Knotenpunkte 11, 12 und 13). Während die komplexen Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (10 und 14) ihren im Vergleich hohen Komplexitätsgrad behalten (Abbildung 75).

Eine Ausnahme scheint der Knotenpunkt 15 zu sein, der eine zu den Knotenpunkten 11, 12 und 13 vergleichsweise höhere Komplexität bei geringem Unfallaufkommen erhält (vgl. auch Abbildung 76). Die höhere Komplexität ist allerdings darstellbar (vgl. auch die Anlagen A 9 und A 10). Unter anderem ist das Umfeld des Knotenpunktes durch hohen Geschäftsbesatz und eine stärkere Passantendichte geprägt, während das Umfeld der anderen Knotenpunkte

vornehmlich durch Wohnen gekennzeichnet ist. Die Sichtbeziehungen für Kraftfahrer aus der einmündenden Straße sind durch die geschlossene Randbebauung am Knotenpunkt 15 gegenüber den anderen Knotenpunkten (weit abgesetzte Bebauung) eingeschränkt. Allerdings sind sie „offensichtlich“ eingeschränkt, während die Sichtbeziehungen aus den einmündenden Straßen an den anderen Knotenpunkten auf den ersten Blick gut erscheinen. Beispielsweise am Knotenpunkt 11 durch eine etwas abseits gelegende Mauer einer Grundstücksbegrenzung tatsächlich aber nicht ausreichend sind. Die Vermutung, dass die Einschätzung der Verkehrsteilnehmer eine Rolle spielt und das eine offensichtlich komplexe Situation zu einem umsichtigeren Verhalten führt, wird damit weiter gestützt.

Tabelle 30: Bestimmung des Komplexitätsgrades unter Berücksichtigung der Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik abhängig vom Merkmal Zeitdruck (mit relativierender Zuordnung der Kennzeichen)



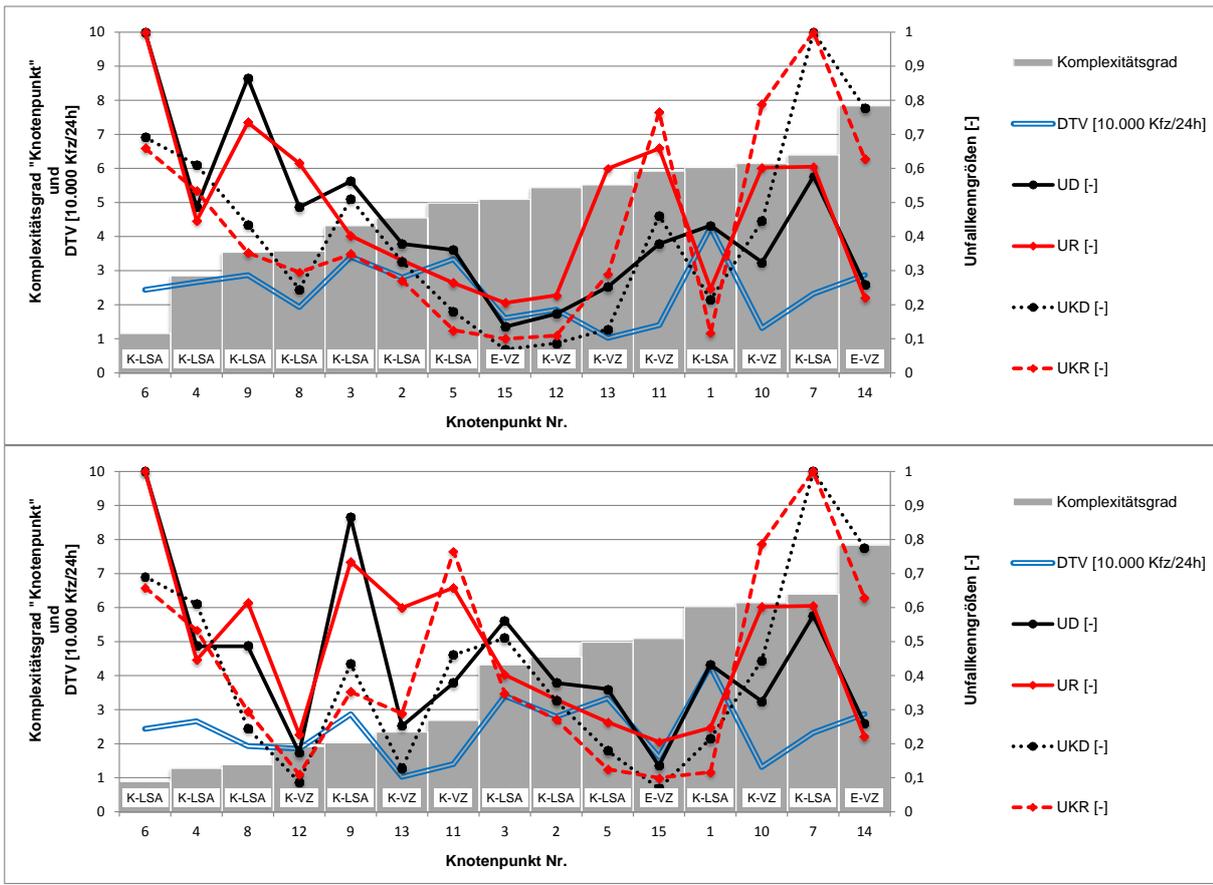


Abbildung 75: Unfallkenngrößen und Komplexitätsgrade der Knotenpunkte (LSA und VZ) ohne Abhängigkeit vom Merkmal Zeitdruck (oben) und unter Berücksichtigung der Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik ab einem Komplexitätsgrad für das Merkmal Zeitdruck größer gleich 4 (unten)

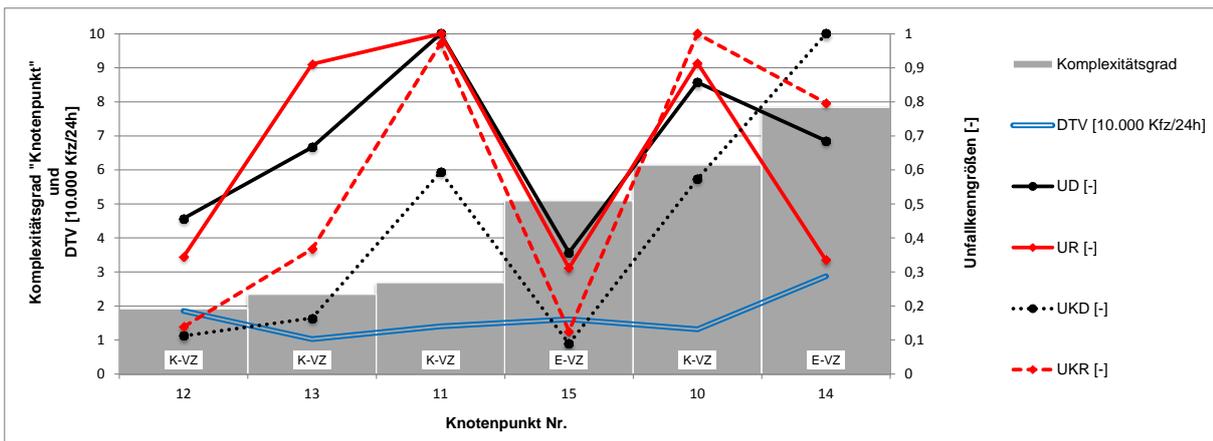


Abbildung 76: Komplexitätsgrade der Knotenpunkte (nur VZ) und Unfallkenngrößen unter Berücksichtigung der Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik ab einem Komplexitätsgrad für das Merkmal Zeitdruck größer gleich 4

9.3 Einfluss der Kennzeichenwahl auf den Komplexitätsgrad

Das in dieser Arbeit konzipierte Verfahren zur Bestimmung der Komplexität sieht es vor, den Gesamtkomplexitätsgrad der betrachteten Fragestellung über die Beurteilung der Komplexität von i. d. R. sieben Merkmalen zu beschreiben (vgl. u. a. Abschnitt 2.4). Zur Beurteilung der Komplexität der einzelnen Merkmale sind wiederum Kennzeichen erforderlich, die die konkrete Situation, z. B. am Knotenpunkt oder beim Linksabbiegen, beschreiben können.

Diese Vorgehensweise wird grundsätzlich als zweckmäßig angesehen. Sie verlangt vom Anwender, sich grundlegend und möglichst umfassend mit der Komplexität auseinanderzusetzen und allgemein anerkannte Merkmale der Komplexität zu beschreiben. Der potenzielle Fehler, Kennzeichen, die die Komplexität an Knotenpunkten beeinflussen können, unberücksichtigt zu lassen, soll dadurch eingegrenzt werden. Unter der Berücksichtigung, dass im Hinblick auf die Anwendbarkeit des Verfahrens voraussichtlich nicht alle möglichen wechselseitigen Beeinflussungen bzw. der Einfluss bestimmter Randbedingungen, z. B. Tageslicht/Dunkelheit, auf die Kennzeichen umfassend abgebildet werden können.

Im Folgenden soll der Einfluss auf die Komplexität, der sich durch die Wahl der Kennzeichen ergibt, am Beispiel des Linksabbiegens dargestellt werden.

Dazu werden neben der bereits angewandten Methode („Basisverfahren“, Variante 1) zwei weitere Varianten aufgezeigt, die aus verschiedenen Sichtweisen das Weglassen bestimmter Kennzeichen begründen können. In der Variante 2 sollen nur die Kennzeichen berücksichtigt werden, die aus Sicht des linksabbiegenden Kraftfahrers für die konkrete Aufgabe einen unmittelbaren Bezug haben (vgl. Tabelle 31). Variante 3 berücksichtigt nur die Kennzeichen, die aufgrund ihrer Ausprägungen für die meisten Linksabbiegesituationen relevant waren. Kennzeichen, die nur an wenigen Knotenpunkten eine Bedeutung hatten, werden in der Variante 3 nicht berücksichtigt (vgl. Abbildung 77 und Tabelle 31).

Erwartungsgemäß zeigt sich, dass sich unterschiedliche Komplexitätsgrade und somit auch unterschiedliche Zusammenhänge zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen einstellen können. Nur bei den Linksabbiegesituationen an den Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen stellt sich ein vergleichbares Bild ein (Tabelle 32), da hier insbesondere die Kennzeichen

- 5: Führung der Kfz-Linksabbieger,
- 7: Anordnung der Linksabbiegestreifen beider Fahrtrichtungen,
- 8: Berücksichtigung/Erkennen des Radverkehrs beim Linksabbiegen,
- 9: Berücksichtigung/Erkennen des Fußgängerverkehrs beim Linksabbiegen und
- 12: Kfz-Verkehrsmengen der Gegenrichtung

von Bedeutung sind, die in allen drei Varianten berücksichtigt werden.

Die exakte Bedeutung und Gewichtung einzelner Kennzeichen auf die Komplexität kann im Rahmen dieser Arbeit abschließend nicht beurteilt werden. Wünschenswert wäre ein Katalog von Kennzeichen je Merkmal und betrachteter Situation, der sich ggf. aus zukünftigen Untersuchungen ableiten lässt. An dieser Stelle wird es als zweckmäßig angesehen, möglichst viele Kennzeichen mit „hartem und weichem“ Bezug zur Situation zu erfassen.

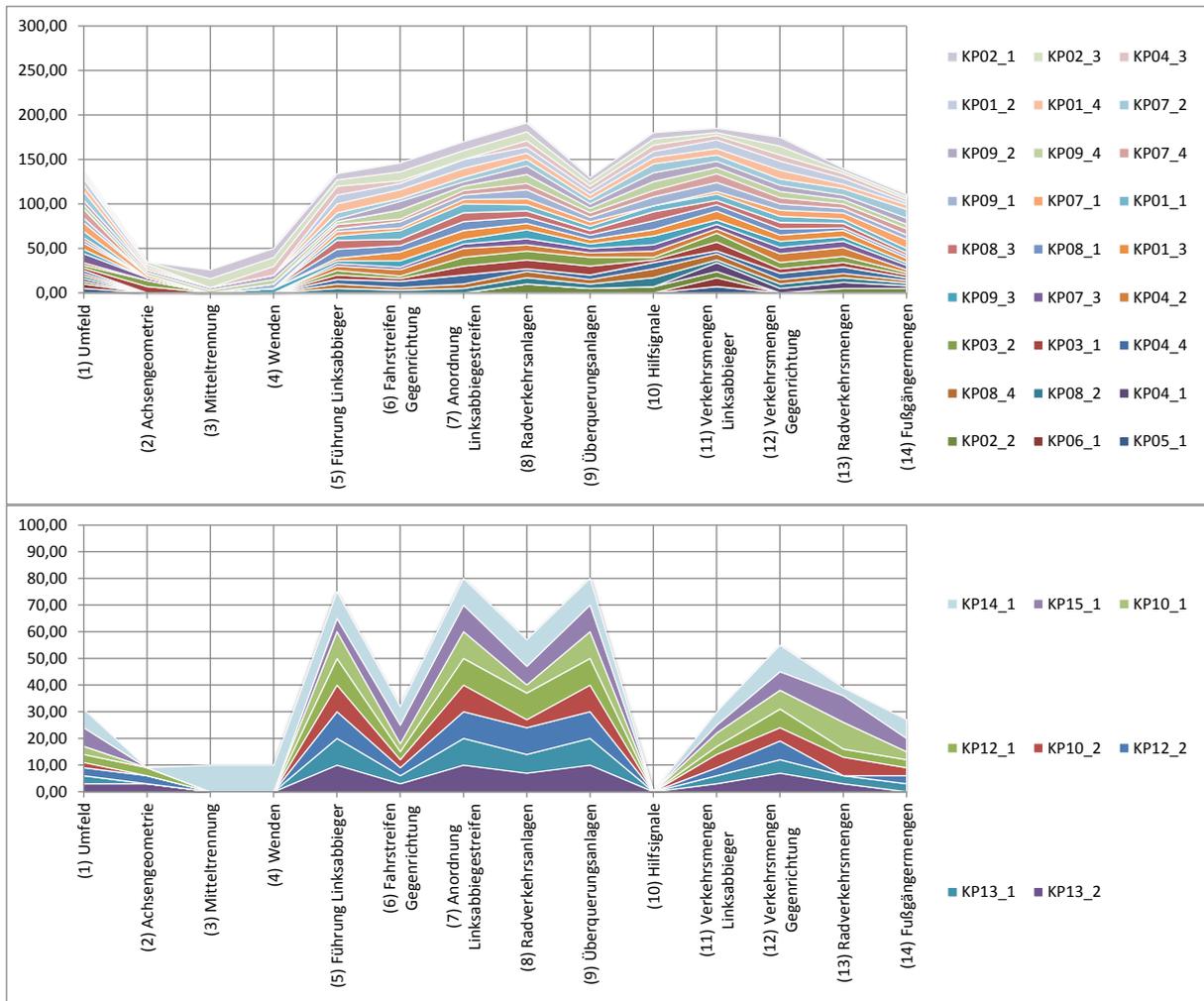


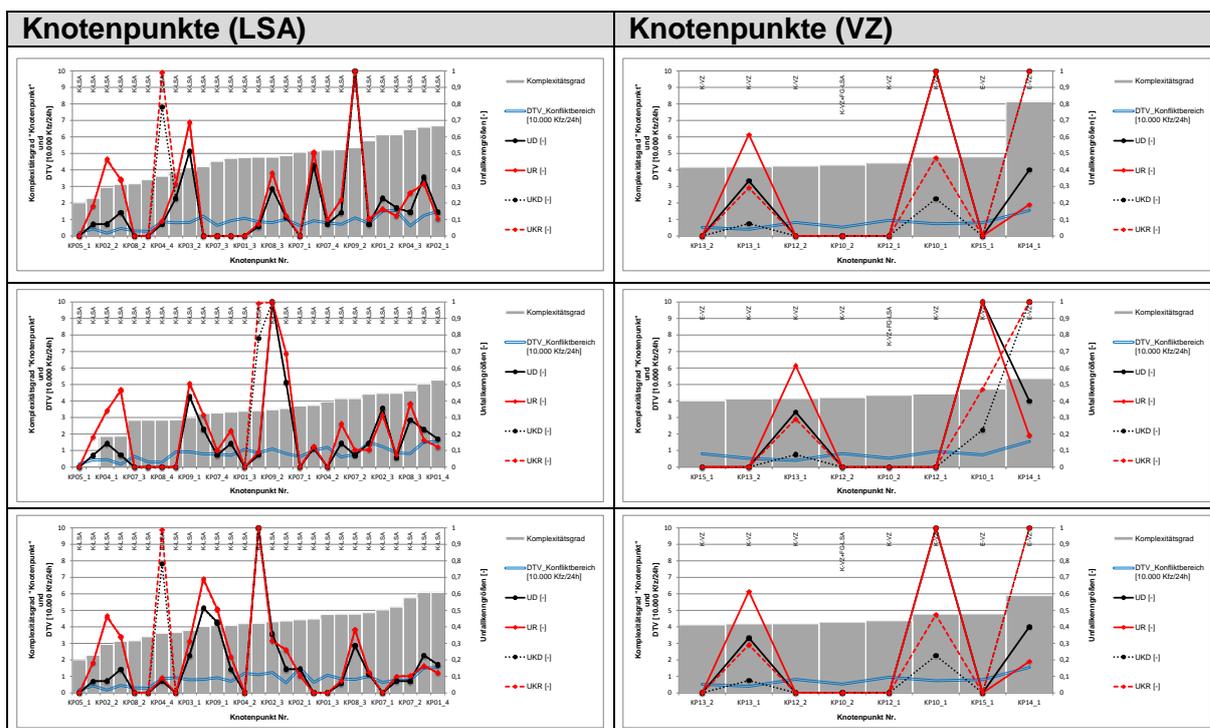
Abbildung 77: Ausprägungen der Kennzeichen (mögliche Werte je Kennzeichen: 0 bis 10) betrachteter Linksabbiegesituationen für lichtsignalgeregelter Knotenpunkte (oben) und Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (unten)

Tabelle 31: Kennzeichen zur Bestimmung der Komplexität des Linksabbiegens in verschiedenen Varianten

Nr.	Kennzeichen	Berücksichtigung in Variante		
		1	2	3
1	Umfeldnutzung	Ja	Nein	Ja
2	Achsengeometrie (Sichtbeziehungen)	Ja	Ja	Nein
3	Mitteltrennung Fahrbahn (Sichtbeziehungen)	Ja	Ja	Nein
4	Mitteltrennung Fahrbahn (Wenden erlaubt/möglich)	Ja	Nein	Nein
5	Führung der Kfz-Linksabbieger	Ja	Ja	Ja
6	Anzahl Fahrstreifen der bevorrechtigten Fahrzeugströme der Gegenrichtung	Ja	Ja	Ja
7	Anordnung der Linksabbiegestreifen beider Fahrtrichtungen	Ja	Ja	Ja
8	Berücksichtigung/Erkennen des Radverkehrs beim Linksabbiegen	Ja	Ja	Ja
9	Berücksichtigung/Erkennen des Fußgängerverkehrs beim Linksabbiegen	Ja	Ja	Ja
10	Hilfssignale	Ja	Nein	Teilweise*
11	Verkehrsmengen der Linksabbieger	Ja	Nein	Ja
12	Kfz-Verkehrsmengen der Gegenrichtung	Ja	Ja	Ja
13	Verkehrsmengen relevanter Radverkehrsströme	Ja	Ja	Ja
14	Verkehrsmengen relevanter Fußgänger verkehrsströme (Überquerungen)	Ja	Ja	Ja

* Berücksichtigung nur bei Linksabbiegesituationen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten

Tabelle 32: Komplexitätsgrade des Linksabbiegens für Variante 1 (oben), Variante 2 (Mitte) und Variante 3 (unten)



9.4 Vergleich der ermittelten Komplexität mit einer qualitativen Komplexität auf Basis der Sicherheitsanalysen

Im Rahmen der Untersuchung wurden für die betrachteten 15 Knotenpunkte Komplexitätsgrade mit dem erläuterten Verfahren ermittelt. Die vorangegangenen Abschnitte der Sensitivitätsbetrachtungen haben zudem abweichende Vorgehensweisen berücksichtigt, die ebenso eine Berechtigung erfahren können.

Mit der folgenden Plausibilitätsbetrachtung werden die ermittelten Komplexitätsgrade, qualitativen Komplexitätsgraden gegenübergestellt (vgl. Tabelle 33), die auf den Sicherheitsanalysen und den Verhaltens- und Konfliktbeobachtungen vor Ort beruhen (vgl. Kapitel 7 und die Anlagen A 7 bis A 10) und die Komplexität am Knotenpunkt einschätzen. Es werden die Komplexitätsgrade von vier Varianten miteinander verglichen:

- Variante A: Ermittlung der Komplexität über eine gewichtete Zuordnung der Kennzeichen zu den Merkmalen („Basisverfahren“ zu Ermittlung der Komplexität gemäß Abschnitt 2.4)
- Variante B: Ermittlung der Komplexität ohne gewichtete Zuordnung der Kennzeichen zu den Merkmalen (abweichendes Verfahren, vgl. Abschnitt 9.2)
- Variante C: Ermittlung der Komplexität über eine gewichtete Zuordnung der Kennzeichen zu den Merkmalen („Basisverfahren“); zudem werden die Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik nur dann gewertet, wenn das Merkmal Zeitdruck einen Komplexitätsgrad größer oder gleich 4 aufweist (abweichendes Verfahren, vgl. Abschnitt 9.2)
- Variante D: Qualitative Beurteilung der Komplexität auf Basis der Vor-Ort-Untersuchungen (Vorgehen: 1. Einstufung in vier Komplexitätsgrade: 1 = geringe Komplexität, 4 = mittlere Komplexität, 7 = hohe Komplexität und 10 = sehr hohe Komplexität; 2. Vergleichende Beurteilung innerhalb des gleichen Komplexitätsgrades)

Abbildung 78 bildet die Rangfolge der Komplexitätsgrade je Variante ab. Der jeweils höchste Komplexitätsgrad belegt den Rang 1, der geringste Grad belegt den Rang 15.

Der Vergleich zeigt, dass mit den Verfahren zur Ermittlung der Komplexität grundlegend Ergebnisse erzeugt werden, die mit den qualitativen Einschätzungen auf Basis der Vor-Ort-Analysen übereinstimmen. Im Ansatz liefert das Verfahren der Variante C, bei dem die Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik in Abhängigkeit vom Zeitdruck gewertet wurden, die beste Übereinstimmung mit der Variante D. Dies gilt vor allem für den Vergleich der Komplexität an Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen zur Komplexität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten. Diese Vorgehensweise scheint auch im Hinblick auf die Beurteilung der Gesamtanlage die plausibelsten Ergebnisse zu liefern.

Tabelle 33: Vergleich der Komplexitätsgrade in vier Varianten

Nr.	Knotenpunkttyp (Verkehrsregelung)	Komplexität nach Variante			
		A	B	C	D
1	Kreuzung (LSA)	6,03	6,01	6,01	10 (++)
2	Kreuzung (LSA)	4,55	4,52	4,52	7 (++)
3	Kreuzung (LSA)	4,32	4,31	4,31	7 (+++)
4	Kreuzung (LSA)	2,85	2,87	1,28	4 (++)
5	Kreuzung (LSA)	4,99	5,12	5,12	4 (+)
6	Kreuzung (LSA)	1,15	1,30	0,88	1 (++)
7	Kreuzung (LSA)	6,39	6,46	6,46	10 (+)
8	Kreuzung (LSA)	3,58	3,49	1,38	1 (+)
9	Kreuzung (LSA)	3,54	3,56	2,03	7 (+)
10	Kreuzung (VZ)	6,14	5,98	5,98	7 (++++)
11	Kreuzung (VZ)	5,92	5,75	2,69	1 (+++++)
12	Kreuzung (VZ)	5,44	5,23	1,92	1 (+++++)
13	Kreuzung (VZ)	5,52	5,31	2,34	1 (+++)
14	Einmündung (VZ)	7,84	7,71	7,71	10 (+++)
15	Einmündung (VZ)	5,09	5,12	5,12	4 (+++)

Erläuterung zum qualitativen Komplexitätsgrad:
 Kennwert: 1. Einschätzung der Komplexität über die gewählte 4er-Stufung
 („+“-Zeichen): 2. Einschätzung der Rangfolge innerhalb eines Komplexitätsgrades; + = geringste Komplexität, ++ = nächst höhere Komplexität usw.

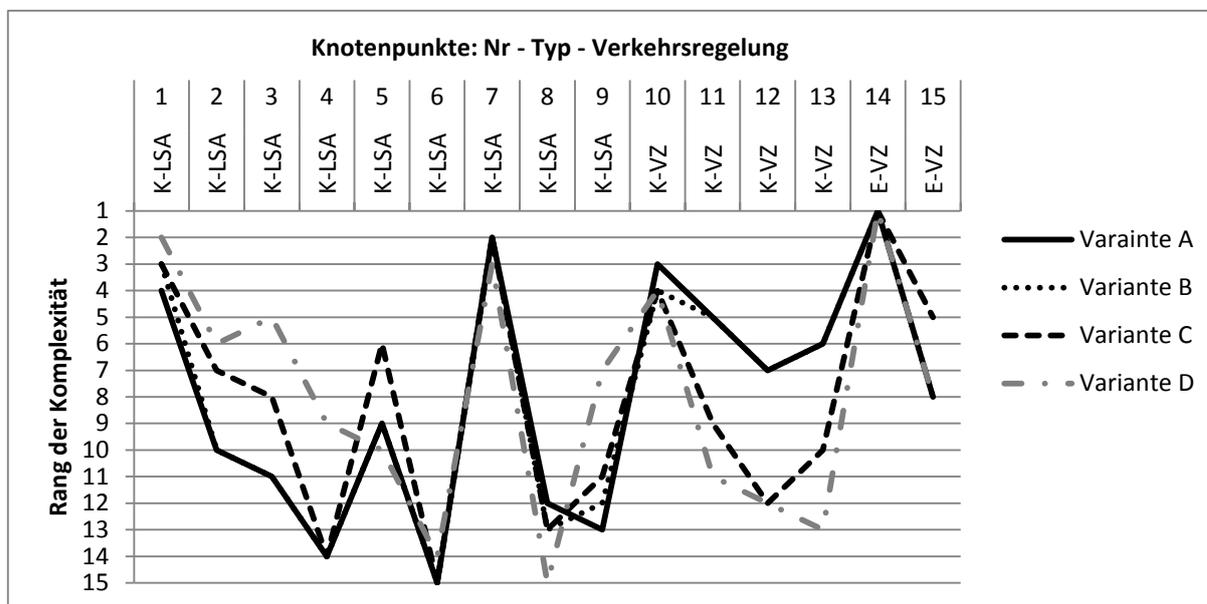


Abbildung 78: Vergleich der Rangfolge der Komplexitätsgerade in vier Varianten

9.5 Fazit zu den Sensitivitätsbetrachtungen

Die Sensitivitätsbetrachtungen haben verdeutlicht, dass das gewählte Verfahren zur Ermittlung der Komplexität zum einen abhängig von verschiedenen Parametern ist und zum anderen auch andere Vorgehensweisen eine Berechtigung haben können. Ein allgemeingültiges und belastbares Verfahren lässt sich allerdings auf Grundlage der Daten, der gewonnenen Erkenntnisse und des Umfangs der Untersuchung nicht ableiten.

Grundsätzlich liefert das gewählte Verfahren plausible Ergebnisse im Hinblick auf die Komplexität. Dies konnte im Rahmen der Komplexitätsbetrachtungen und mithilfe der Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen belegt werden. Die generelle Vorgehensweise, die Komplexität eines Knotenpunktes bzw. einer betrachteten Fragestellung über allgemein anerkannte Merkmale der Komplexität zu erfassen, wird daher als zweckmäßig angesehen. So wird weitgehend sichergestellt, dass möglichst alle Einflüsse auf die Komplexität systematisch erfasst und übersichtlich abgebildet werden können. Diese Einflüsse werden über Kennzeichen beschrieben, die z. B. auf Erfahrungen der Verkehrsforschung basieren.

Die potenzielle Fehlerquelle, dass bestimmte Kennzeichen keine Berücksichtigung finden und die damit verbundene Unsicherheit im Verfahren, lässt sich allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig ausmerzen. Vor allem dann nicht, wenn es sich um Kennzeichen handelt, die die Einschätzung der Verkehrsteilnehmer beschreiben sollen. Um stabile Ergebnisse zu erreichen, ist es ggf. erforderlich, das Verfahren z. B. um psychologische oder auch gerontologische Kennzeichen (Fähigkeiten) zu erweitern.

Die dem Verfahren zugrunde liegenden Merkmale der Komplexität fließen gleichberechtigt in den Komplexitätsgrad ein. Eine differenzierte prozentuale Gewichtung der Merkmale lässt sich auf Basis der Ergebnisse nicht darstellen. Allerdings hat sich gezeigt, dass eine stärker bewertete Abhängigkeit der Merkmale vom Faktor „Zeit“ zu Ergebnissen führt, die die Komplexität der Gesamtanlage, auch im Vergleich der lichtsignalgeregelten – tendenziell höher belasteten – Knotenpunkte zu den Knotenpunkten mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen, besser abbilden können.

10 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

Problemstellung

Bislang kommen im Rahmen des deutschen Sicherheitsmanagements der Straßenverkehrsinfrastruktur für das bestehende Straßennetz i. d. R. reaktive Instrumente der Verkehrssicherheitsarbeit zum Einsatz, die vorwiegend betriebliche Mängel oder Unfallhäufungen identifizieren und darauf reagierend Maßnahmen zur Verbesserung ableiten. Ein formalisiertes und standardisiertes Verfahren, das auch unabhängig vom Unfallgeschehen Sicherheitsdefizite im Bestand identifizieren kann und dabei sämtliche Aspekte der Verkehrssicherheitsarbeit berücksichtigt, fehlt derzeit. Diese Lücke soll mit den für 2013 geplanten Empfehlungen für die Durchführung eines Bestandsaudits von Straßen geschlossen werden. Eine vollständige Überprüfung des bestehenden Straßennetzes ist allerdings allein aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchführbar. Das Bestandsaudit soll u. a. daher anlassbezogen eingesetzt werden, z. B. dort, wo Unsicherheiten zu erwarten sind (vgl. FGSV 2009).

Im innerörtlichen Straßennetz gelten Knotenpunkte als Orte mit hohem Risikopotenzial für die Verkehrsteilnehmer. Im Weiteren wird oftmals die Komplexität der Verkehrsanlage als Unsicherheitsfaktor und mögliche Ursache für Unfälle angeführt. Es wird daher als zweckmäßig erachtet, eine Überprüfung des innerörtlichen Bestandes zunächst auf komplexe Knotenpunkte zu fokussieren. Unklar ist jedoch, wie und auf welcher Basis komplexe Knotenpunkte identifiziert werden können.

Zielsetzung

Mit der vorliegenden Dissertation wird daher ein Beitrag zur Komplexitätsforschung an innerörtlichen Knotenpunkten geleistet. Dieser stellt zum einen eine Grundlage zur Identifizierung komplexer Knotenpunkte im Bestand dar, um präventiv Verbesserungen durchführen zu können; zum anderen wird der Frage nachgegangen, wie sich die Komplexität an Knotenpunkten erfassen, beschreiben und beurteilen lässt.

Das Verfahren zur Bestimmung der Komplexität soll dabei die wesentlichen Aspekte der Komplexität umfassend berücksichtigen, in seinem Aufbau möglichst flexibel sein, um auf verschiedene Fragstellungen übertragen werden zu können und letztlich überschaubar bleiben, um nicht selber dem Aufwand eines Bestandsaudits gleich zu kommen.

Im Weiteren werden die Zusammenhänge zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen an Knotenpunkten untersucht. So können mögliche Abhängigkeiten dargestellt werden, deren Berücksichtigung zukünftig dabei helfen können, Unsicherheiten der Verkehrsteilnehmer durch eine Veränderung der Komplexität an Knotenpunkten zu vermeiden.

Mit Blick auf eine nachhaltig sichere Gestaltung von Knotenpunkten und unter Berücksichtigung des demografischen Wandels, wird ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchung auf die Belange von Kindern, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen gelegt.

Methodik

Die **Anforderungen an die Gestaltung von Knotenpunkten**, die sich insbesondere aus den Belangen von Kindern, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen ergeben, werden u. a. auf Basis einer Grundlagenrecherche zu den spezifischen psychischen und physischen Fähigkeiten der intendierten Zielgruppen abgeleitet. Im Weiteren dienen makro-

skopische Unfallanalysen, Sicherheitsanalysen ausgewählter Knotenpunkte und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr dazu, prototypische Merkmale und Situationen an Knotenpunkten zu identifizieren, die vor allem für Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen komplexe Aufgaben darstellen.

Zur **Bestimmung und Beurteilung der Komplexität an Knotenpunkten** wird ein Verfahren konzipiert, das auf anerkannten Merkmalen der Komplexität beruht. Die Merkmale werden vorwiegend auf Basis einer Grundalgenrecherche zur Komplexität bestimmt. Daneben müssen sie sich auf Knotenpunkte übertragen und durch messbare bzw. beurteilbare Kennzeichen an Knotenpunkten beschreiben lassen. Die Kennzeichen berücksichtigen Erfahrungen der Verkehrssicherheitsarbeit und umfassen vorwiegend Aspekte der Umgebung, der Gestaltung, der Verkehrsregelung und der Verkehrsmengen von bzw. an Knotenpunkten. Das Ziel ist die Bestimmung eines Komplexitätsgrades, der in weiteren Schritten Unfallkenngrößen gegenübergestellt wird und mit dem sich Knotenpunkte hinsichtlich ihrer Komplexität vergleichen lassen. Das Verfahren zur Ermittlung der Komplexität stellt dabei einen möglichen und plausiblen Ansatz dar, den es im Verlauf der Untersuchung zu evaluieren gilt.

Erkenntnisse

Kinder, Senioren und Menschen mit Mobilitätseinschränkungen sind aufgrund ihrer spezifischen Fähigkeiten auf eine ausreichend sichere Gestaltung von Knotenpunkten gemäß aktuellen Entwurfsregelwerken besonders angewiesen. Gleichwohl stellt die Berücksichtigung ihrer Ansprüche an eine sichere Verkehrsinfrastruktur auch einen Sicherheitsgewinn für alle anderen Verkehrsteilnehmer dar.

Im Rahmen der Untersuchung konnten bekannte Einflussfaktoren, die gerade zu einer Gefährdung der genannten Personengruppen führen, sicher verifiziert werden. Dazu zählen die Gewährleistung der Sichtbeziehungen, die regelwerkskonforme Gestaltung von Verkehrsanlagen, insbesondere Überquerungsanlagen und Radverkehrsanlagen, sowie die gesicherte Führung von Linksabbiegern an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten.

Die beobachteten Konfliktsituationen und identifizierten Sicherheitsdefizite wurden an Knotenpunkten im Bestand aufgenommen. Deren Gestaltung entsprach in vielen Fällen nicht den Planungsempfehlungen aktueller Entwurfsregelwerke und somit nicht dem Stand der Verkehrssicherheitstechnik. Wesentliche Konflikte und Unsicherheiten sowie auch Unfälle wären nicht aufgetreten, wenn die Knotenpunkte gemäß den Vorgaben einschlägiger Regelwerke gestaltet gewesen wären.

Das konzipierte **Verfahren zur Bestimmung der Komplexität** sowie die gewählte Vorgehensweise, die Komplexität einer bestimmten Fragestellung über die Ausprägung in den Merkmalen Umgebung, Vernetztheit, Intransparenz, Eigendynamik, Zeitdruck, Ziellpluralität und Handlungsmöglichkeiten zu bilden, hat sich grundsätzlich als geeignet erwiesen. Es liefert plausible Ergebnisse. Zudem stellt diese Vorgehensweise sicher, dass die Komplexität möglichst umfassend in ihren Facetten erfasst und beschrieben werden kann.

Allerdings haben sich auch Unsicherheiten gezeigt. Das Verfahren ist abhängig von der Wahl der Kennzeichen, die die Merkmale hinsichtlich ihrer Komplexität beschreiben. Die Kennzeichen sollten möglichst umfassend alle relevanten Aspekte berücksichtigen, die die Komplexität der jeweiligen Fragestellung beeinflussen können. Dabei können und sollen Erfahrungen der Verkehrssicherheitsarbeit einfließen. Die notwendige Qualität und Quantität der Kennzeichen lässt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend festlegen. Es hat

sich gezeigt, dass auch psychologische Aspekte eine Rolle spielen können, die mit vorwiegend infrastrukturellen Kennzeichen nicht abgebildet werden können.

Im Weiteren hat es sich als zweckmäßig ergeben, die Merkmale der Komplexität differenziert in den Komplexitätsgrad einfließen zu lassen. Dabei ist eine prozentual differenzierte Gewichtung der einzelnen Merkmale auf der Basis der Untersuchungsergebnisse nicht abzuleiten. Allerdings sollten insbesondere die Merkmale, die die Übersichtlichkeit, die Begreifbarkeit und die potenziellen Konfliktsituationen an Knotenpunkten beschreiben, in stärkerer Abhängigkeit vom Faktor Zeit in die Bestimmung des Komplexitätsgrades integriert werden²⁷.

Ein belastbarer **Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen** konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht hergestellt werden. Es haben sich allerdings Tendenzen gezeigt, die zu zwei Thesen führen:

These 1: Mit zunehmender Komplexität nimmt das Unfallgeschehen zu.

These 2: Allerdings bedarf es auch einer bestimmten und vor allem erkennbaren Komplexität, um Unfälle zu vermeiden.

Die erste These ergibt sich vorwiegend für vergleichbare Knotenpunkte (u. a. im Hinblick auf die Verkehrsregelung) oder bestimmte Situationen, wie das Linksabbiegen oder das Überqueren der Fahrbahn. Ab einem gewissen, hier nicht abschließend bestimmbar Grad²⁸, wird die Situation so komplex, dass dies auch zu Unfällen führt. Die zweite These gründet in erster Linie auf den Feststellungen, dass in augenscheinlich wenig komplex wirkenden Situationen²⁹, Unfälle durch z. T. sehr spezifische lokale Randbedingungen geschehen sind, die für Verkehrsteilnehmer ein „Überraschungsmoment“ darstellten bzw. in dieser Form nicht vorhersehbar waren.

Fazit, Empfehlungen und Ausblick

Ein quantifizierbarer Zusammenhang zwischen der Komplexität an Knotenpunkten und dem Unfallgeschehen an diesen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht hergestellt werden. Dennoch ist es nach Meinung des Verfassers zielführend, weitere Anstrengungen auf dem Gebiet der Komplexitätsforschung an Verkehrsanlagen auf sich zu nehmen, um die Verkehrssicherheit weiter verbessern zu können. Den Anlass dazu geben Ergebnisse, die einen Zusammenhang zwischen der Komplexität und dem Unfallgeschehen im Ansatz aufzeigen.

Das konzipierte Verfahren zur Bestimmung der Komplexität an Verkehrsanlagen ist grundsätzlich geeignet, die Komplexität darzustellen. Auf dieser Basis können komplexe Knotenpunkte bzw. auch Situationen unter vertretbarem Aufwand identifiziert werden. Es sollte aber in fortführenden Schritten weiter präzisiert werden. Insbesondere auf dem Gebiet

- der wechselseitigen Beeinflussung bzw. Abhängigkeiten bestimmter Merkmale der Komplexität (und ggf. auch Kennzeichen) zueinander sowie
- der notwendigen Quantität und Qualität der zu berücksichtigenden Kennzeichen.

²⁷ Plausible Ergebnisse für die Komplexität an Knotenpunkten haben sich auf Basis der Bewertungsskala von 0 bis 10 ergeben, wenn die Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik erst ab einem Komplexitätsgrad des Merkmals Zeitdruck größer oder gleich 4 Berücksichtigung finden.

²⁸ Auf Basis der hier zugrunde liegenden Bewertungsskala von 0 bis 10 ergab sich dies mehrheitlich, ab einem Komplexitätsgrad größer als 5-6, also in etwa 50-60 % der „maximalen zu erreichenden Komplexität“.

²⁹ Mehrheitlich für einen Komplexitätsgrad kleiner oder gleich 4.

Es wird als zielführend angesehen, sich verstärkt der Fragestellung zu widmen, über welche Kennzeichen der Zeitdruck möglichst exakt beschrieben werden kann. Einen Gewinn würde das Verfahren erfahren, wenn es gelänge, weitere Erkenntnisse verschiedener Fachdisziplinen, z. B. der Verkehrspsychologie, der Gerontologie oder auf dem Gebiet der Sicht- bzw. Blickfeldanalysen, zu integrieren.

Im Hinblick auf die allgemeine Verkehrsicherheit sollte dem Sicherheitsaudit und dem Bestandsaudit auch für den Bereich der Stadtstraßen zukünftig eine große Bedeutung zugesprochen werden. Beide sollten ein verbindlicher Bestandteil der Planung bzw. des Sicherheitsmanagements bestehender Stadtstraßen sein. Das Bestandsaudit kann dabei Teil reaktiver Verfahren sein, z. B. im Rahmen der örtlichen Unfalluntersuchung, aber auch präventiv eingesetzt werden, z. B. auf Basis weiter zu führender Komplexitätsbetrachtungen.

Literaturverzeichnis

StVUnfStatG, vom 15.06.1990 (zuletzt geändert am 31.10.2006): Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz). Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/stvunfstag_1990/BJNR010780990.html, zuletzt geprüft am 13.07.2013.

VwV-StVO, vom 22.10.1998 (in der Fassung vom 17.07.2009): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung. Online verfügbar unter http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26012001_S3236420014.htm, zuletzt geprüft am 13.10.2013.

UVPG, vom 12.02.1990 (zuletzt geändert am 08.04.2013): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/uvpg/gesamt.pdf>, zuletzt geprüft am 08.10.2013.

bfu (Hg.) (2013): Mobil bleiben. Sicher unterwegs - Sichere Autofahrt. Beratungsstelle für Unfallverhütung. Online verfügbar unter http://www.bfu.ch/PDFLib/1037_42.pdf, zuletzt geprüft am 12.09.2013.

BMVBS (2010): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 26/2010. Straßenverkehrsinfrastruktur-Sicherheitsmanagement; Umsetzung der Richtlinie 2008/96/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 19.11.2008 über ein Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur in nationales Recht. Dortmund: Verkehrsblatt-Verlag.

Bundesrat (2010): Beschluss des Bundesrates. Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Ein europäischer Raum der Straßenverkehrssicherheit - Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011 - 2020. KOM(2010) 389 endg. (Drucksache 460/10), 24.09.2010.

DVR (Hg.) (2008): BG/UK/DVR-Schwerpunktaktion „Verkehrssicherheit innerorts“. Hintergrundinformationen. Kreuzungen: Souverän mit Übersicht. Deutscher Verkehrssicherheitsrat e. V. Online verfügbar unter <http://jahresaktion.dvr.de/2008/inhalt/Kreuzungen.pdf>, zuletzt geprüft am 10.07.2013.

Engeln, Arndt; Schlag, Bernhard (2008): Kompensationsstrategien im Alter. In: Bernhard Schlag (Hg.): Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Unter Mitarbeit von Esther Burgard, Amos S. Cohen, Arndt Engeln, Uwe Ewert, Michael Falkenstein, Wolfgang Fastenmeier et al. Köln: TÜV-Media (Mobilität und Alter, Bd. 03), S. 255–275.

Europäische Kommission (2008): Richtlinie 2008/96/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. November 2008 über ein Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur. Richtlinie 2008/96/EG, 2008. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:319:0059:0067:DE:PDF>, zuletzt geprüft am 05.09.2013.

Europäische Kommission (2010): Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein europäischer Raum der Straßenverkehrssicherheit: Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020. Brüssel, 22.07.2010 (KOM(2010) 389 endg.).

Falkenstein, Michael; Sommer, Sascha M. (2008): Altersbedingte Veränderungen kognitiver und neuraler Prozesse mit Bedeutung für das Autofahren. In: Bernhard Schlag (Hg.): Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Unter Mitarbeit von Esther Burgard, Amos S. Cohen, Arndt Engeln, Uwe Ewert, Michael Falkenstein, Wolfgang Fastenmeier et al. Köln: TÜV-Media (Mobilität und Alter, Bd. 03), S. 113–141.

FGSV (Hg.) (2002): Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen. ESAS. Ausgabe 2002. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Köln (FGSV-Kategorie R2, FGSV-Nr. 298).

FGSV (Hg.) (2006): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen. RAST 06. Ausg. 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Köln (FGSV-Kategorie R1, FGSV-Nr. 200).

FGSV (Hg.) (2009): Arbeitskreis 2.7.1 "Empfehlungen für die Durchführung eines Bestandsaudits von Straßen". In: Arbeitsgruppe 2 "Straßenentwurf", Arbeitsausschuss 2.7 "Sicherheitsaudit von Straßen". Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Online verfügbar unter <http://www.fgsv.de/955.html>, zuletzt geprüft am 08.10.2013.

FGSV (Hg.) (2010): Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr. RiLSA. Ausgabe 2010. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Köln (FGSV-Kategorie R1, FGSV-Nr. 321).

FGSV (Hg.) (2011): Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen. H BVA. Ausg. 2011. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Köln (FGSV-Kategorie W1, FGSV-Nr. 212).

FGSV (Hg.) (2012a): Arbeitsausschuss 2.13 "Verkehrssicherheitsbewertung von Straßen". In: Arbeitsgruppe 2 "Straßenentwurf". Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Online verfügbar unter <http://www.fgsv.de/1593.html>, zuletzt geprüft am 08.10.2013.

FGSV (Hg.) (2012b): Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen. M Uko. Ausgabe 2012. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. Köln (FGSV-Kategorie R2, FGSV-Nr. 316/1).

Gabler Verlag (Hg.) (2013): Komplexität (Gabler Wirtschaftslexikon). Online verfügbar unter <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/5074/komplexitaet-v7.html>, zuletzt geprüft am 10.05.2013.

Gerlach, Jürgen; Seipel, Sebastian; Poschadel, Sebastian; Boenke, Dirk (in Druck): Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben (noch nicht veröffentlicht). Hg. v. GDV/UDV. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. - Unfallforschung der Versicherer. Berlin.

Grimm, Reinhard (2009): Einfach komplex. Neue Herausforderungen im Projektmanagement. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Limbourg, Maria (1997): Kinder unterwegs im Verkehr. Ansätze zur Erhöhung der Verkehrssicherheit im Kindesalter. Verkehrswachtforum, Heft 3, Meckenheim. Online verfügbar unter http://www.uni-due.de/traffic_education/alt/texte.ml/KuiV.html, zuletzt geprüft am 10.07.2013.

Limbourg, Maria (1999): Mobilität im Alter: Probleme und Perspektiven. Vortrag bei der Fachtagung des Innenministeriums NRW „Seniorinnen und Senioren als Kriminalitäts- und Verkehrsunfallopfer“, Düsseldorf, Dezember 1999. Online verfügbar unter http://www.uni-due.de/traffic_education/alt/texte.ml/Senioren.html, zuletzt geprüft am 10.07.2013.

Limbourg, Maria (2001): Psychologische Grundlagen der Lern- und Leistungsmöglichkeit von Kindern im Straßenverkehr. Vortrag beim 39. Deutschen Verkehrsgerichtstag 2001 in Goslar, Deutsche Akademie für Verkehrswissenschaft, Hamburg, 2001, S. 39-50. Online verfügbar unter http://www.uni-due.de/traffic_education/alt/texte.ml/Goslar-2001.html, zuletzt geprüft am 10.07.2013.

Limbourg, Maria; Flade, Antje; Schönharting, Jörg (2000): Mobilität im Kindes- und Jugendalter. Opladen: Leske + Budrich.

Limbourg, Maria; Matern, Stefan (2009): Erleben, Verhalten und Sicherheit älterer Menschen im Strassenverkehr. Eine qualitative und quantitative Untersuchung (MOBIAL). Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Köln: TÜV Media (Mobilität und Alter, Bd. 04).

Luhmann, Niklas (1984): Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Milling, Peter (1981): Systemtheoretische Grundlagen zur Planung der Unternehmenspolitik. Berlin: Duncker & Humblot (Abhandlungen aus dem Industrieseminar der Universität Mannheim, Heft 31).

Pfafferott, Ingo (1994): Straßengestaltung im Interesse von Kindern. In: Antje Flade (Hg.): Mobilitätsverhalten. Bedingungen und Veränderungsmöglichkeiten aus umweltsychologischer Sicht. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl.-Union, S. 291–304.

Pfeffer, Karen; Barnecutt, Peter (1996): Children's auditory perception of movement of traffic sounds. In: Stuart Logan (Hg.): Child: Care, Health and Development, Volume 22, Issue 2, S. 129–137.

Poschadel, Sebastian (2006): Prototypische Kinderunfälle im innerstädtischen Straßenverkehr. Von Unfallanalysen über Präventionsmöglichkeiten zur Entwicklung eines Unfallmodells. Dissertation. Ruhr-Universität, Bochum. Fakultät für Psychologie. Online verfügbar unter <http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netathtml/HSS/Diss/PoschadelSebastian/diss.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2013.

Riedl, Rupert (2000): Strukturen der Komplexität. Eine Morphologie des Erkennens und Erklärens. Berlin Heidelberg New York: Springer.

Schlag, Bernhard (2008): Einleitung: Wie sicher sind die Älteren im Straßenverkehr. Verkehrsunfallrisiken im Alter. In: Bernhard Schlag (Hg.): Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Unter Mitarbeit von Esther Burgard, Amos S. Cohen, Arndt Engeln, Uwe Ewert, Michael Falkenstein, Wolfgang Fastenmeier et al. Köln: TÜV-Media (Mobilität und Alter, Bd. 03).

Schmidt, Gerhard; Thomas, Bernd (1996): Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitählungen im Innerortsbereich. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau. Bonn-Bad Godesberg (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 732).

Schüller, Hagen (2011): Geschwindigkeiten und Unfälle auf Stadtstraßen. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit (ZVS)* (4/2011), S. 181 ff.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2012a): Verkehrsunfälle. Unfälle von Senioren im Straßenverkehr 2011. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleSenioren5462409119004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 13.07.2013.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2012b): Verkehrsunfälle. Kinderunfälle im Straßenverkehr 2011. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleKinder5462405117004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 13.07.2013.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2013): Verunglückte: Deutschland, Jahre, Geschlecht, Altersgruppen, Art der Verkehrsbeteiligung, Ortslage, Schwere der Verletzung. Teilauswertung von Verkehrsunfällen (erzeugt in GENESIS-Online Datenbank). Online verfügbar unter www.genesis.destatis.de, zuletzt geprüft am 10.07.2013.

Weth, Rüdiger von der (2001): Management der Komplexität. Ressourcenorientiertes Handeln in der Praxis. 1. Aufl. Bern [u.a.]: Huber (Psychologie-Forschung).

Abkürzungsverzeichnis

BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
DTV	Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke [Kfz/24h]
ESAS	Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen (FGSV)
ESN	Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (FGSV)
Fg	Fußgänger
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FStrAbG	Gesetz über den Ausbau der Bundesfernstraßen (Fernstraßenausbaugesetz)
Kfz	Kraftfahrzeug
LSA	Lichtsignalanlage
Lkw	Lastkraftwagen
M Uko	Merkblatt zur örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (FGSV)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
POI	Points Of Interest
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (FGSV)
Rf	Radfahrer
RiLSA	Richtlinien für Lichtsignalanlagen (FGSV)
RSA	Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (FGSV)
StVUnfStatG	Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz)
SV-Anteil	Schwerverkehrsanteil in % des DTV
UD	Unfalldichte [U/a]
U-Kat.	Unfallkategorie
UKD	Unfallkostendichte [1000 €/a]
UKR	Unfallkostenraten [Euro/1000 Kfz]
UR	Unfallrate [U/1000000 Kfz]
U-Typ	Unfalltyp
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VZ	Verkehrszeichen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Untersuchungsaufbau.....	7
Abbildung 2:	Verunglückte Kinder unter 15 Jahren bei Straßenverkehrsunfällen nach Art der Verkehrsbeteiligung in 2010 und 2011 (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 8).....	26
Abbildung 3:	Größe eines Kindes abhängig vom Alter in Relation zu einem Pkw (Poschadel 2006)	30
Abbildung 4:	Schematisiertes Blickfeld eines Pkw-Fahrers in einer Straße mit beidseitigen Parkstreifen (Poschadel 2006).....	31
Abbildung 5:	Fehlverhalten der Fußgänger im Alter von 6 bis unter 15 Jahren im Straßenverkehr 2011 (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 11)	32
Abbildung 6:	Fehlverhalten der Radfahrer im Alter von 6 bis unter 15 Jahren im Straßenverkehr 2011 (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 12)	32
Abbildung 7:	Verunglückte Senioren im Alter von 65 Jahren und älter bei Straßenverkehrsunfällen nach Geschlecht und Art der Verkehrsbeteiligung 2011 (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 8)	34
Abbildung 8:	Fehlverhalten der Senioren im Alter von 65 und älter als Fahrer von Personenkraftwagen 2011 (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 11)	34
Abbildung 9:	Übersicht mobilitätseingeschränkter Menschen (FGSV 2011, korrigierte Fassung)	38
Abbildung 10:	Anteil der Altersgruppen an der Gesamtbevölkerung zum Stichtag 31.12.2008 (Quelle: Statistisches Bundesamt)	44
Abbildung 11:	Häufigste dreistellige Unfalltypen von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden an Knotenpunkten innerorts am Beispiel der Unfalldaten Nordrhein-Westfalen aus 2004 bis 2008 ($n_{\text{ges}} = 174.947$).....	47
Abbildung 12:	Häufigkeit von Unfällen an Knotenpunkten innerorts nach Unfalltyp ($n = 285.526$)	48
Abbildung 13:	Verteilung der Unfalltypen von Unfällen an Knotenpunkten innerorts ($n = 285.526$)	48
Abbildung 14:	Verunglückte (absolut, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp ($n = 210.356$)	49
Abbildung 15:	Verunglückte (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp ($n = 210.356$)	49
Abbildung 16:	Getötete (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp ($n = 870$)	50
Abbildung 17:	Schwerverletzte (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp ($n = 31.100$)	50
Abbildung 18:	Leichtverletzte (absolut und anteilig, ohne Mitfahrer) bei Unfällen an Knotenpunkten innerorts je Unfalltyp ($n = 178.386$)	50

Abbildung 19:	Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden an Knotenpunkten mit Beteiligung von Kindern und Senioren innerorts ($n_{\text{ges}} = 285.526$).....	52
Abbildung 20:	Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden an Knotenpunkten innerorts ($n_{\text{ges}} = 285.526$)	53
Abbildung 21:	Verunglückte Hauptverursacher bei Unfällen mit Personenschaden an Knotenpunkten innerorts ($n_{\text{ges}} = 66.172$)	53
Abbildung 22:	Verunglückte weitere Beteiligte (ohne Mitfahrer) bei Unfällen mit Personenschaden an Knotenpunkten innerorts ($n_{\text{ges}} = 144.172$).....	53
Abbildung 23:	Kinder als Hauptverursacher und verunglückte weitere Beteiligte	55
Abbildung 24:	Häufigste dreistellige Unfalltypen von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden mit <i>Beteiligung von Kindern</i> an Knotenpunkten innerorts am Beispiel der Unfalldaten Nordrhein-Westfalen aus 2004 bis 2008 ($n_{\text{ges}} = 11.554$)	55
Abbildung 25:	Senioren als Hauptverursacher und verunglückte weitere Beteiligte	56
Abbildung 26:	Häufigste dreistellige Unfalltypen von Unfällen mit Personenschaden und schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden mit <i>Beteiligung von Älteren</i> an Knotenpunkten innerorts am Beispiel der Unfalldaten Nordrhein-Westfalen aus 2004 bis 2008 ($n_{\text{ges}} = 34.482$)	57
Abbildung 27:	Verteilung der Unfalltypen von Unfällen an Knotenpunkten mit Beteiligung von Menschen mit einer Mobilitätsbehinderung/-einschränkung ($n = 81$, davon 74 Unfälle mit Beteiligung eines Rollstuhl-/Krankenstuhlfahrers)	59
Abbildung 28:	Häufige Unfalltypen von Kindern, Senioren und Rollstuhlfahrern an Knotenpunkten nach Art der Verkehrsbeteiligung	60
Abbildung 29:	Komplexitätsgrade der Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen ($n = 100$)	65
Abbildung 30:	Prozentualer Anteil der Merkmalsausprägungen auf den Komplexitätsgrad ($n = 100$).....	65
Abbildung 31:	Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfalldichte an Knotenpunkten ($n = 100$)	66
Abbildung 32:	Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallkostendichte an Knotenpunkten ($n = 100$)	67
Abbildung 33:	Komplexitätsgrade im Vergleich zu UD und UKD ($n = 100$)	67
Abbildung 34:	Komplexitätsgrad für lichtsignalgeregelte Einmündungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) ($n = 10$) ..	70
Abbildung 35:	Komplexitätsgrad für verkehrszeichengeregelte Einmündungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) ($n = 10$)	70
Abbildung 36:	Komplexitätsgrad für lichtsignalgeregelte Kreuzungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) ($n = 70$).....	70

Abbildung 37:	Komplexitätsgrad für verkehrszeichengeregelte Kreuzungen im Vergleich zur Unfalldichte (Bild links) und Unfallkostendichte (Bild rechts) (n = 10)	70
Abbildung 38:	Komplexität und Unfallkenngrößen für lichtsignalgeregelte Kreuzungen an Hauptverkehrsstraßen	71
Abbildung 39:	Verteilung der Unfalltypen von Unfällen an den 15 Knotenpunkten (n = 238)	76
Abbildung 40:	Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen (oben) und deren Anteil am Komplexitätsgrad (unten)	84
Abbildung 41:	Auswirkung der Komplexitätsmerkmale auf den Komplexitätsgrad	86
Abbildung 42:	Anteil der Kennzeichengruppen am Komplexitätsgrad	86
Abbildung 43:	Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfalldichte an Knotenpunkten (n = 15)	89
Abbildung 44:	Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallrate an Knotenpunkten (n = 15)	89
Abbildung 45:	Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallkostendichte an Knotenpunkten (n = 15)	89
Abbildung 46:	Komplexitätsgrad im Vergleich zur Unfallkostenrate an Knotenpunkten (n = 15)	89
Abbildung 47:	Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte differenziert nach Art der Verkehrsregelung in Beziehung zur Unfallkostendichte (links) und Unfallkostenrate (rechts)	90
Abbildung 48:	Exemplarische Darstellung eines Kamerastandortes (Foto: Seipel)	94
Abbildung 49:	Exemplarische Darstellung der Kamerabilder (Gerlach et al. in Druck)	94
Abbildung 50:	Exemplarische Darstellung der Kamerastandorte und Positionen der Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	94
Abbildung 51:	Anzahl der Knotenpunkte mit Defiziten je Kategorie (n = 15 Knotenpunkte)	99
Abbildung 52:	Einbiegende (und wendende) Kraftfahrer missachten den Vorrang überquerender Fußgänger (Gerlach et al. in Druck)	101
Abbildung 53:	Gesamtüberblick Fußgängerverhalten beim Überqueren an Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)	101
Abbildung 54:	Knotenpunkt 10 – Links abbiegende und ausscherende Fahrzeuge (Bild links) und Begegnungsfall Lkw-Lkw (Bild rechts) (Gerlach et al. in Druck)	103
Abbildung 55:	Einbiegende/kreuzende Fahrzeuge warten auf Radverkehrsfurt bei eingeschränkter Anfahrtsicht (Fotos: Seipel und Gerlach et al. in Druck)	103
Abbildung 56:	Radverkehrsfurt aus Sicht der einbiegenden Kraftfahrer nicht zu erkennen (Foto: Seipel)	104
Abbildung 57:	Gesamtüberblick Radfahrerverhalten an Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck)	104

Abbildung 58:	Unfalltyp 211.....	105
Abbildung 59:	Konflikte bei Zugabezeit für Linksabbieger und weit abgesetzter Haltlinie (Gerlach et al. in Druck).....	106
Abbildung 60:	Gesamtüberblick Verhalten von Pkw-Fahrern an Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck).....	107
Abbildung 61:	Pkw-Fahrer als Geradeausfahrer an den Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck).....	107
Abbildung 62:	Pkw-Fahrer als Rechtsabbieger an den Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck).....	108
Abbildung 63:	Pkw-Fahrer als Linksabbieger an den Knotenpunkten (Datenbasis vgl. Gerlach et al. in Druck).....	108
Abbildung 64:	Komplexitätsgrad „Linksabbiegen“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 35).....	123
Abbildung 65:	Komplexitätsgrad „Linksabbiegen“ an LSA-Knotenpunkten zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 27).....	123
Abbildung 66:	Komplexitätsgrad „Linksabbiegen“ an VZ-Knotenpunkten zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 8).....	124
Abbildung 67:	Ausprägungen der Komplexitätsmerkmale beim Linksabbiegen absolut (oben) und anteilig (unten) an LSA-Knotenpunkten (n = 27).....	125
Abbildung 68:	Ausprägungen der Komplexitätsmerkmale beim Linksabbiegen absolut (oben) und anteilig (unten) an VZ-Knotenpunkten (n = 8).....	125
Abbildung 69:	Komplexitätsgrad „Überqueren“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 (n = 24).....	130
Abbildung 70:	Komplexitätsgrad „Überqueren“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 an signalisierten Überquerungen (n = 17).....	132
Abbildung 71:	Komplexitätsgrad „Überqueren“ zu Unfallkenngrößen der Dimension 1 an nicht signalisierten Überquerungen (n = 7).....	132
Abbildung 72:	Einfluss der Merkmale auf den Komplexitätsgrad von signalisierten Überquerungen (n = 17).....	133
Abbildung 73:	Einfluss der Merkmale auf den Komplexitätsgrad von nicht signalisierten Überquerungen (n = 7).....	134
Abbildung 74:	Bestimmung des Komplexitätsgrades ohne relativierende Zuordnung der Kenn-zeichen (jeweils oben) und mit relativierender Zuordnung der Kennzeichen (jeweils unten).....	140
Abbildung 75:	Unfallkenngrößen und Komplexitätsgrade der Knotenpunkte (LSA und VZ) ohne Abhängigkeit vom Merkmal Zeitdruck (oben) und unter Berücksichtigung der Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik ab einem Komplexitätsgrad für das Merkmal Zeitdruck größer gleich 4 (unten).....	144

Abbildung 76:	Komplexitätsgrade der Knotenpunkte (nur VZ) und Unfallkenngrößen unter Berücksichtigung der Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik ab einem Komplexitätsgrad für das Merkmal Zeitdruck größer gleich 4.....	144
Abbildung 77:	Ausprägungen der Kennzeichen (mögliche Werte je Kennzeichen: 0 bis 10) betrachteter Linksabbiegesituationen für lichtsignalgeregelte Knotenpunkte (oben) und Knotenpunkte mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen (unten).....	146
Abbildung 78:	Vergleich der Rangfolge der Komplexitätsgerade in vier Varianten.....	149
Abbildung 79:	Beteiligte Kinder an Knotenpunkunfällen innerorts auf Basis des Unfallgeschehens an 262 Knotenpunkten (n = 400 Beteiligte)	177
Abbildung 80:	Verunglückte Kinder im Alter von 6 bis unter 15 Jahren bei Straßenverkehrsunfällen 2011 als Fußgänger und Radfahrer nach Uhrzeiten (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 11)	177
Abbildung 81:	Beteiligte Senioren an Knotenpunkunfällen innerorts auf Basis des Unfallgeschehens an 262 Knotenpunkten (n= 1.309 Beteiligte)	179
Abbildung 82:	Verunglückte Senioren im Alter von 65 und älter bei Straßenverkehrsunfällen 2011 nach Uhrzeiten (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 9)	179
Abbildung 83:	Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfalldichte.....	181
Abbildung 84:	Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfallrate	181
Abbildung 85:	Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfallkostendichte	181
Abbildung 86:	Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfallkostenrate.....	181
Abbildung 87:	Knotenpunkt 1 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	187
Abbildung 88:	Knotenpunkt 1 - Konflikte bei Zugabezeit für Linksabbieger (Gerlach et al. in Druck)	189
Abbildung 89:	Knotenpunkt 2 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	190
Abbildung 90:	Knotenpunkt 2 - Markierung im Kreuzungsbereich (von links Zufahrt 1, von rechts Zufahrt 3) (Foto: Seipel)	191
Abbildung 91:	Knotenpunkt 2 – Aufstellung wartepflichtiger Linksabbieger und Wender im Kreuzungsbereich (Fotos: Seipel)	191
Abbildung 92:	Knotenpunkt 2 - Sichtbehinderung für Linksabbieger (und Wender) durch Mittelstreifen und Fahrzeuge des Gegenverkehrs (Foto: Seipel)...	192
Abbildung 93:	Knotenpunkt 2 – Radfahrer auf Gehweg (Foto: Seipel).....	192

Abbildung 94:	Knotenpunkt 2 – Hilfssignalgeber (gelbes Blicklicht) an Fußgängerfurt (Foto: Seipel)	193
Abbildung 95:	Knotenpunkt 3 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	194
Abbildung 96:	Knotenpunkt 3 – Blick auf Kreuzungsbereich aus südlicher Richtung (Foto: Seipel)	195
Abbildung 97:	Knotenpunkt 3 – Blick auf Kreuzungsbereich aus nördlicher Richtung (Foto: Seipel)	195
Abbildung 98:	Knotenpunkt 3 – Sicht der Linkseinbieger aus Arm 1 auf Gegenverkehr (Foto: Seipel)	196
Abbildung 99:	Knotenpunkt 4 - Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	197
Abbildung 100:	Knotenpunkt 4 – Blick auf Furt 1 in Richtung Zufahrt 4 (Foto: Seipel)	198
Abbildung 101:	Knotenpunkt 5 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	199
Abbildung 102:	Knotenpunkt 5 – Hauptwegebeziehungen zwischen Schulgebäuden und Stadtbahn-Haltestelle (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	200
Abbildung 103:	Knotenpunkt 5 – Aufstellflächen auf Dreiecksinsel am „Freien Rechtsabbieger“ aus Arm 3 in Arm 4 in Blickrichtung Südost (im Bild links ist der rot eingefärbte Bereich für den Radverkehr hervorgehoben) (Fotos: Seipel)	201
Abbildung 104:	Knotenpunkt 5 – Fußgänger und Radfahrer überqueren Furt an Arm 3 (Gerlach et al. in Druck)	201
Abbildung 105:	Knotenpunkt 5 – Zufahrt aus Arm 3 in Blickrichtung der Furt (Foto: Seipel)	202
Abbildung 106:	Knotenpunkt 5 – Kinder laufen bei „Rot“ über die Furt an Arm 2 in Richtung der Stadtbahn-Haltestelle (Gerlach et al. in Druck)	202
Abbildung 107:	Knotenpunkt 5 – Situation am freien Rechtsabbiegestreifen (Radfahrer von links wartet, Radfahrer von rechts fährt) (Gerlach et al. in Druck)	203
Abbildung 108:	Knotenpunkt 5 – Sicht der Kfz-Führer aus Arm 2 auf Dreiecksinsel und freien Rechtsabbiegestreifen (Foto: Seipel)	203
Abbildung 109:	Knotenpunkt 6 – Situation vor Änderung (Bild links) und nach Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	205
Abbildung 110:	Knotenpunkt 6 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 65, 66, 67, 69, 73 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt. Nummerisch nicht aufgeführte Unfälle beziehen sich auf andere Bereiche des Knotenpunktes) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	206
Abbildung 111:	Knotenpunkt 6 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links) und nach oder im Jahr der verkehrstechnischen Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	206

Abbildung 112:	Knotenpunkt 6 – Signalfolge für Linksabbieger von Süden (Zeichnung: Biernacki / Seipel).....	207
Abbildung 113:	Knotenpunkt 7 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 17 bis 19 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	208
Abbildung 114:	Knotenpunkt 7 – Situation vor Änderung (Bild links) und nach Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	209
Abbildung 115:	Knotenpunkt 7 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links, 16 Unfälle zwischen 2007 und 2009) und nach oder im Jahr der verkehrstechnischen Änderung (Bild rechts, 3 Unfälle im Jahr 2010) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	209
Abbildung 116:	Knotenpunkt 7 – Räumendes Kfz bei bereits grünem Signal der Fußgängerfurt (Gerlach et al. in Druck).....	210
Abbildung 117:	Knotenpunkt 7 – Räumweg für Geradeausfahrer aus Arm 3 zur Fußgängerfurt (Zeichnung: Biernacki / Seipel).....	211
Abbildung 118:	Knotenpunkt 7 – Wartende Fußgänger und Radfahrer an der Furt an Arm 5 (Blickrichtung Ost) (Foto: Seipel)	211
Abbildung 119:	Knotenpunkt 8 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 10 bis 12 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	212
Abbildung 120:	Knotenpunkt 8 – Situation vor Änderung (Bild links) und nach Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	213
Abbildung 121:	Knotenpunkt 8 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links, 9 Unfälle zwischen 2006 und 2007) und nach oder im Jahr der verkehrstechnischen Änderung (Bild rechts, 3 Unfälle zwischen Nov 2008 und 2010) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	213
Abbildung 122:	Knotenpunkt 8 – Zufahrt aus Arm 3 (Foto: Seipel)	214
Abbildung 123:	Knotenpunkt 8 – Zufahrt aus Arm 1 (Foto: Seipel)	214
Abbildung 124:	Knotenpunkt 8 – Kind mit Fahrrad und Mutter mit Kinderwagen Schwierigkeiten bei der Überwindung eines Hochbordes (Gerlach et al. in Druck)	215
Abbildung 125:	Knotenpunkt 8 – Mutter mit Kinderwagen hat Schwierigkeiten bei der „Überrollung“ kleiner Unebenheiten (Gerlach et al. in Druck)	215
Abbildung 126:	Knotenpunkt 9 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 17 bis 26 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	216
Abbildung 127:	Knotenpunkt 9 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links, 16 Unfälle zwischen 2006 und Nov 2007) und nach verkehrstechnischer Änderung (Bild rechts, 10 Unfälle zwischen Nov 2007 und 2010) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	217

Abbildung 128:	Knotenpunkt 9 – Blick der Rechtsabbieger auf Fg-LSA auf Mittelstreifen (Foto: Seipel)	218
Abbildung 129:	Knotenpunkt 10 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	219
Abbildung 130:	Knoten 10 – Kreuzungsbereich (Foto: Seipel).....	220
Abbildung 131:	Knotenpunkt 10 – Links abbiegende und ausscherende Fahrzeuge (Bild links) und Begegnungsfall Lkw-Lkw (Bild rechts) (Gerlach et al. in Druck)	220
Abbildung 132:	Knotenpunkt 10 – Radfahrer (Foto: Seipel).....	221
Abbildung 133:	Knotenpunkt 10 – Anfahrsicht nach links aus Arm 1 (Foto: Seipel)	222
Abbildung 134:	Knotenpunkt 10 - Einfahrendes Kfz aus Arm 1 (Gerlach et al. in Druck) .	222
Abbildung 135:	Knotenpunkt 10 - Jugendliche Radfahrerin fährt auf Gehweg (Bild links) und hält abrupt vor abbiegenden Kfz an (Bild rechts) (Gerlach et al. in Druck).....	223
Abbildung 136:	Knotenpunkt 11 - Planskizze, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	224
Abbildung 137:	Knotenpunkt 11 - Sicht auf Kreuzungsbereich aus Arm 2 (Foto: Seipel) .	226
Abbildung 138:	Knotenpunkt 11 - Sicht aus Arm 2 (Foto: Seipel)	226
Abbildung 139:	Knotenpunkt 11 - Anfahrsicht aus Arm 1 nach links (Foto: Seipel)	227
Abbildung 140:	Knotenpunkt 11 - Kraftfahrer aus Arm 1 weit vorgefahren (Gerlach et al. in Druck)	227
Abbildung 141:	Knotenpunkt 12 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	228
Abbildung 142:	Knotenpunkt 12 - Anfahrt aus Richtung Ost (Kartengrundlage: www.openstreetmap.org).....	229
Abbildung 143:	Knotenpunkt 12 - Blick auf Knotenpunkt von Osten (Foto: Seipel)	230
Abbildung 144:	Knotenpunkt 12 – Fußgänger an Überquerungsanlage (Foto: Seipel)	230
Abbildung 145:	Knotenpunkt 12 – Radfahrer aus Arm 2 (Foto: Seipel).....	231
Abbildung 146:	Knotenpunkt 12 - Radfahrer auf Mittelinsel (Foto: Seipel)	231
Abbildung 147:	Knotenpunkt 12 – Radfahrer aus Arm 4 (Foto: Seipel).....	231
Abbildung 148:	Knotenpunkt 13 – Unfalldiagramm (Plangrundlage vor verkehrstechnischer Änderung. Alle Unfälle fanden im Zeitraum vor der Änderung statt.) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	232
Abbildung 149:	Knotenpunkt 13 – Kamerapositionen und Zählposten (Plangrundlage nach Änderung, Markierung in 2011 aufgebracht) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	233
Abbildung 150:	Knotenpunkt 13 - Sicht auf Überquerungsanlage aus Arm 1 (Foto: Seipel)	234
Abbildung 151:	Knotenpunkt 13 – Pkw mit abrupten Bremsvorgängen vor FGÜ (Gerlach et al. in Druck)	234

Abbildung 152:	Knotenpunkt 13 - Blick auf Überquerungsanlage (FGÜ) (Foto: Seipel) ...	235
Abbildung 153:	Knotenpunkt 13 - Neue Markierung und Verkehrsregelung der Zufahrt aus Arm 2 (Fotos: Seipel)	235
Abbildung 154:	Knotenpunkt 14 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	237
Abbildung 155:	Knotenpunkt 14 – Anfahrtsicht auf Überquerung 2a (Foto: Seipel)	238
Abbildung 156:	Knotenpunkt 14 – Schlechte Erkennbarkeit / keine Schutzfunktion der Aufstellfläche (Bild links) und zugeparkte Aufstellfläche an der Überquerungsstelle 2a (Bild rechts) (Foto: Seipel).....	239
Abbildung 157:	Knotenpunkt 14 – Überquerender Fußgänger bei gleichzeitig rechtseinbiegenden und wendenden Fahrzeugen (Gerlach et al. in Druck).....	239
Abbildung 158:	Knotenpunkt 14 – Nebeneinanderaufstellung wartepflichtiger Fahrzeuge im Kreuzungsbereich (Foto: Seipel).....	240
Abbildung 159:	Knotenpunkt 15 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)	241
Abbildung 160:	Knotenpunkt 15 - Sicht aus Arm 2 (Foto: Seipel)	242
Abbildung 161:	Knotenpunkt 15 – Rollatorennutzer an Überquerung (Bild links) und Nullabsenkung auf Breite des Radweges (Bild rechts) (Fotos: Seipel)....	242

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Sicherheitsmanagement nach EU-Richtlinie und Methoden in Deutschland (entnommen aus ESAS) (FGSV 2002).....	5
Tabelle 2:	Schema zur Ermittlung der Komplexität.....	22
Tabelle 3:	Mögliche Differenzierung der Komplexität bzw. der Ausprägung eines Kennzeichens.....	22
Tabelle 4:	Beispiel zur Ermittlung des Komplexitätsgrades.....	23
Tabelle 5:	Bundesländer, Betrachtungszeiträume und Unfallzahlen.....	45
Tabelle 6:	Durchschnittliche Anzahl der Unfälle innerorts je Jahr und je 10.000 Einwohner.....	45
Tabelle 7:	Auswahl von Knotenpunkten innerorts.....	62
Tabelle 8:	Kennzeichen und ihre Zuordnung zu den Merkmalen zur Ermittlung der Komplexität von Knotenpunkten (Grob screening).....	64
Tabelle 9:	Merkmalsausprägungen aufgetragen über eine steigende Unfalldichte je Merkmal.....	68
Tabelle 10:	Übersicht der 15 Knotenpunkte für die Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen.....	74
Tabelle 11:	Anzahl der Unfälle und Auswertungszeiträume an den 15 Knotenpunkten.....	76
Tabelle 12:	Unfälle an 15 Knotenpunkten nach Unfallfolge und Unfalltyp.....	77
Tabelle 13:	Unfallkenngrößen der 15 Knotenpunkte.....	77
Tabelle 14:	Ermittlung der Komplexitätsgrade an den 15 Knotenpunkten – Relevanz der Kennzeichen für die Merkmale.....	80
Tabelle 15:	Ermittlung der Komplexitätsgrade an den 15 Knotenpunkten – Kennzeichen und ihre Differenzierung in Kennwerte.....	81
Tabelle 16:	Komplexitätsgrade zu Unfallkenngrößen und Kfz-Verkehrsmengen.....	90
Tabelle 17:	Unfalltypen von Hauptverursachern (65 Jahre und älter) an 15 Knotenpunkten (n = 44).....	97
Tabelle 18:	Sicherheitsaspekte je Knotenpunktyp.....	109
Tabelle 19:	Prototypische Merkmale/Situationen für Fußgänger (insb. Kinder und Senioren).....	111
Tabelle 20:	Prototypische Merkmale/Situationen für Menschen mit besonderen Mobilitätseinschränkungen oder Mobilitätsbehinderungen.....	112
Tabelle 21:	Prototypische Merkmale/Situationen für Radfahrer (insb. Kinder und Senioren).....	113
Tabelle 22:	Prototypische Merkmale/Situationen für Kraftfahrer (insb. Senioren).....	114
Tabelle 23:	Wesentliche Kennzeichen der Komplexität / Gefährdungspotenziale für intendierte Zielgruppen.....	116

Tabelle 24:	Komplexität beim Linksabbiegen - Situationen.....	118
Tabelle 25:	Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Linksabbiegen – Relevanz der Kennzeichen für die Merkmale.....	120
Tabelle 26:	Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Linksabbiegen – Kennzeichen und ihre Differenzierung in Kennwerte	121
Tabelle 27:	Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn – Situationen.....	126
Tabelle 28:	Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Überqueren – Relevanz der Kennzeichen für die Merkmale.....	128
Tabelle 29:	Ermittlung der Komplexitätsgrade beim Überqueren – Kennzeichen und ihre Differenzierung in Kennwerte	129
Tabelle 30:	Bestimmung des Komplexitätsgrades unter Berücksichtigung der Merkmale Vernetztheit, Intransparenz und Eigendynamik abhängig vom Merkmal Zeitdruck (mit relativierender Zuordnung der Kennzeichen)	143
Tabelle 31:	Kennzeichen zur Bestimmung der Komplexität des Linksabbiegens in verschiedenen Varianten	147
Tabelle 32:	Komplexitätsgrade des Linksabbiegens für Variante 1 (oben), Variante 2 (Mitte) und Variante 3 (unten)	147
Tabelle 33:	Vergleich der Komplexitätsgrade in vier Varianten	149
Tabelle 34:	Knotenpunkt 11 - Unfallliste „Vorgang“	225
Tabelle 35:	Knotenpunkt 11 - Unfallliste "Beteiligte"	225

Anlagenverzeichnis

A 1	Rangliste 3-stelliger Unfalltypen bei Unfällen an Knotenpunkten mit Beteiligung von Kindern und Senioren	175
A 2	Zeitliche Verteilung von Unfällen mit Kindern	177
A 3	Zeitliche Verteilung von Unfällen mit Senioren.....	179
A 4	Komplexität, Merkmalsausprägungen und Unfallkenngößen an 15 Knotenpunkten.....	181
A 5	Komplexitätsgrade zu Unfallkenngößen und Kfz-Verkehrsmengen	183
A 6	Unfallliste zu Unfällen mit Beteiligung von Kindern und/oder Senioren an 15 Knotenpunkten.....	185
A 7	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Kreuzungen mit Lichtsignalanlage	187
A 8	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Kreuzungen mit Lichtsignalanlage und verkehrstechnischer und/oder baulicher Optimierung	205
A 9	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Kreuzungen mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen.....	219
A 10	Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Einmündungen mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen.....	237
A 11	Komplexität beim Linksabbiegen – Situationen.....	243
A 12	Komplexität beim Linksabbiegen – Ausprägung der einzelnen Kennzeichen	245
A 13	Komplexität beim Linksabbiegen – Auswertung je Knotenpunkt für Knotenpunkte mit mehr als 2 betrachteten Situationen	247
A 14	Komplexität beim Überqueren – Situationen	251
A 15	Komplexität beim Überqueren – Ausprägungen der einzelnen Kennzeichen	253
A 16	Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn - Auswertung je Knotenpunkt bei mehr als 2 betrachteter Situationen.....	255
A 17	Bestimmung des Komplexitätsgrades mit und ohne relativierender Zuordnung der Kennzeichen.....	259
A 18	Bildtafel der StVO-Verkehrszeichen (Auszug)	263

A 1 Rangliste 3-stelliger Unfalltypen bei Unfällen an Knotenpunkten mit Beteiligung von Kindern und Senioren

Rangliste der 3-stelligen Unfalltypen (NRW) für Unfälle innerhalb der Zielgruppe und Verkehrsbeteiligung

Unfälle mit...	Unfallbeteiligte als...	als..	Rang U-Typ und Anteil					
Kindern (n = 11554)	Hauptverursacher (n = 4488)	Radfahrer (n = 2965)	321 16,46%	301 12,88%	371 8,74%	399 6,14%	799 5,36%	
		Fußgänger (n = 1448)	471 10,22%	451 10,15%	421 9,88%	461 7,67%	431 6,77%	
	Hauptverursacher selber verunglückt (n = 4102)	Radfahrer (n = 2695)	321 17,44%	301 13,40%	371 9,09%	399 6,31%	372 5,19%	
		Fußgänger (n = 1369)	451 10,37%	471 10,23%	421 9,72%	461 7,67%	431 6,87%	
	weitere Beteiligte (verunglückt) (n = 7185)	Radfahrer (n = 4337)	342 19,99%	321 7,82%	243 4,98%	399 4,93%	341 4,91%	
		Fußgänger (n = 2836)	221 10,44%	471 8,36%	241 7,09%	451 6,70%	461 6,59%	
	Senioren (n = 34482)	Hauptverursacher (n = 21032)	Kfz-Führer (n = 18602)	211 15,00%	321 11,58%	302 11,52%	301 8,99%	303 4,54%
			Radfahrer (n = 1863)	321 18,25%	301 9,39%	799 7,73%	141 4,67%	199 4,08%
			Fußgänger (n = 567)	451 12,87%	471 12,52%	421 11,99%	401 10,05%	431 9,70%
Hauptverursacher selber verunglückt (n = 4681)		Kfz-Führer (n = 2379)	211 16,27%	321 13,03%	302 11,35%	301 10,80%	799 3,70%	
		Radfahrer (n = 1773)	321 18,67%	301 9,25%	799 7,61%	141 4,91%	199 4,17%	
		Fußgänger (n = 529)	451 12,48%	471 12,48%	421 12,29%	401 10,21%	431 9,83%	
weitere Beteiligte (verunglückt) (n = 9392)		Kfz-Führer (n = 2687)	211 15,59%	321 12,21%	302 11,46%	301 8,00%	601 6,70%	
		Radfahrer (n = 4157)	342 20,71%	341 9,65%	243 5,32%	321 5,05%	211 4,59%	
		Fußgänger (n = 2548)	222 16,60%	221 16,37%	451 6,24%	499 5,57%	241 5,34%	

A 2 Zeitliche Verteilung von Unfällen mit Kindern

beteiligte Kinder (igO)	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Woche
0:00 - 0:59	1	0	0	0	0	0	0	1
1:00 - 1:59	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 2:59	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 3:59	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 4:59	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 5:59	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 6:59	3	2	4	1	1	0	0	11
7:00 - 7:59	10	10	7	15	11	0	0	53
8:00 - 8:59	5	0	3	4	1	0	0	13
9:00 - 9:59	1	0	1	1	1	1	1	6
10:00 - 10:59	2	0	0	4	0	1	0	7
11:00 - 11:59	5	1	0	4	1	0	2	13
12:00 - 12:59	5	3	4	4	5	4	1	26
13:00 - 13:59	10	10	12	3	9	2	1	47
14:00 - 14:59	8	8	11	5	6	2	1	41
15:00 - 15:59	9	9	7	10	12	2	0	49
16:00 - 16:59	6	7	10	12	11	0	2	48
17:00 - 17:59	5	7	5	8	1	6	1	33
18:00 - 18:59	4	7	2	4	4	4	1	26
19:00 - 19:59	2	3	2	2	4	2	1	16
20:00 - 20:59	0	1	0	1	1	0	0	3
21:00 - 21:59	0	1	0	0	2	0	1	4
22:00 - 22:59	0	0	0	0	1	0	0	1
23:00 - 23:59	0	0	0	0	0	2	0	2

Abbildung 79: Beteiligte Kinder an Knotenpunktunfällen innerorts auf Basis des Unfallgeschehens an 262 Knotenpunkten (n = 400 Beteiligte)

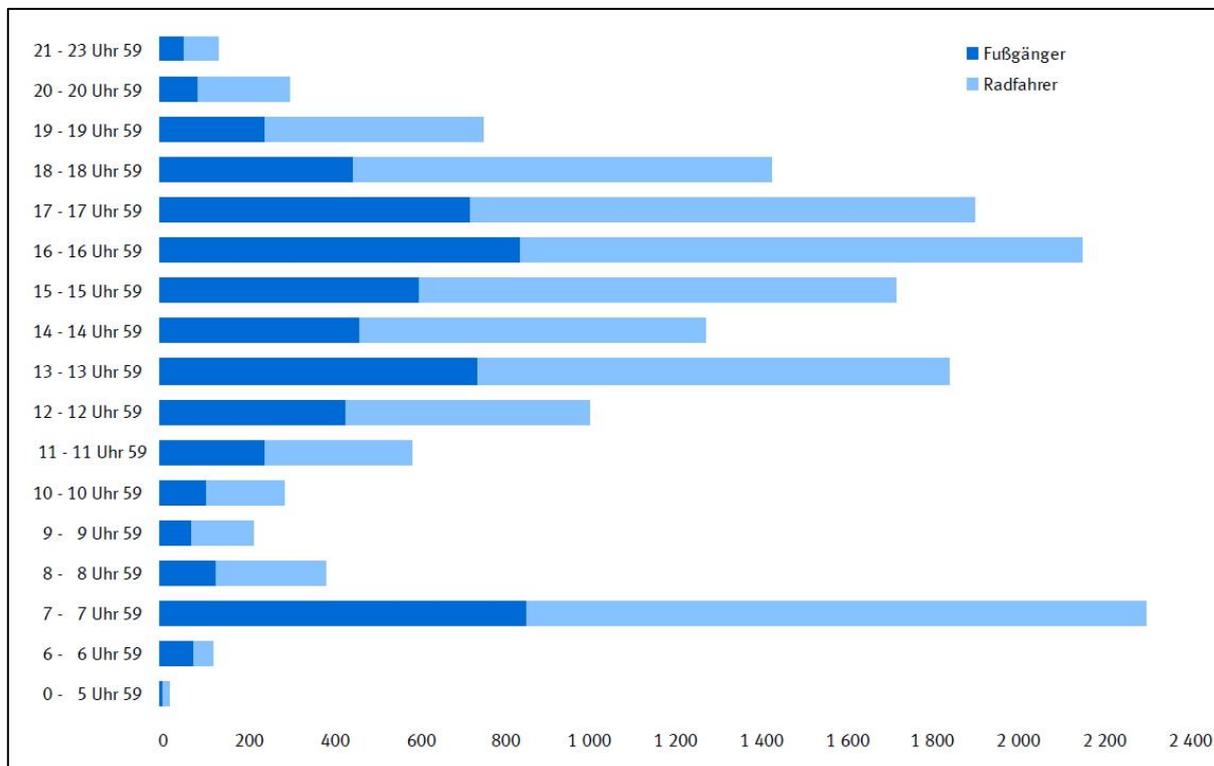


Abbildung 80: Verunglückte Kinder im Alter von 6 bis unter 15 Jahren bei Straßenverkehrsunfällen 2011 als Fußgänger und Radfahrer nach Uhrzeiten (Statistisches Bundesamt 2012b, S. 11)

A 3 Zeitliche Verteilung von Unfällen mit Senioren

beteiligte Ältere (igO)	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Woche
0:00 - 0:59	0	3	1	0	0	1	4	9
1:00 - 1:59	0	0	0	1	1	1	0	3
2:00 - 2:59	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 3:59	1	0	0	0	0	0	0	1
4:00 - 4:59	0	1	0	0	0	0	1	2
5:00 - 5:59	0	0	0	1	1	0	0	2
6:00 - 6:59	1	0	3	2	3	2	0	11
7:00 - 7:59	5	3	5	10	4	2	0	29
8:00 - 8:59	7	7	17	8	5	4	4	52
9:00 - 9:59	20	14	27	18	19	17	3	118
10:00 - 10:59	39	23	20	24	17	18	8	149
11:00 - 11:59	31	32	23	22	30	13	9	160
12:00 - 12:59	19	15	14	15	10	11	12	96
13:00 - 13:59	10	17	19	15	23	14	6	104
14:00 - 14:59	14	15	17	15	12	9	15	97
15:00 - 15:59	20	13	20	22	25	7	5	112
16:00 - 16:59	8	10	12	17	14	11	7	79
17:00 - 17:59	16	11	13	20	8	16	15	99
18:00 - 18:59	17	18	8	7	9	6	6	71
19:00 - 19:59	12	8	10	7	4	5	8	54
20:00 - 20:59	3	5	3	1	3	4	2	21
21:00 - 21:59	1	3	2	0	2	1	4	13
22:00 - 22:59	1	2	2	4	2	2	1	14
23:00 - 23:59	1	1	3	1	1	6	0	13

Abbildung 81: Beteiligte Senioren an Knotenpunktunfällen innerorts auf Basis des Unfallgeschehens an 262 Knotenpunkten (n= 1.309 Beteiligte)

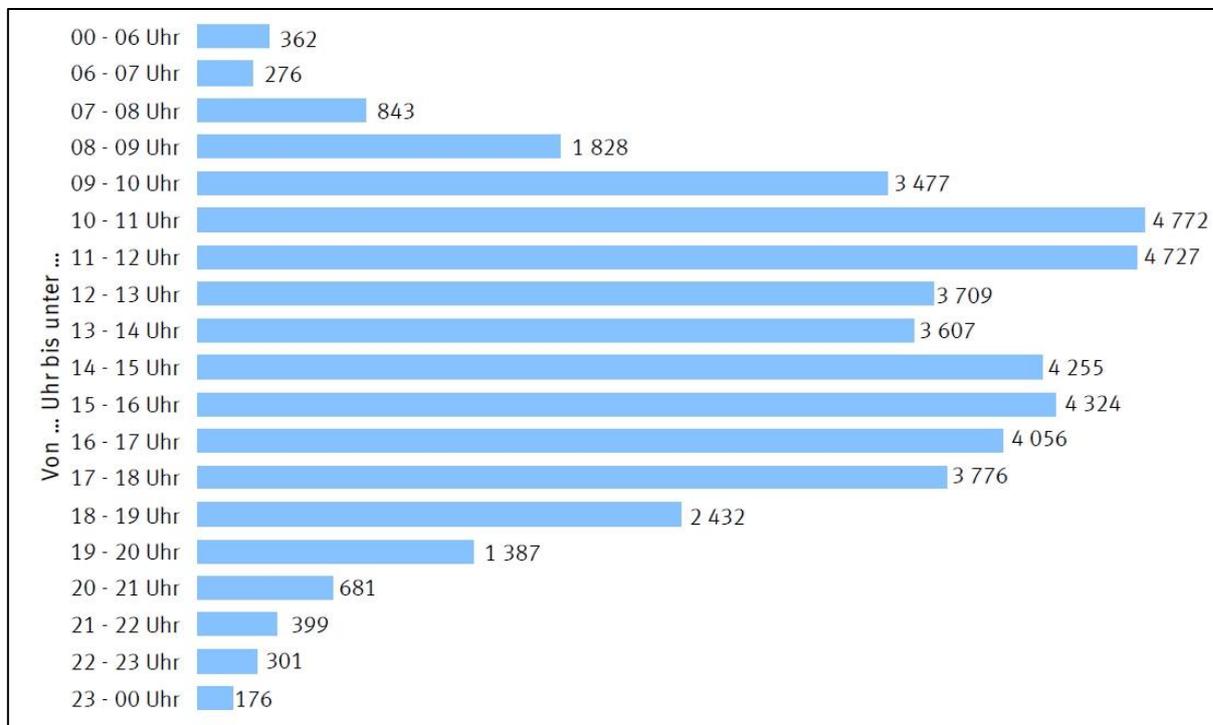


Abbildung 82: Verunglückte Senioren im Alter von 65 und älter bei Straßenverkehrsunfällen 2011 nach Uhrzeiten (Statistisches Bundesamt 2012a, S. 9)

A 4 Komplexität, Merkmalsausprägungen und Unfallkenngrößen an 15 Knotenpunkten

Abbildung 83: Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfalldichte

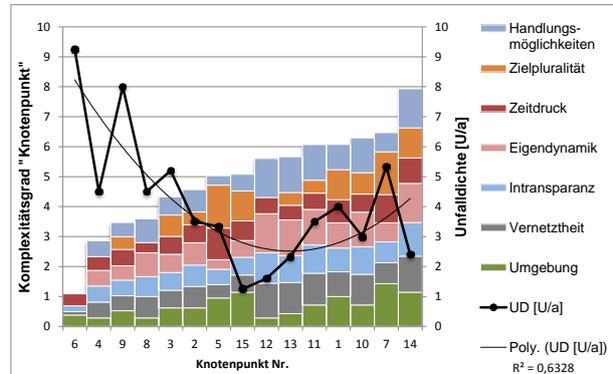


Abbildung 84: Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfallrate

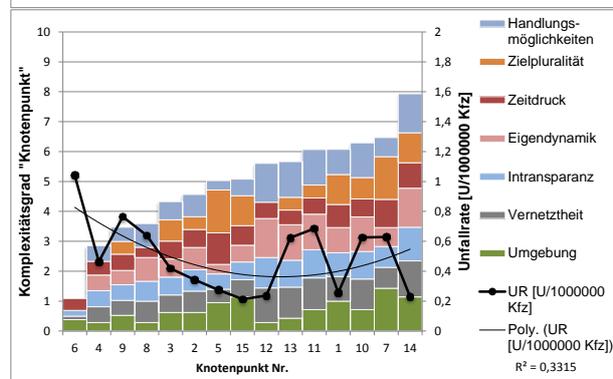


Abbildung 85: Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfallkostendichte

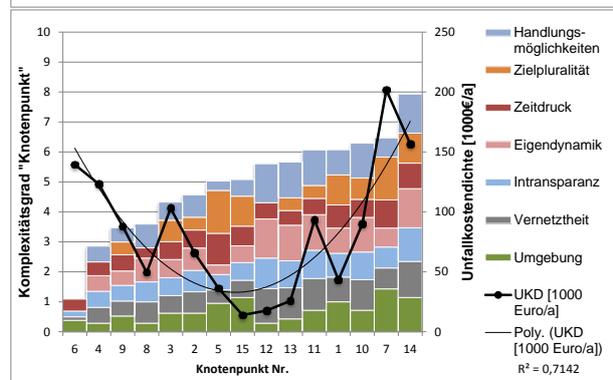
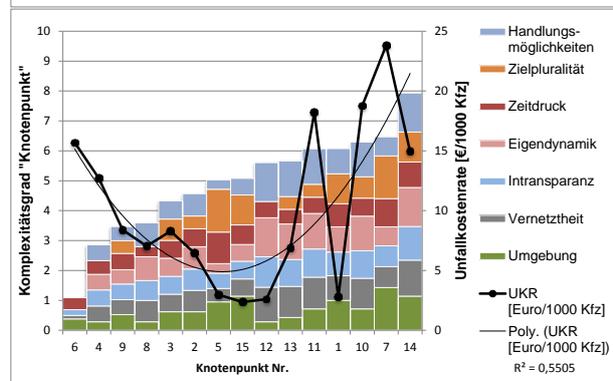


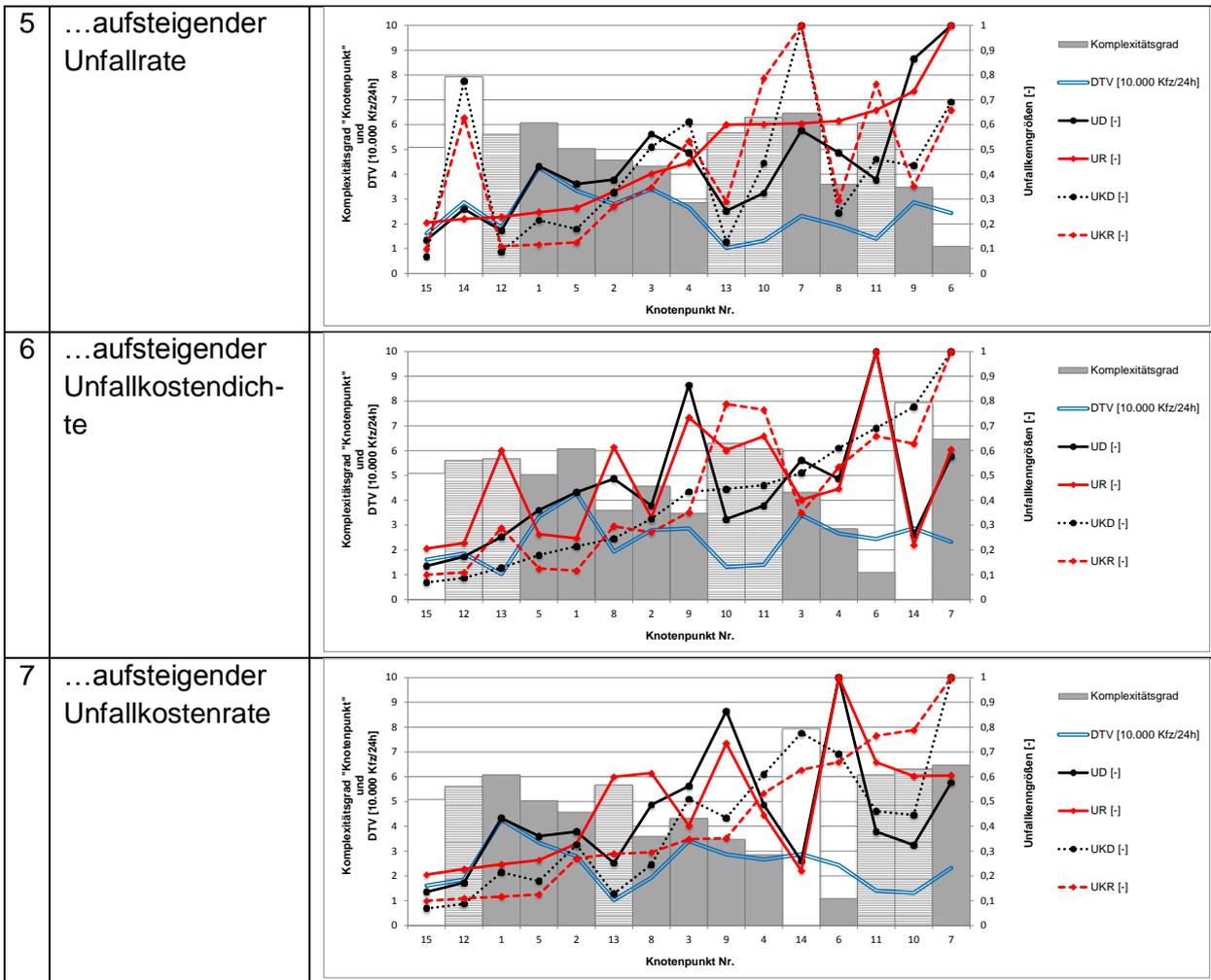
Abbildung 86: Komplexitätsgrade der 15 Knotenpunkte mit Angabe der Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Unfallkostenrate



A 5 Komplexitätsgrade zu Unfallkenngrößen und Kfz-Verkehrsmengen

Sortiert nach...

<p>1</p>	<p>...Knotenpunkttyp und Verkehrsregelung</p> <p>1-9: Kreuzung (LSA) 10-13: Kreuzung (VZ) 14-15: Einmündung (VZ)</p>	
<p>2</p>	<p>...aufsteigender Komplexität</p>	
<p>3</p>	<p>...aufsteigender Kfz-Verkehrsmenge</p>	
<p>4</p>	<p>...aufsteigender Unfalldichte</p>	



A 6 Unfallliste zu Unfällen mit Beteiligung von Kindern und/oder Senioren an 15 Knotenpunkten

Knotenpunkt Nr	Wochentag	Uhrzeit	Lichtverhältnisse	Straßenzustand	Unfallkategorie	Unfallhaupttyp	Unfalltyp	Unfallart	Unfallursache	VB Bet 01	Alter Bet 01	Unfallfolge Bet 01	VB Bet 02	Alter Bet 02	Unfallfolge Bet 02	VB Bet 03	Alter Bet 03	Unfallfolge Bet 03	Unfallfolge Mi
1	Fr	16:15	Dämm.	winterglatt	3	2	221	6	39,40	Pkw	53		Fußg.	8	LV				
1	So	21:05	Dunkel	nass/feucht	3	2	221	6	39,40	Pkw	23		Fußg.	3	LV				
1	Do	10:15	Hell	trocken	3	2	211	5	35	Rad	11	LV	Pkw	66					
1	Do	8:00	Hell	trocken	3	4	472	6	62	Fußg.	11	LV	Pkw	46					
1	Sa	11:20	Hell	trocken	3	2	211	5	35	Pkw	77		Pkw	41					LV
1	Di	7:30	Hell	trocken	3	2	243	5	35	Pkw	47		Rad	12	LV				
2	Mo	17:05	Hell	trocken	1	3	301	5		Pkw	57		Pkw	68	tot				
2	Di	10:10	Hell	trocken	3	2	211	5		Pkw	30	LV	Pkw	70	LV				
2	Mi	6:30	Hell	trocken	3	3	321	5		Rad	24		Rad	84	LV				
2	Di	8:15	Hell	trocken	3	2	244	5		Pkw	69		Rad	25	LV				
2	Fr	15:26	Hell	nass/feucht	3	2	224	5		Pkw	38		Rad	68	LV				
2	Do	14:00	Hell	trocken	3	2	241	5		Pkw	59		Rad	69	LV				
3	Fr	13:05	Hell	trocken	3	2	211	4	35	Pkw	67		Pkw	19	LV				
3	Mi	16:55	Dunkel	trocken	3	2	211	5	35	Pkw	73		Rad	40	LV				
3	Mo	9:15	Hell	trocken	3	3	379	5	35	Lkw	36		Rad	13	LV				
3	Mo	15:10	Hell	nass/feucht	3	2	221	6	35	Pkw	57		Fußg.	9	LV				
3	Di	7:30	Dämm.	trocken	3	2	223	5	35	Pkw	71		Rad	24	LV				
3	So	9:55	Hell	trocken	4	3	301	5	28	Pkw	70		Pkw	66					
3	Di	12:40	Hell	trocken	3	2	211	4	35	Pkw	53		Pkw	70					LV
3	Fr	14:30	Hell	trocken	4	2	211	5	35	Pkw	72		Pkw	57					
4	Fr	11:10	Hell	trocken	4	2	211	4	35	Pkw	70		Pkw	49					
4	Di	10:55	Hell	trocken	3	3	321	5	31	Pkw	67	LV	Pkw	65					
4	Mo	9:40	Hell	trocken	3	2	299	2	14	Pkw	66		Pkw	39	LV				
4	So	21:00	Dunkel	trocken	4	3	301	5	28	Pkw	53		Pkw	71					
4	Do	16:00	Hell	trocken	3	2	243	3	35	Pkw	74		Rad	28	LV				
4	So	14:13	Hell	trocken	3	6	601	1	14	Pkw	70	LV	Pkw	70					LV
5	Do	14:25	Hell	nass/feucht	3	4	436	5	38	Pkw	67		Fußg.	12	LV				
5	Fr	10:00	Hell	nass/feucht	3	3	341	5	28	Pkw	68		Rad	30	LV				
5	Fr	15:54	Hell	trocken	3	3	399	5	28	Pkw	47		Rad	67	LV				
5	Di	11:55	Hell	trocken	3	7	762	8	49	Pkw	70	LV							
6	Mi	8:55	Hell	trocken	4	3	321	5	31	Pkw	69		Pkw	73					
6	Mi	17:59	Hell	trocken	3	3	321	5	31	Pkw	36		Pkw	65	LV	Pkw	28		LV
6	So	11:30	Hell	trocken	4	3	321	5	31	Pkw	65		Pkw	18		Pkw	18		
6	Di	11:35	Hell	nass/feucht	4	3	321	5	31	Pkw	71		Pkw	79		Pkw	67		
6	Fr	17:15	Hell	trocken	4	3	321	5	31	Pkw	77		Pkw	56					
7	Di	14:40	Hell	nass/feucht	2	4	461	6		Lkw	34		Fußg.	10	SV				
7	Sa	9:15	Hell	nass/feucht	3	2	211	5		Pkw	71	LV	Pkw	54	LV				
7	Mi	13:41	Hell	trocken	3	4	461	6		Fußg.	13	LV	L-Krad	51	LV				
7	Di	15:10	Hell	nass/feucht	3	4	461	6		Fußg.	10	LV	Pkw	53					
7	Fr	12:55	Hell	trocken	2	4	471	6		Pkw	23		Fußg.	3	SV				
7	Mo	18:40	Hell	trocken	3	4	461	6		Pkw	42		Fußg.	12	LV				
7	Do	17:15	Hell	trocken	3	4	461	6		Pkw	73		Fußg.	46	LV				
8	Fr	11:05	Hell	trocken	3	2	211	5	32	Pkw	75		Moped	?	LV				
8	So	14:25	Hell	trocken	3	2	211	5	32	Lkw	74		Pkw	74	LV				
9	Do	7:45	Hell	trocken	4	2	211	5	35	Pkw	71		Pkw	28					
9	Fr	14:15	Hell	nass/feucht	4	2	211	5	35	Pkw	75		Bus	47					
9	Do	12:31	Hell	trocken	3	2	231	2	14	Pkw	67		Pkw	43	LV				
9	Di	08:56	Hell	trocken	4	2	211	5	35	Pkw	80		Lkw	50					
9	Fr	13:38	Hell	trocken	3	3	399	0	10,31	Rad	14	LV	Pkw	63					

Knotenpunkt Nr	Wochentag	Uhrzeit	Lichtverhältnisse	Straßenzustand	Unfallkategorie	Unfallhaupttyp	Unfalltyp	Unfallart	Unfallursache	VB Bet 01	Alter Bet 01	Unfallfolge Bet 01	VB Bet 02	Alter Bet 02	Unfallfolge Bet 02	VB Bet 03	Alter Bet 03	Unfallfolge Bet 03	Unfallfolge Mi
9	Do	11:38	Hell	nass/feucht	3	2	221	6	39, 40	Pkw	67		Fußg.	80	LV				
9	Mo	10:11	Hell	trocken	3	2	221	6	39, 40	Pkw	42		Fußg.	67	LV				
10	Mi	13:50	Hell	trocken	3	3	372	5	31	Rad	14	LV	Pkw	43					
10	Fr	14:15	Hell	trocken	3	2	244	5	37	Rad	10	LV	Pkw	68					
10	Do	10:45	Hell	trocken	3	3	301	5	28	Pkw	84		Pkw	53					LV
10	Do	11:05	Hell	trocken	3	4	451	6	63, 64	Fußg.	8	LV	Pkw	35					
10	Mo	7:10	Hell	trocken	3	2	203	3	35	Rad	11	LV	Pkw	39					
10	Mi	11:30	Hell	nass/feucht	3	3	301	5	28	Pkw	84		Pkw	35					LV
10	Mo	12:10	Hell	trocken	2	2	232	5	35	Pkw	68		Rad	75	SV				
11	Sa	10:57	Hell	nass/feucht	3	3	321	5	28	Pkw	51		Rad	74	LV				
11	Di	11:54	Hell	nass/feucht	2	3	301	5	28	Pkw	78		Krad	24	SV				
11	Fr	11:00	Hell	trocken	3	3	303	0	28	Pkw	48		Pkw	67	LV				
11	Sa	10:20	Hell	nass/feucht	4	3	301	5	28	Pkw	71		Pkw	52					
11	Mo	15:27	Hell	trocken	4	2	211	5	35	Pkw	65		Pkw	23					
11	Do	15:20	Hell	trocken	3	3	301	5	28	Pkw	18		Rad	72	LV				
11	Di	18:45	Hell	trocken	3	3	301	5	35	Pkw	77		L-Krad	63	LV				
11	Mo	12:10	Hell	trocken	4	2	211	5	35	Pkw	86		Pkw	51					
12	Mi	13:40	Hell	trocken	4	3	301	5	28	Pkw	40		Pkw	73					
12	Di	13:00	Hell	trocken	3	3	301	5	13	Pkw	50		Rad	79	LV				
12	Fr	16:00	Hell	nass/feucht	3	3	301	5	28	Pkw	73		Rad	43	LV				
12	Fr	14:25	Hell	trocken	3	3	301	5	28	Pkw	71		Krad	17	LV				
13	Mi	16:43	Hell	trocken	3	3	342	5	28	Pkw	40		Rad	4	LV				
13	Fr	16:59	Hell	trocken	3	7	799	5	49	Bus	27		Rad	7	LV				
13	Do	15:23	Hell	nass/feucht	3	6	699	2	13	Pkw	74		Pkw	67		Fußg.	13	LV	
13	Di	18:40	Dunkel	trocken	3	2	223	5	35	Pkw	80		Rad	10	LV				
13	Mo	11:57	Hell	trocken	3	6	699	?	49	Pkw	67		Rad	16	LV				
13	Di	12:46	Hell	nass/feucht	3	6	601	?	13	Pkw	20	LV	Pkw	78		Pkw	?	LV	
14	Mo	15:35	Hell	trocken	3	7	799	6	40	Pkw	50		Fußg.	8	LV				
14	Mo	13:00	Hell	trocken	3	4	461	6	64	Fußg.	2	LV	Pkw	28					
14	Sa	12:40	Hell	trocken	3	4	471	6	64	Fußg.	4	LV	Pkw	39					
14	Do	15:05	Hell	trocken	3	7	799	6	36, 42	Pkw	77		Fußg.	59	LV				
14	Mi	16:50	Hell	trocken	3	4	461	6	69	Fußg.	70	LV	Pkw	19					
14	Sa	19:10	Dunkel	trocken	3	4	451	6	64	Fußg.	6	LV	Pkw	57					
15	Do	8:41	Hell	trocken	3	3	342	5	28,10	Pkw	59		Rad	10	LV				
15	Sa	9:55	Hell	trocken	3	2	242	6	35	Pkw	66		Fußg.	16	LV				

A 7 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Kreuzungen mit Lichtsignalanlage

Knotenpunkt 1

Abbildung 87 zeigt zunächst das Unfalldiagramm des Knotenpunktes 1 auf Grundlage der Unfälle mit Personenschaden und schwerem Sachschaden der Jahre 2006 bis 2010, zu denen detaillierte Informationen in Form von anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen. Unfälle der Kategorie 4 kamen in diesem Zeitraum nicht vor, alle Unfälle sind Unfälle mit Personenschaden. Zudem sind die Kamerapositionen mit den Aufnahmerichtungen und die Positionen der beiden Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im April 2011 durchgeführt.

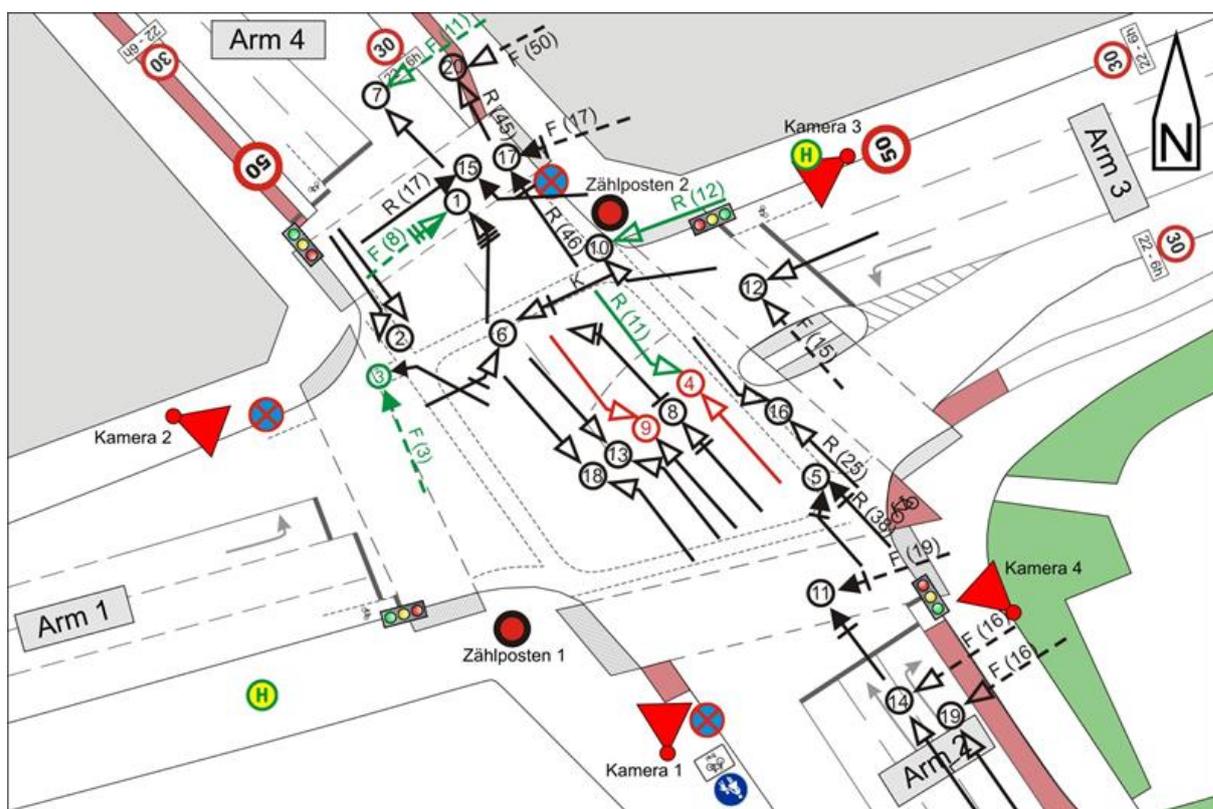


Abbildung 87: Knotenpunkt 1 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die wesentlichen Konfliktsituationen an dieser Kreuzung konnten im Kreuzungsbereich festgestellt werden. Hervorgerufen wurden diese Konfliktsituationen vornehmlich durch die im Folgenden beschriebenen Faktoren:

- Die Signalsteuerung des Knotenpunktes ist grundlegend eine 2-Phasensteuerung mit einer nicht gesicherten Führung der Linksabbieger aus Arm 1 und Arm 3 und einer zeitweilig gesicherten Führung der Linksabbieger aus Arm 2 und Arm 4 über eine Zugabezeit (einfeldiger Richtungssignalgeber, „grüner Pfeil“)
- Linksabbieger und Geradeausfahrer aus Arm 2 und Arm 4 nutzen einen gemeinsamen Fahrstreifen (linker Fahrstreifen). Der rechts danebenliegende Fahrstreifen wird nur von Geradeausfahrern (Arm 2) bzw. von Geradeausfahrern und Rechtsabbiegern (Arm 4) genutzt.

- Nach dem Kreuzungsbereich erfolgt eine Fahrstreifensubtraktion für den Geradeausverkehr von zwei auf einen Fahrstreifen. Ein vorzeitiger Hinweis darauf ist nicht gegeben. Zudem sollte die Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen im Knotenpunktbereich gegenüber der Strecke unverändert bleiben (vgl. FGSV 2006, S. 109).
- Im Kreuzungsbereich sind keine Wartelinien für Linksabbieger markiert. Eine äußere Leitlinie ist lediglich für Linksabbieger aus der Zufahrt 3 angebracht.
- Die Haltlinien der Zufahrten sind mit rd. 12 m (Arm 1), rd. 13 m (Arm 2), rd. 10 m (Arm 3) und rd. 15 m (Arm 4) z. T. weit vom Beginn des Kreuzungsbereiches abgesetzt.

Das Zusammenwirken dieser Umstände, in Verbindung mit hohen Kfz-Verkehrsmengen (DTV-Hochrechnung Knotenpunkt: rd. 43.000 Kfz/24h) führte dazu, dass im Kreuzungsbereich unübersichtliche, zum Teil verkehrsgefährdende Situationen entstanden.

Aufgrund fehlender Leit- und Wartelinien stellten sich wartepflichtige Linksabbieger oft falsch auf. Sie fuhren weit in den Kreuzungsbereich ein bzw. gerieten in die Fahrbereiche des Gegenverkehrs.

Geradeausfahrer, die den linken Fahrstreifen nutzten, scherten zum Teil sehr plötzlich und für nachfolgende Fahrer unvermittelt nach rechts aus, wenn vor ihnen Linksabbieger anhielten, um den Gegenverkehr passieren zu lassen.

Die nötigen Verflechtungsvorgänge im Kreuzungsbereich, bedingt durch die Fahrstreifensubtraktion, konnten allerdings aufgrund hoher Verkehrsmengen der Geradeausfahrer zumeist nicht während der Freigabezeit vollzogen werden. Geradeausfahrer, die den gemeinsamen Fahrstreifen für den linksabbiegenden und geradeausfahrenden Verkehr nutzten, mussten hinter den haltenden Linksabbiegern warten. Ausreichende Zeitlücken ergaben sich für sie erst dann, wenn der Geradeausverkehr bereits rot signalisiert bekam. Dies führte insbesondere in Verbindung mit der Zugabezeit für die Linksabbieger zu konfliktreichen Situationen.

Abbildung 88 veranschaulicht exemplarisch diese Situation. Die Hauptsignalgruppe zeigt rot für die zufahrenden Verkehrsströme der Arme 2 und 4. Den Linksabbiegern wird über den einfeldigen Richtungssignalgeber (grüner Pfeil) die Zugabezeit zum Räumen des Kreuzungsbereiches und damit auch eine sichere Führung (ohne Gegenverkehr) angezeigt³⁰. Geradeausfahrer des Gegenverkehrs, die den linken Fahrstreifen nutzen und für die während der Freigabezeit keine ausreichenden Zeitlücken zum Einfädeln in den benachbarten rechten Fahrstreifen entstanden, räumen jetzt ebenfalls den Kreuzungsbereich. Da sie bereits in den Kreuzungsbereich eingefahren sind und hinter der Haltlinie stehen, können sie das rote Signal der Hauptgruppe nicht mehr sehen.

³⁰ Vgl. StVO, §37, Abs. 2, 1.: „Ein grüner Pfeil links hinter der Kreuzung zeigt an, dass der Gegenverkehr durch Rotlicht angehalten ist und dass Linksabbieger die Kreuzung in Richtung des grünen Pfeils ungehindert befahren und räumen können.“ (Straßenverkehrsordnung, 1.12.2010)



Abbildung 88: Knotenpunkt 1 - Konflikte bei Zugabezeit für Linksabbieger (Gerlach et al. in Druck)

Im Weiteren zeigten die Verhaltensbeobachtungen an dieser Kreuzung, dass jüngere wie ältere Kfz-Führer dieselben Fehler beim Linksabbiegen machten. Der relative Anteil der älteren Kfz-Führer war nur unwesentlich höher.

Mit Blick auf die im Kreuzungsbereich, in Verlängerung der Radwege bzw. Schutzstreifen der Zufahrten, markierten Radverkehrsfurten zeigten die Verhaltensbeobachtungen, dass diese kaum von Radfahrern angenommen wurden. Radfahrer aller Altersklassen nutzten eher die Fußgängerfurten.

Rollstuhlfahrer und Personen mit Rollatoren oder Kinderwagen nutzten, dort wo vorhanden, die Nullabsenkungen bzw. Rampen der Radwege und nicht die Flachborde an den Fußgängerfurten.

Spezifische Konfliktsituationen von Kindern und/oder älteren Menschen konnten an diesem Knotenpunkt nicht beobachtet werden. Die Verhaltensbeobachtungen haben vielmehr gezeigt, dass Verkehrsteilnehmer aller Altersgruppen mit den gegebenen Bedingungen Schwierigkeiten haben.

Durch die fehlende Führung der Verkehrsteilnehmer insgesamt und die signaltechnisch nicht bzw. nur zeitweise gesicherte Führung der Linksabbieger, ist von allen Verkehrsteilnehmern ein hohes Maß an Aufmerksamkeit gefordert. Aus verkehrspsychologischer Sicht müsste diese „Reizüberflutung“ durch eine entsprechend übersichtliche Neugestaltung der Kreuzung und die sichere Führung der Linksabbieger reduziert werden.

Für diesen Knotenpunkt ist daher eine sichere Führung der Linksabbieger zu empfehlen. Im Weiteren können die Trennung von Linksabbiegern und Geradeausfahrern durch eigene Linksabbiegestreifen und zusätzliche Leit- und Wartelinien für Linksabbieger im Kreuzungsbereich helfen, die Situation zu ordnen und für alle Verkehrsteilnehmer, auch Radfahrer, übersichtlicher zu gestalten.

Knotenpunkt 2

Abbildung 89 zeigt das Unfalldiagramm auf Basis von Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden der Jahre 2007 bis 2010, zu denen detaillierte Informationen in Form von anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen. Zudem sind die Kamerapositionen mit den Aufnahmerichtungen und die Positionen der beiden Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen in dieser Abbildung dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im Oktober 2010 durchgeführt.

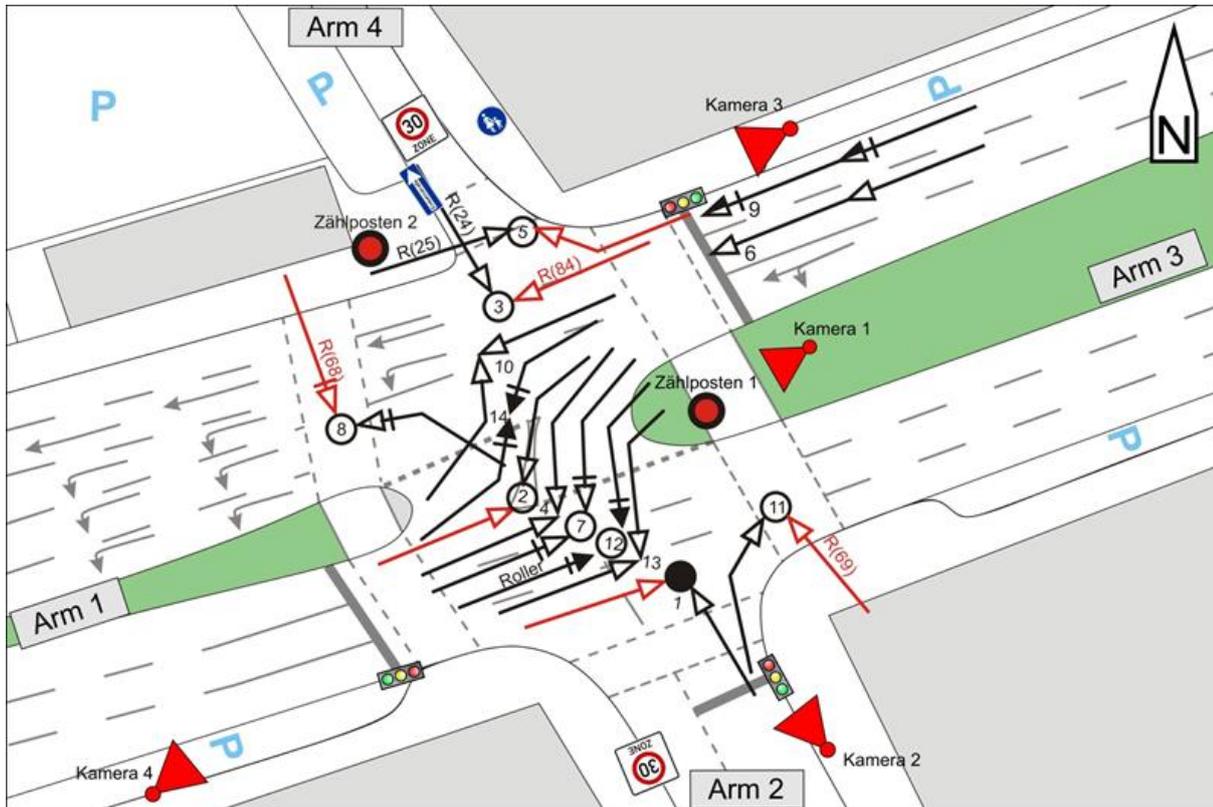


Abbildung 89: Knotenpunkt 2 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die wesentlichen beobachteten Konfliktsituationen im Kfz-Verkehr an dieser Kreuzung, die auch dem Unfallbild entsprechen, resultierten aus der nicht gesicherten Führung der Linksabbieger im Zusammenwirken mit einer offensichtlich nicht zweckmäßigen und zu Missverständnissen führenden Markierung im Kreuzungsbereich und Sichtbehinderungen. Zudem müssen die Linksabbieger beider Zufahrten der Haupttrichtung (Arm 1 – 3) jeweils drei Fahrstreifen der Gegenrichtung einsehen und kreuzen³¹.

Die Markierung im Kreuzungsbereich (Abbildung 90) soll den linksabbiegenden (und wendenden) Pkw-Fahrern eine Führung vor der markierten durchgezogenen Linie anzeigen.

³¹ Verkehrsbelastungen je Richtungsfahrbahn aus Zufahrt 1 und 3 von etwa 12.000 bis 15.000 Kfz/24h.



Abbildung 90: Knotenpunkt 2 - Markierung im Kreuzungsbereich (von links Zufahrt 1, von rechts Zufahrt 3) (Foto: Seipel)

Die Verhaltensbeobachtungen allerdings zeigten, dass jüngere wie ältere Fahrer auch hinter dieser Leitlinie abbogen bzw. sich im Kreuzungsbereich nebeneinander aufstellten (Abbildung 91). Dies kann auch dem Umstand geschuldet sein, dass Linksabbieger und Geradeausfahrer der Zufahrten 1 und 3 beide die jeweils linken Fahrstreifen nutzen können und die Linksabbieger hier den Weg für die nachfolgenden Fahrzeuge freimachen wollen. Dies führte zu unübersichtlichen Situationen, insbesondere dann, wenn Linksabbieger des Gegenverkehrs sich ebenfalls im Kreuzungsbereich aufstellen (Abbildung 91, Bild links).



Abbildung 91: Knotenpunkt 2 – Aufstellung wartepflichtiger Linksabbieger und Wender im Kreuzungsbereich (Fotos: Seipel)

Die Sichtbeziehungen der linksabbiegenden und wendenden Fahrer auf den Gegenverkehr sind durch die Bepflanzung des Mittelstreifens eingeschränkt. Weiter verschlechtern sich die Sichtbeziehungen, wenn wartepflichtige Linksabbieger und Wender der Gegenrichtung ebenfalls im Kreuzungsbereich halten (Abbildung 92). Hinzu kommt, dass die Straße im Verlauf von Ost nach West gesehen einer leichten Rechtskurve folgt, wodurch die Sicht der Linksabbieger aus Arm 3 auf den Gegenverkehr zusätzlich beeinträchtigt ist.



Abbildung 92: Knotenpunkt 2 - Sichtbehinderung für Linksabbieger (und Wender) durch Mittelstreifen und Fahrzeuge des Gegenverkehrs (Foto: Seipel)

Die Verhaltensbeobachtungen zeigten zudem eine Gefährdung von Fußgängern, insbesondere im Bereich der nördlichen Furt an Arm 1 durch wendende Fahrzeuge (vom südlichen Teil des Arms 1 in den nördlichen Teil), die sich während ihrer Freigabezeit aufgrund der verkehrlichen Belastung des Geradeausverkehrs von Arm 3 nach 2 nicht einordnen konnten und die Fußgängerfurt zu einem Zeitpunkt kreuzten, in dem die Fußgänger bereits grün signalisiert bekamen. Oft wurde den Fußgängern das Vorrangsrecht auch nicht von linkseinschiebenden Kfz aus Arm 2 eingeräumt.

Der Radverkehr wird im Mischverkehr auf der Fahrbahn geführt. Allerdings nutzten die Radfahrer zumeist die Gehwege (Abbildung 93), auch „entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung“.



Abbildung 93: Knotenpunkt 2 – Radfahrer auf Gehweg (Foto: Seipel)

Die Verhaltensbeobachtungen zeigten, dass insbesondere ältere Fahrer unsicher in den Kreuzungsbereich beim Linksabbiegen und Wenden einfuhren und die angedachten Haltepositionen nicht fanden. Das falsche Aufstellen im Kreuzungsbereich konnte bei Fahrern aller Altersgruppen beobachtet werden.

Insgesamt müssen an dieser Kreuzung zu viele Reize unter Zeitdruck und bei zum Teil eingeschränkter Sicht verarbeitet werden.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, vornehmlich im Bereich des Kfz-Verkehrs, empfiehlt sich an diesem Knotenpunkt eine signaltechnisch gesicherte Führung der Linksabbieger,

auch um Ausschervorgängen des nachfolgenden Geradeausverkehrs nach rechts, um die wartenden Linksabbieger zu passieren, vorzubeugen oder die getrennte Signalisierung der beiden Hauptströme aus Zufahrt 1 und Zufahrt 3.

Im Weiteren können größere Durchmesser der Hilfssignalgeber (gelbes Blicklicht an Fußgängerfurt, vgl. Abbildung 94), z. B. 300 statt 200 mm, zur Sicherheit der gegenüber Linksabbiegern und Wendern bevorrechtigten Fußgänger beitragen.



Abbildung 94: Knotenpunkt 2 – Hilfssignalgeber (gelbes Blicklicht) an Fußgängerfurt (Foto: Seipel)

Knotenpunkt 3

Abbildung 95 zeigt das Unfalldiagramm für Unfälle der Kategorien 1 bis 4 der Jahre 2006 bis 2010, zu denen detaillierte Informationen in Form von anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen. Zudem sind die Kamerapositionen mit den Aufnahmerichtungen und die Positionen der beiden Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen in dieser Abbildung dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im April 2011 durchgeführt.

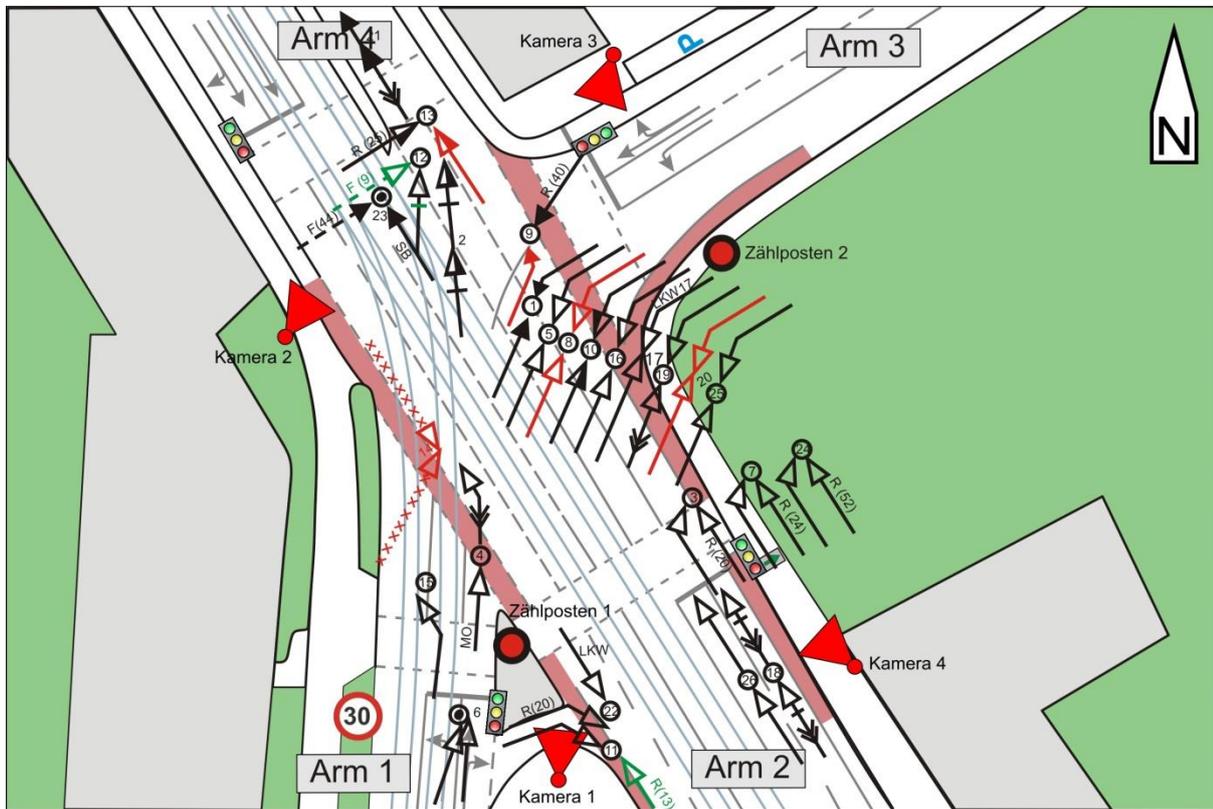


Abbildung 95: Knotenpunkt 3 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die an dieser Kreuzung beobachteten Konfliktsituationen entsprechen dem Unfallbild.

Die zufahrenden Verkehrsströme aus Arm 1 und Arm 3 (Nebenstraße) sind grundlegend in einer gemeinsamen Phase signalisiert³², die Linkseinbieger werden nicht gesichert geführt. Wartelinien für Linkseinbieger sind nicht aufgebracht und die markierten äußeren Leitlinien sind kaum noch zu erkennen (Abbildung 96 und Abbildung 97). Insgesamt befindet sich die aufgebrachte Markierung in einen schlechten Zustand und ist nicht mehr als Einheit wahrzunehmen (Figur-Grund-Problem). Insbesondere bei älteren Kraftfahrern konnten Unsicherheiten beim Einfahren in den Kreuzungsbereich festgestellt werden.

³² Abweichungen im Signalprogramm ergeben sich durch einfahrende Straßenbahnen.



Abbildung 96: Kontenpunkt 3 – Blick auf Kreuzungsbereich aus südlicher Richtung (Foto: Seipel)



Abbildung 97: Kontenpunkt 3 – Blick auf Kreuzungsbereich aus nördlicher Richtung (Foto: Seipel)

Die Schwierigkeit für Linkseinbieger aus Arm 1 wird zudem erhöht, da die untergeordnete Straße in einem nicht rechten Winkel an die Hauptstraße (Achse 2-4) anschließt. Die Sichtbeziehungen zum entgegenkommenden Geradeausverkehr werden durch gleichzeitig einfahrende Linkseinbieger des Gegenverkehrs beeinträchtigt (Abbildung 98).



Abbildung 98: Knotenpunkt 3 – Sicht der Linkseinbieger aus Arm 1 auf Gegenverkehr (Foto: Seipel)

Im Weiteren konnten an diesem Knotenpunkt Rotlichtverstöße der Kraftfahrer aus Arm 1 und 3 beobachtet werden. Es bleibt zu vermuten, dass ortskundige Kraftfahrer längere Wartezeiten, die sich durch einfahrende Straßenbahnen ergeben können, vermeiden wollen. Durch Rotlichtverstöße von linkseinbiegenden Kraftfahrern aus Arm 1 wurden jedoch Konfliktsituationen mit Fußgängern im Bereich der nordöstlichen Furt an Arm 4, allerdings nur in wenigen Fällen, hervorgerufen.

Zum Teil konnten auch Konfliktsituationen an der Fußgängerfurt von Arm 3 im Zusammenhang mit dem an der Zufahrt 2 angebrachten Grünpfeil (StVO Zeichen 720)³³ beobachtet werden. Dieses Verkehrszeichen erlaubt Kraftfahrern aus Arm 2 auch bei rotem Signal vorzufahren und rechts abzubiegen. Konfliktsituationen mit Fußgängern entstanden vornehmlich dann, wenn die rechtsabbiegenden Kraftfahrer gegen Ende der Rotzeit an die Haltlinie gelangten, ihr Abbiegemanöver begannen und während ihrer Fahrt in Richtung Furt das Signal von ROT auf GRÜN, auch für die an der Furt 3 wartenden Fußgänger, umschlug. Die Haltlinie der Zufahrt 2 ist mit rd. 24 Metern weit vom Beginn der Furt an Arm 3 abgesetzt. Fußgänger, die direkt bei GRÜN losgehen, rechnen unter Umständen nicht damit, dass unmittelbar Fahrzeuge von rechts kommen können. Kraftfahrer, die den Wechsel von ROT auf GRÜN nicht bemerken konnten, erwarten gegebenenfalls auch nicht, dass sie mit überquerenden Fußgängern rechnen müssen.

Eine gesicherte Führung der Linksabbieger aus Arm 1 und Arm 3 bzw. die getrennte Signalisierung dieser beiden Verkehrsströme, ist an diesem Knotenpunkt zu empfehlen. Zudem sollten die Markierungen insgesamt erneuert werden.

³³ Zusatzschild rechts neben dem roten Signal der LSA mit grünem Pfeil auf schwarzen Grund

Knotenpunkt 4

Abbildung 99 zeigt das Unfalldiagramm für Unfälle der Kategorien 1 bis 4 der Jahre 2006 bis 2009, zu denen Informationen in Form von anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen. Zudem sind die Kamerapositionen mit den Aufnahmerichtungen und die Positionen der beiden Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen in dieser Abbildung dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im Mai 2011 durchgeführt.

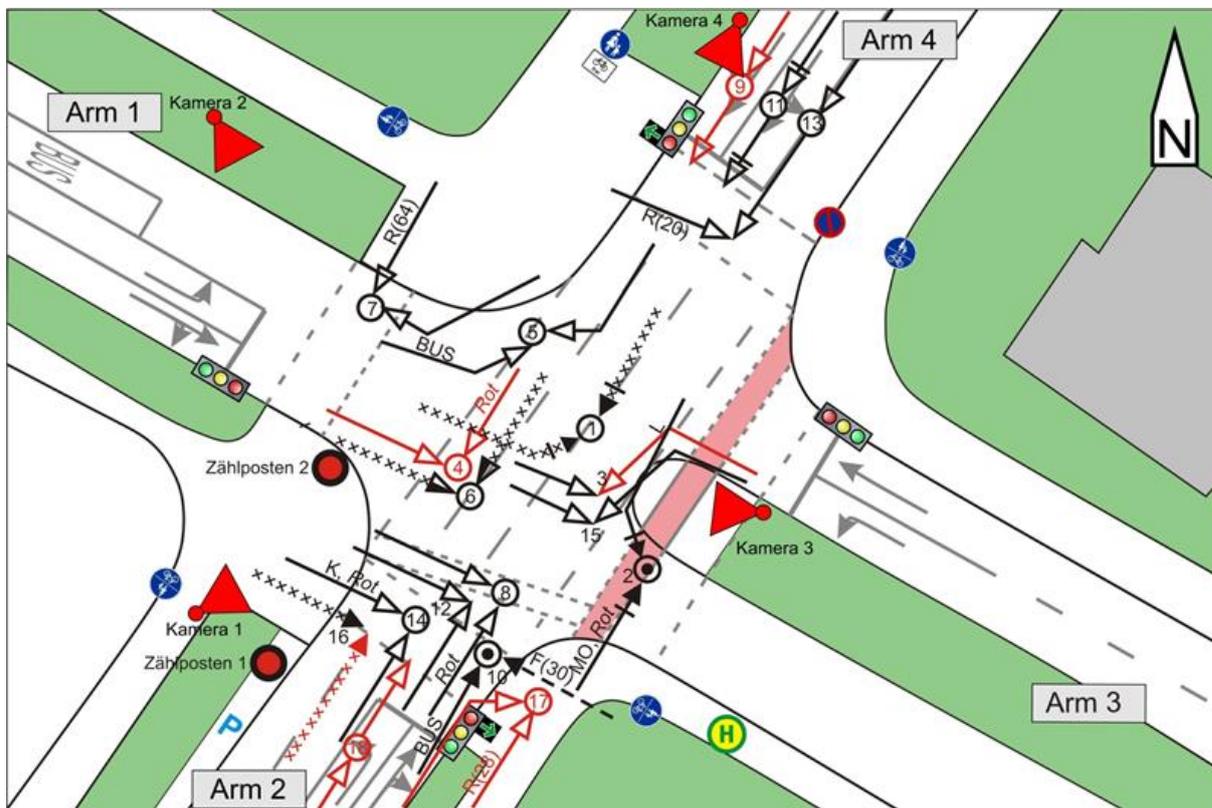


Abbildung 99: Knotenpunkt 4 - Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die bei der Unfallanalyse festgestellten Hauptkonflikte im Kreuzungsbereich und an der Furt des Knotenpunktarms 2 konnten im Rahmen der Verhaltensbeobachtungen nicht festgestellt werden.

Das am häufigsten beobachtete Fehlverhalten von Kraftfahrern (älteren wie jüngeren gleichermaßen) wurde im Zusammenhang mit dem Verkehrszeichen 720 (Grünpfeil) beobachtet, da die rechtsabbiegenden Verkehrsteilnehmer häufig nicht vorschriftsmäßig bei rotem Signal anhielten, sondern langsam weiterfuhren.

Konflikte konnten diesbezüglich vor allem zwischen Rechtsabbiegern aus der Zufahrt 4 und Fußgängern und Radfahrern an der Furt des Arms 1 beobachtet werden. Hierzu kam es insbesondere, wenn Rechtsabbieger gegen Ende der Rotzeit die Haltlinie der Zufahrt 4 passierten und bis zu ihrem Erreichen der Furt an Arm 1 zwischenzeitlich das Signal für zufahrende Kfz der Zufahrt 4 und für Fußgänger der Furt an Arm 1 auf Grün wechselte.

Als Defizite sind in diesem Zusammenhang die mit rd. 20 Metern weit abgesetzte Haltlinie der Zufahrt zu nennen. Im Weiteren wird der parallele Gehweg (Zusatzzeichen „Radfahrer frei“) von einer Baumreihe flankiert, die die Sicht für Rechtsabbieger aus der Zufahrt 4 auf diesen Bereich einschränkt (Abbildung 100).



Abbildung 100: Knotenpunkt 4 – Blick auf Furt 1 in Richtung Zufahrt 4 (Foto: Seipel)

Zwar lässt sich für diese Kreuzung keine „*Häufung von Unfällen, bei denen der Grünpfeil ein unfallbegünstigender Faktor war*“ feststellen (nur Unfall 7 steht in diesem Zusammenhang), dennoch ist der Grünpfeil hier vor dem Hintergrund der Regelungen der VwV-StVo zu überdenken:

„Es (Z 720) darf nicht verwendet werden,

[...]

- wenn der freigegebene Fahrradverkehr auf dem zu kreuzenden Radweg für beide Richtungen zugelassen ist oder der Fahrradverkehr trotz Verbotes in der Gegenrichtung in erheblichem Umfang stattfindet und durch geeignete Maßnahmen nicht ausreichend eingeschränkt werden kann.“ (VwV-StVO, vom 22.10.1998, zu § 37 StVO, Abs. XI, Satz 1e)

Dies trifft für den betrachteten Knotenpunkt bedingt zu. Radfahrer nutzen vornehmlich die Fußgängerfurten zur Überquerung der Straße und fahren zum Teil auch „entgegen der Fahrtrichtung“ auf den gemeinsamen Fuß- und Radwegen (StVO-Zeichen 240). Konflikte zwischen Radfahrern und Fußgängern konnten bei Gehwegbreiten zwischen 3 und 4 Metern allerdings nicht beobachtet werden.

Weitere Konflikte, die sich aus der nicht gesicherten Führung der Linksabbieger der Hauptachse (Arm 2-4) ergeben könnten, wurden nicht beobachtet. In wenigen Fällen konnten Konflikte beobachtet werden, die aus der gemeinsamen Führung von Geradeausfahrern und Linksabbiegern auf einem Fahrstreifen aus der Zufahrt 4 resultieren. Nachfolgende Kraftfahrer wichen zum Teil unvermittelt in die Bereiche des parallel geführten Geradeausverkehrs des rechten Fahrstreifens aus, um wartepflichtige Linksabbieger zu passieren.

Knotenpunkt 5

Abbildung 101 zeigt die Kamerapositionen einschließlich der Aufnahmerichtungen für die Verhaltensbeobachtungen, die im März 2011 durchgeführt wurden. Zudem ist das Unfalldiagramm für Unfälle der Kategorien 1 bis 4 der Jahre 2008 bis 2010, zu denen Informationen in Form von anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen, dargestellt. Der Knotenpunkt war zudem in den Jahren 2003, 2005 und 2006 als Unfallhäufungsstelle gemeldet. Hier ereigneten sich vornehmlich Einbiegen/Kreuzen-Unfälle unter Missachtung des Rotsignals von Kraftfahrern aus Südost (vgl. Abbildung 101 Stelle [1]), Überschreiten-Unfälle an der Furt an Arm 3 (vgl. Abbildung 101 Stelle [2]), oft auch unter Missachtung des Rotsignals durch die Fußgänger und Unfälle im Bereich des freien Rechtsabbiegestreifens aus der Zufahrt 4 (vgl. Abbildung 101 Stelle [3]), auch mit Beteiligung überquerender Radfahrer.

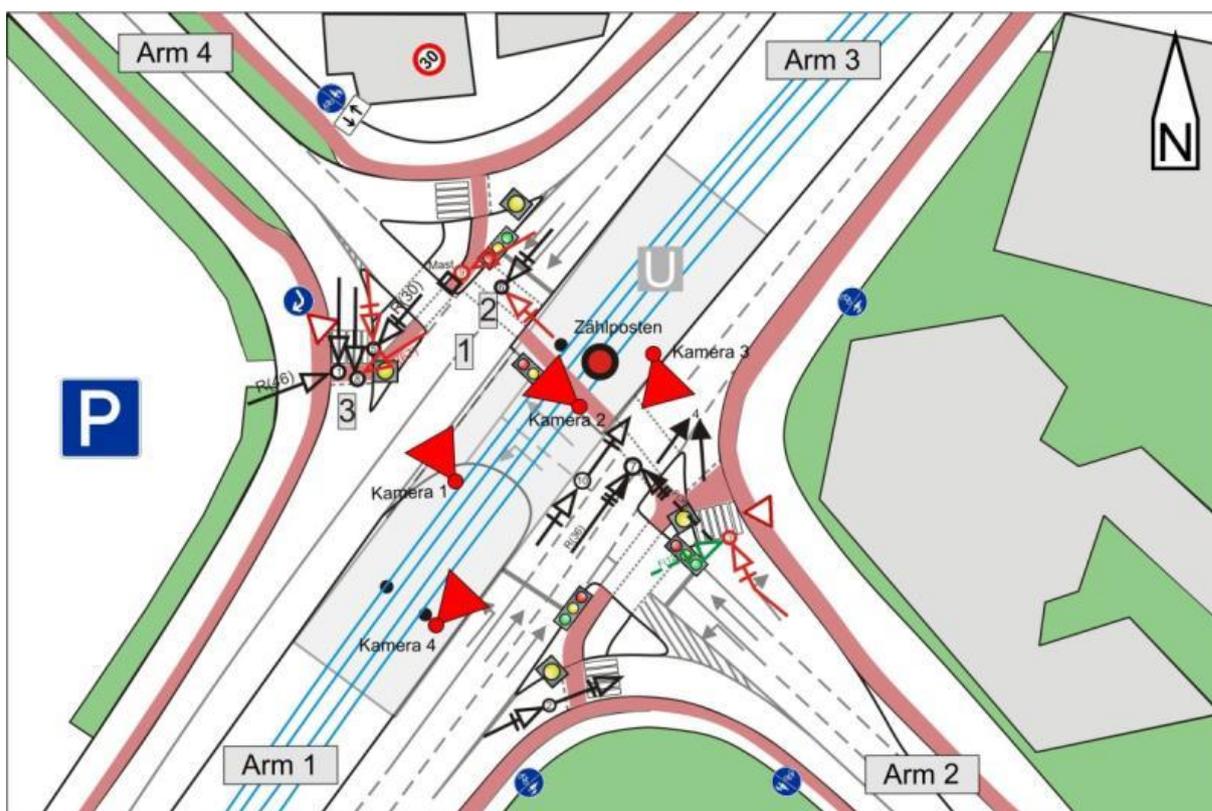


Abbildung 101: Knotenpunkt 5 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Insgesamt konnten an diesem Knotenpunkt nur wenige Konfliktsituationen beobachtet werden. Diese entsprachen allerdings dem Unfallbild und können in den Zusammenhang zu einem hohen Fuß- und Radverkehrsaufkommen gesehen werden. Zwischen den beiden baulich getrennten Richtungsfahrbahnen der Achse 2-3 befinden sich Gleisanlagen für eine Stadtbahnlinie. Der Zugang zu einer Haltestelle (Brückenlage) befindet sich in der Mitte des Kreuzungsbereiches auf der Höhe des eingezeichneten Zählpostens. Zudem befinden sich Schulen (Gymnasium und Berufskolleg) in nordwestlicher Lage (Arm 4) des Knotenpunktes. Die Hauptwege-Beziehung ist in der Abbildung 102 dargestellt.

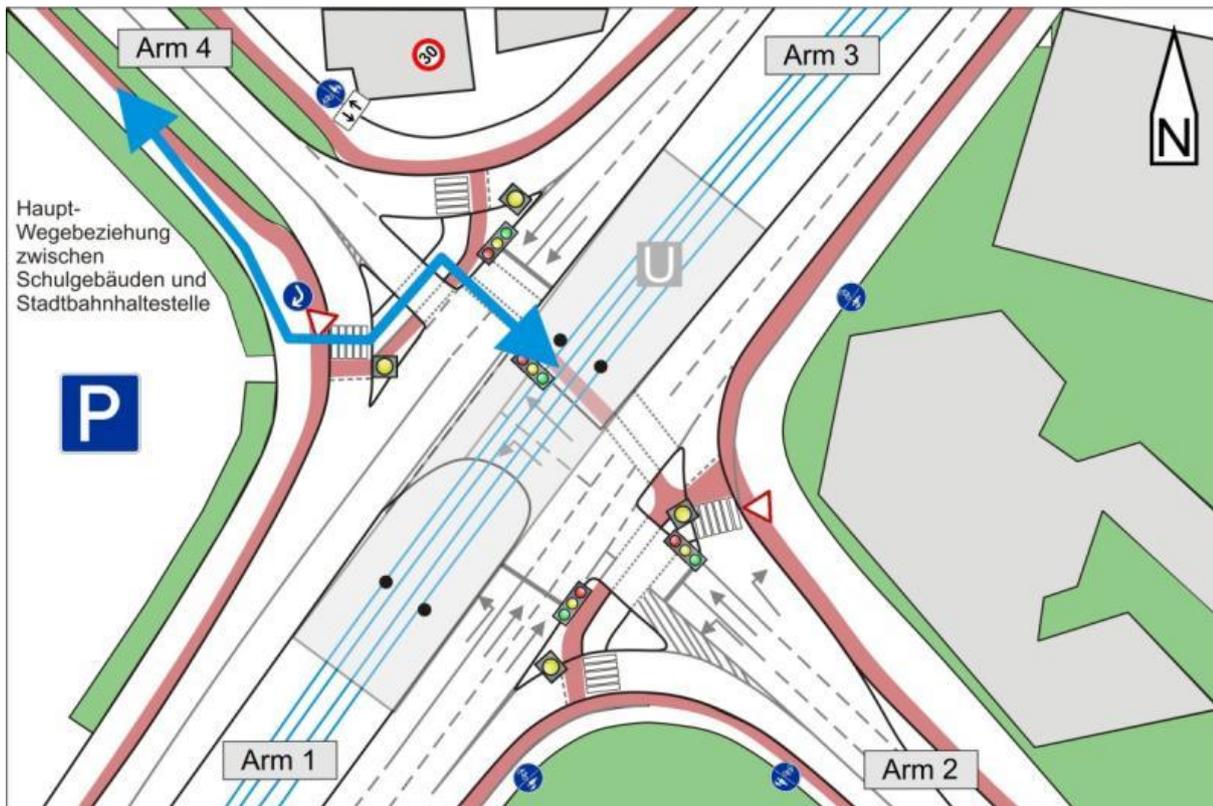


Abbildung 102:Kontenpunkt 5 – Hauptwegebeziehungen zwischen Schulgebäuden und Stadtbahn-Haltestelle (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Auf den Dreiecksinseln überlagern sich Rad- und Fußwegebeziehungen (Abbildung 103). Insbesondere bei hohem Fußgängeraufkommen, z. B. nach Schulschluss, kommt es zu unübersichtlichen Situationen, in denen sich Radfahrer und Fußgänger vermischen (Abbildung 104). Gemessen an den pulkweise zu Schulschluss auftretenden Fußgängern, bieten die Aufstellflächen zudem zu wenig Platz. Teilweise konnten sich nicht alle Schüler auf den Dreiecksinseln aufstellen und standen auf der Fahrbahn neben der Dreiecksinsel.



Abbildung 103: Knotenpunkt 5 – Aufstellflächen auf Dreiecksinsel am „Freien Rechtsabbieger“ aus Arm 3 in Arm 4 in Blickrichtung Südost (im Bild links ist der rot eingefärbte Bereich für den Radverkehr hervorgehoben) (Fotos: Seipel)



Abbildung 104: Knotenpunkt 5 – Fußgänger und Radfahrer überqueren Furt an Arm 3 (Gerlach et al. in Druck)

Verglichen mit anderen Beobachtungsstandorten konnten an diesem Knotenpunkt viele Rotlichtverstöße von Kindern (Schülern) als Fußgänger beobachtet werden (Abbildung 106). Bei den Überquerungen der Kinder als Fußgänger wurden 194 Verstöße beobachtet (annähernd 17% aller Querungen), davon über die Hälfte (117) Rotlichtverstöße.

Über die Gründe kann nur spekuliert werden. Zum einen sind die Aufstellflächen teilweise zu klein, zum anderen kann auch das „Peer-Group“-Verhalten eine Rolle spielen, weil es „cool“ sein könnte, sich nicht an Regeln zu halten. Andererseits ist die Straße an dieser Stelle nach links auch sehr weit einsehbar und der Kfz-Verkehr kommt nur aus einer Richtung (vgl. Abbildung 105, aus Sicht des zufahrenden Kfz-Verkehrs). Verschiedentlich wurde beobachtet, wie die Kinder rennen, um noch eine U-Bahn zu erreichen und dabei das Rotsignal missachtet haben (Abbildung 106).

Rotlichtverstöße konnten auch bei allen anderen Fußgängern und Radfahrern an dieser Furt beobachtet werden. Es kann nur spekuliert werden, dass die weit einsehbare Straße und das pünktliche Erreichen der U-Bahn dieses Verhalten begünstigen.



Abbildung 105: Knotenpunkt 5 – Zufahrt aus Arm 3 in Blickrichtung der Furt (Foto: Seipel)



Abbildung 106: Knotenpunkt 5 – Kinder laufen bei „Rot“ über die Furt an Arm 2 in Richtung der Stadtbahn-Haltestelle (Gerlach et al. in Druck)

An den freien Rechtsabbiegestreifen konnten nur wenige Konfliktsituationen beobachtet werden. Allerdings lässt das Verhalten der Verkehrsteilnehmer darauf schließen, dass sich diese im Hinblick auf die Vorfahrtregelung unsicher sind (Abbildung 107). Unfälle mit von rechts kommenden Radfahrern könnten zudem durch die Einschränkung der Sichtbeziehungen aufgrund der Begrünung zum Parkplatz hin begünstigt werden (Abbildung 108).



Abbildung 107:Knotenpunkt 5 – Situation am freien Rechtsabbiegestreifen (Radfahrer von links wartet, Radfahrer von rechts fährt) (Gerlach et al. in Druck)



Abbildung 108:Knotenpunkt 5 – Sicht der Kfz-Führer aus Arm 2 auf Dreiecksinsel und freien Rechtsabbiegestreifen (Foto: Seipel)

Überwiegend verhielten sich die Kfz-Führer an den freien Rechtsabbiegestreifen korrekt. Selbst in unübersichtlichen Situationen zu Schulschluss mit vielen Fußgängern und Radfahrern. Bei der Auswertung der Videoaufnahmen entstand der Eindruck, dass viele Pkw-Fahrer mit diesen Situationen vertraut waren.

Gemessen an der großen Zahl von Überquerungen von Kindern gab es kaum verkehrsfördernde Konflikte.

Die Radverkehrsanlagen wurden gut angenommen und meist vorschriftsmäßig genutzt.

A 8 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Kreuzungen mit Lichtsignalanlage und verkehrstechnischer und/oder baulicher Optimierung

Knotenpunkt 6

Die Verhaltensbeobachtungen an diesem Knotenpunkt fanden im Mai 2011 statt. Die vorgenommenen Änderungen erfolgten im Jahr 2010, vornehmlich zur besseren Führung des Radverkehrs (Abbildung 109).

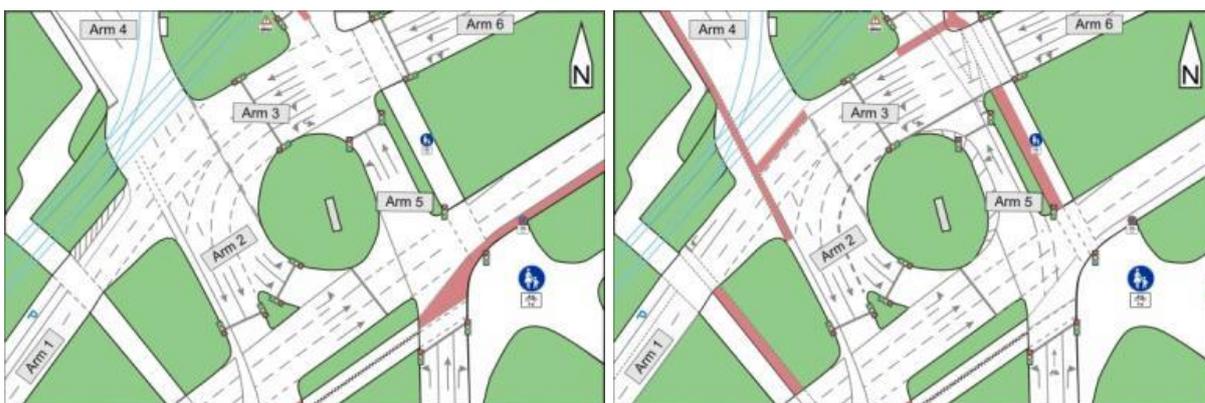


Abbildung 109: Knotenpunkt 6 – Situation vor Änderung (Bild links) und nach Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Das Unfalldiagramm auf Grundlage der Unfälle aus 2006 bis 2010 zeigt Abbildung 110. Dargestellt sind hier nur Unfälle, die sich auf den Unfallschwerpunkt des nordwestlichen Teilknotenpunkts beziehen. Diesem Bereich galt auch das vorwiegende Interesse der Verhaltensbeobachtungen.

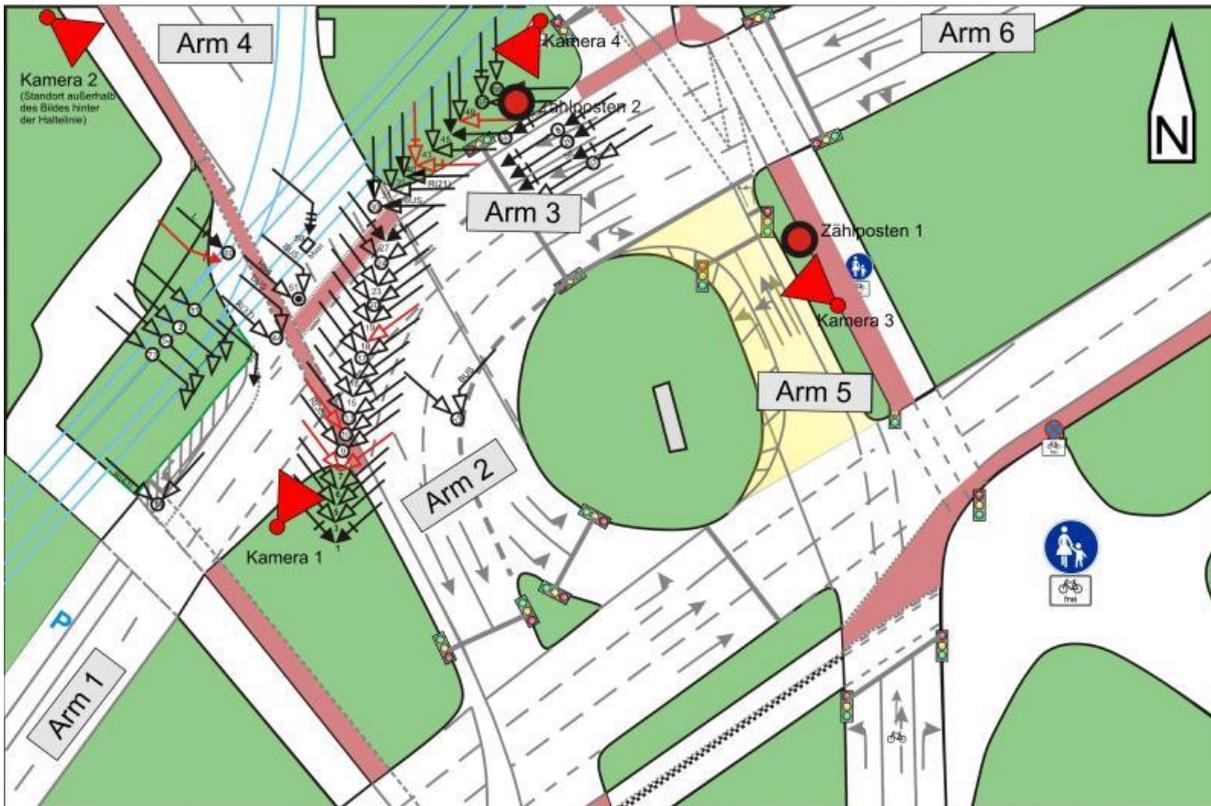


Abbildung 110: Knotenpunkt 6 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 65, 66, 67, 69, 73 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt. Numerisch nicht aufgeführte Unfälle beziehen sich auf andere Bereiche des Knotenpunktes) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Insgesamt 37 Unfälle fanden an diesem Teilknotenpunkt zwischen 2006 und 2009 statt, also vor dem Jahr der Umsetzung der Maßnahmen. In 2010 fanden hier 5 Unfälle statt (Abbildung 111).

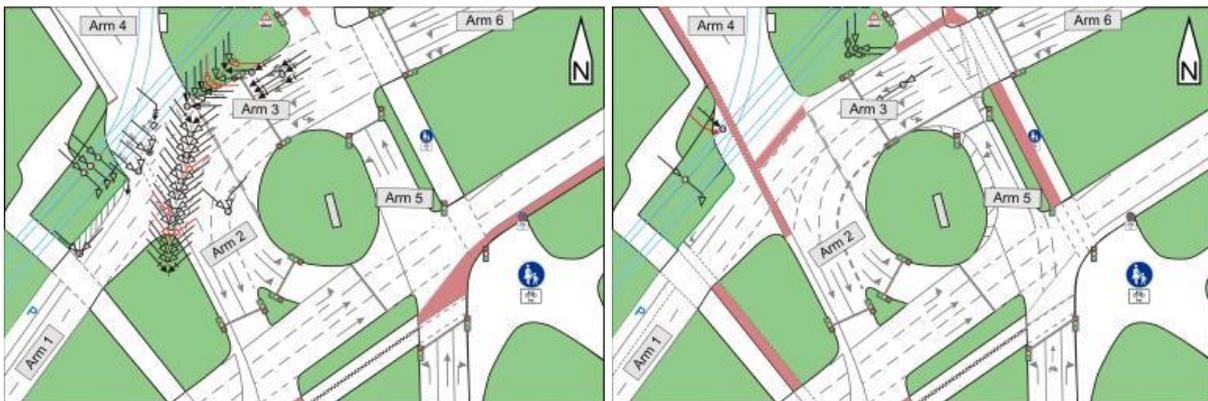


Abbildung 111: Knotenpunkt 6 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links) und nach oder im Jahr der verkehrstechnischen Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Bei den Einbiegen/Kreuzen-Unfällen am nordwestlichen Teilknotenpunkt handelte es sich vorwiegend um Unfälle, bei denen die Verkehrsteilnehmer das rote Signal an der Haltlinie des Arms 3 missachteten und in den Kreuzungsbereich einfuhren, wo sie mit Verkehrsteilnehmern aus der Zufahrt 4 kollidierten.

Rotlichtverstöße konnten zwar beobachtet werden, führten allerdings zu keinen Konfliktsituationen. Die Zwischenzeit dieser beiden Ströme betrug 11 Sekunden (3 räumt / 4 fährt ein), die Haltlinie der Zufahrt 4 (im Plan nicht eingezeichnet) liegt etwa 45 Meter von der Mittelachse des rechten Fahrstreifens der Zufahrt 3 entfernt.

Die genauen Ursachen, die zu den Rotlichtverstößen an der Zufahrt 3 führen, sind nicht bekannt. Das Signalprogramm während der Verhaltensbeobachtungen beinhaltete allerdings einen begünstigten Faktor. „Linksabbieger“ aus Süden passieren an diesem Knotenpunkt drei Lichtsignalanlagen. Für sie ergibt sich die „Signalfolge“ zu GRÜN an der ersten LSA, GRÜN an der zweiten LSA und ROT an der dritten LSA (Abbildung 112). Dies kann vermutlich dazu führen, dass das rote Signal an der Haltlinie 3 nicht beachtet wird.

Rotlichtverstöße aus der Zufahrt 6 konnten nicht festgestellt werden. Zudem ist zur Ahndung von Rotlichtverstößen der Zufahrt 6 ist eine stationäre Rotlichtüberwachung auf Höhe der Haltlinie der Zufahrt 3 aufgestellt.

Neben den Rotlichtverstößen an der Zufahrt 3 konnten zudem noch Rotlichtverstöße an der Zufahrt 5 beobachtet werden (vornehmlich Geradeausfahrer).

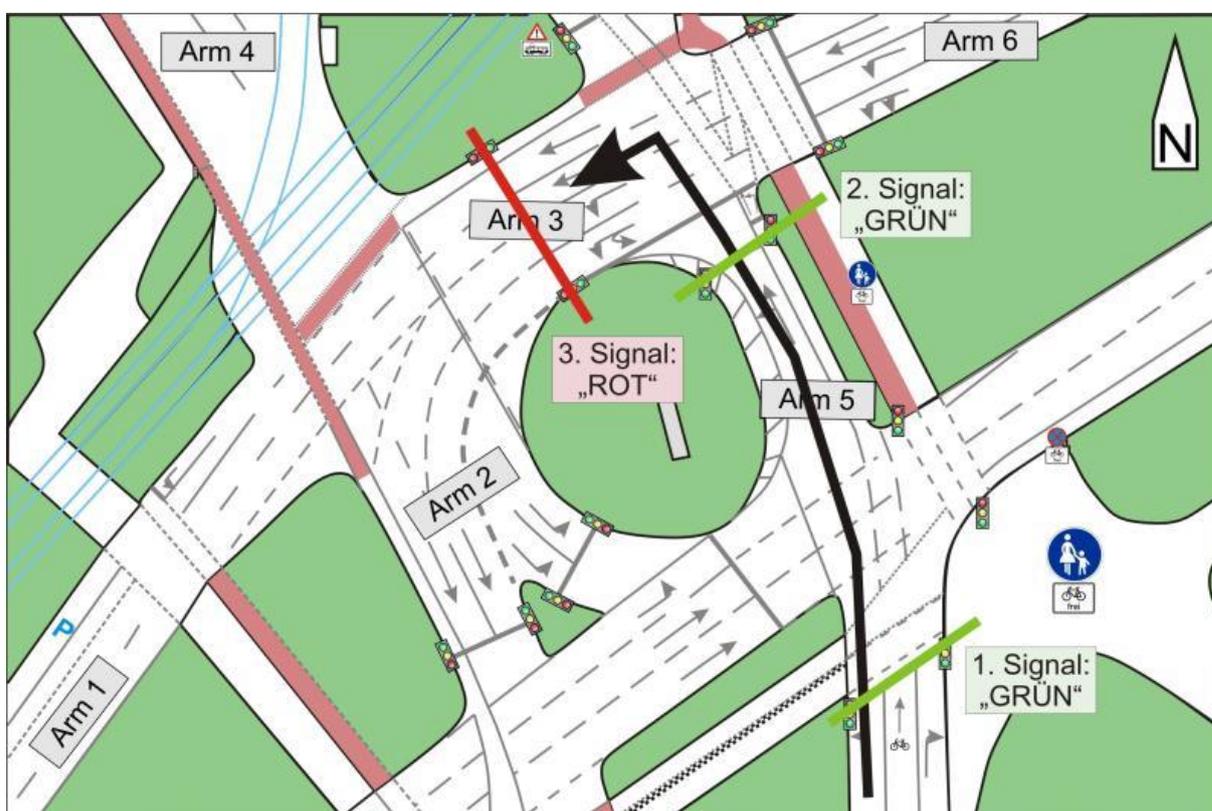


Abbildung 112: Knotenpunkt 6 – Signalfolge für Linksabbieger von Süden (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Im Hinblick auf den Radverkehr lässt sich festhalten, dass die Radverkehrsanlagen gut angenommen werden und den Radverkehr sicher über diesen großen Knotenpunkt führen. Auffällig war, dass Radfahrer die eigens für sie installierten Signalgeber für den Radverkehr, häufig nicht beachtet haben bzw. häufig bei ROT, insbesondere entlang des nördlichen Radweges (parallel zu den Armen 6-3) fahren, wenn keine Kfz aus Arm 5 kamen.

Knotenpunkt 7

Der Knotenpunkt 7 wurde im Wesentlichen wegen Überschreiten-Unfällen mit Beteiligung von Kindern im Rahmen der Bestimmung der 291 Knotenpunkte ausgewählt. Die Abbildung 113 zeigt das Unfalldiagramm auf Basis von Unfällen der Kategorie 1 bis 4 der Jahre 2007 bis 2010. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im März 2011 durchgeführt. Westlich des Knotenpunktes befindet sich eine Grundschule (Arm 1) und östlich liegt eine Straßenbahnhaltestelle (Arm 4).

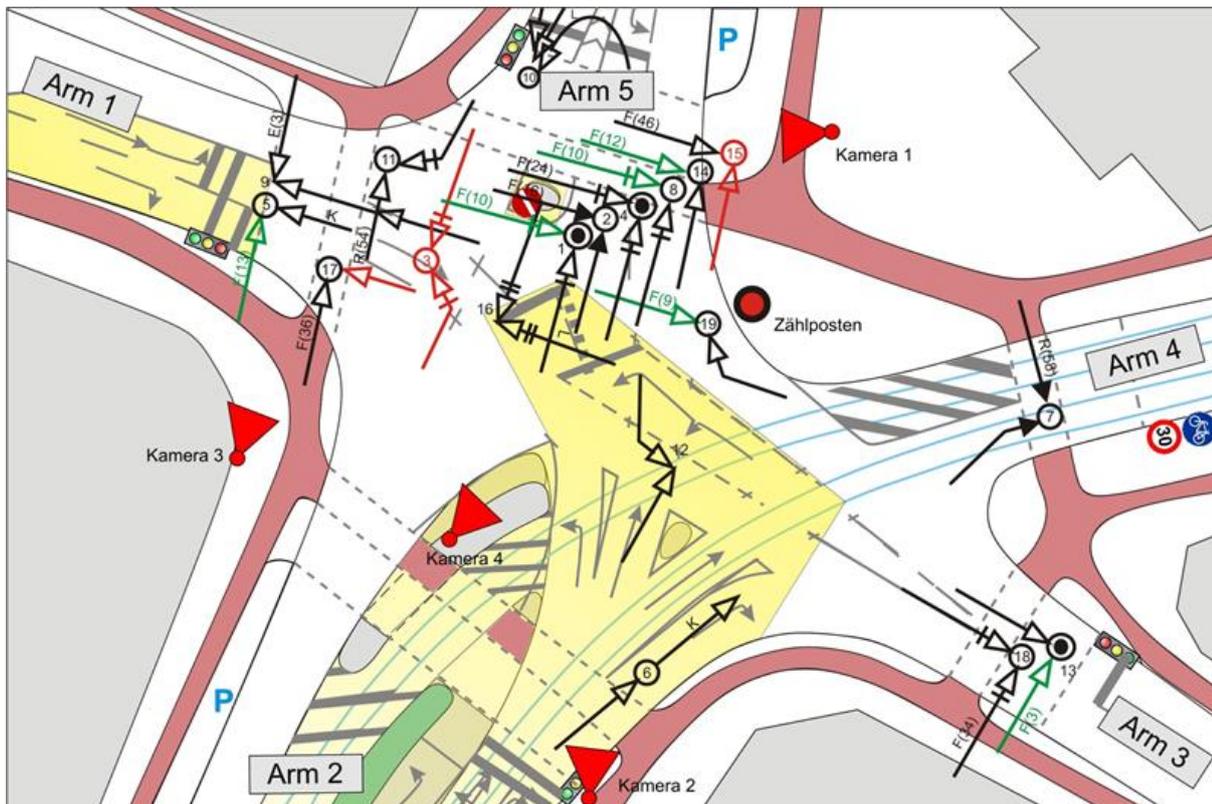


Abbildung 113: Knotenpunkt 7 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 17 bis 19 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Der Unfallschwerpunkt mit Überschreiten-Unfällen, auch unter Beteiligung von Kindern, ergab sich an der Furt des Arms 5. Dabei wurden die zum Teil bei ROT überquerenden Fußgänger von geradeausfahrenden Kfz aus Arm 2 erfasst.

Zu dieser Situation (vgl. Abbildung 114, Bild links) wurden die linksabbiegenden Kfz der Achse 2-5 bedingt verträglich geführt. Dabei befuhren Geradeausfahrer und Linksabbieger aus Arm 2 zunächst einen gemeinsamen Fahrstreifen, der sich erst im Kreuzungsbereich verzweigte. Die aus Süden kommenden Geradeausfahrer konnten hinter den wartenden Linksabbiegern, die sich auch bis zur Haltlinie zurückstauten, nicht abfließen. Zudem verdeckten wartende Linksabbieger im Kreuzungsbereich, aus Arm 2 und Arm 5, die Sicht für Fußgänger an der Furt 5 auf hinter den Linksabbiegern aus Arm 2 wartende Geradeausfahrer. Diese Geradeausfahrer konnten die Kreuzung erst spät räumen, wenn die Linksabbieger den Kreuzungsbereich zum größten Teil verlassen hatten. Zu diesem Zeitpunkt war den zufahrenden Verkehrsteilnehmern aus der Zufahrt 5 bereits rot signalisiert. Wartende Fußgänger, die zum Teil die Bahn noch erreichen wollten, sahen dies, überquerten bei ROT und rechneten nicht mehr mit Fahrzeugen, die aus ihrer Sicht von rechts kamen.

Unter anderem aus diesem Grund wurden in 2010 Umbaumaßnahmen durchgeführt. Dabei wurde die Mittelinsel im Arm 2 so zurückgebaut, dass Linksabbieger und Geradeausfahrer getrennt werden konnten (vgl. Abbildung 114, Bild rechts). Im Weiteren wurde den Linksabbieger aus Arm 5 eine eigene Signalzeit eingeräumt, so dass eine Sichtbehinderung durch die im Kreuzungsbereich wartenden Linksabbieger beseitigt wurde. Geradeausfahrer aus Arm 5 und Linksabbieger und Geradeausfahrer aus Arm 2 blieben in einer Signalphase. Zudem wurde das Linksabbiegen aus Arm 1 unterbunden.



Abbildung 114: Knotenpunkt 7 – Situation vor Änderung (Bild links) und nach Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die Verhaltensbeobachtungen zeigten, dass die Situation für überquerenden Fußgänger an Arm 5 absolut konfliktfrei verlief, auch wenn einige „Rotläufer“, die die Bahn erreichen wollten, beobachtet werden konnten. Auch die Betrachtung der Unfälle, unter Berücksichtigung des kurzen Betrachtungszeitraumes für den Zustand nach der Umsetzung der Maßnahmen, lassen den Schluss zu, dass diese Unfallsituation entschärft werden konnte (Abbildung 115).

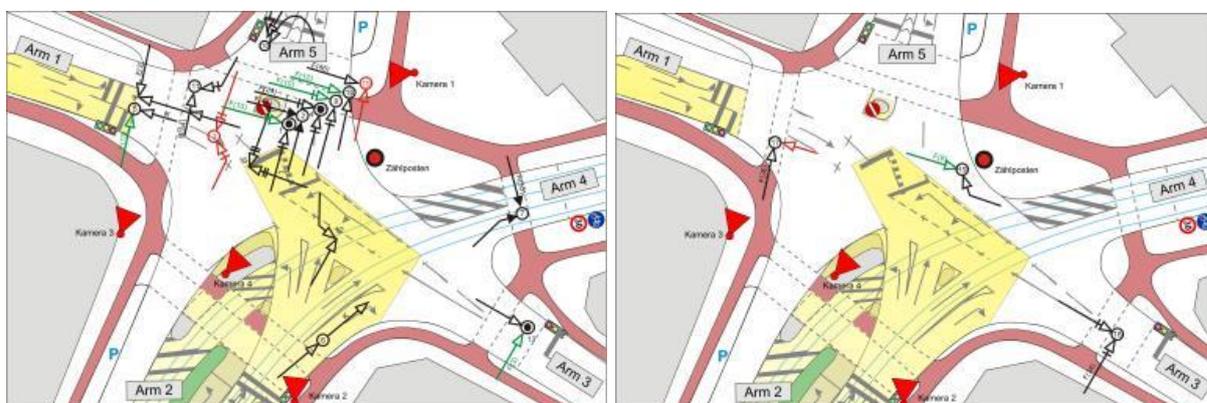


Abbildung 115: Knotenpunkt 7 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links, 16 Unfälle zwischen 2007 und 2009) und nach oder im Jahr der verkehrstechnischen Änderung (Bild rechts, 3 Unfälle im Jahr 2010) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Konflikte zwischen Fußgängern und Kfz konnten an diesem Knotenpunkt allerdings an der Furt des Arms 1 beobachtet werden. Zum Teil befuhren noch kreuzende Kfz die Furt zu einem Zeitpunkt, da den Fußgängern bereits GRÜN signalisiert wurde (Abbildung 116).



Abbildung 116: Knotenpunkt 7 – Räumendes Kfz bei bereits grünem Signal der Fußgängerfurt
(Gerlach et al. in Druck)

Es ist nicht bekannt, ob es sich bei diesen kreuzenden Kfz aus Arm 3 um Rotlichtverstöße handelte (wenn, dann kurz nach dem Wechsel von GELB auf ROT). Allerdings war die Zwischenzeit (Kfz aus 3 räumt und Fußgänger an 1 geht los) am Tag der Verhaltensbeobachtung (werktags, 10 bis 15 Uhr) hier mit 9 Sekunden knapp bemessen. Bei Grundräumwegen von etwa 55 bis 60 Metern (Abbildung 117) ergeben sich gemäß den RiLSA 2010 rechnerisch³⁴ 9,05 Sekunden (bei 54,5 Meter Grundräumweg) bzw. 9,6 Sekunden (bei 60 Metern Grundräumweg). Zum Schutz der Fußgänger sollte die Zwischenzeit somit mindestens 10 Sekunden betragen.

³⁴ Zur Berechnung der Zwischenzeit angesetzt: Überfahrzeit = 3s, Räumgeschwindigkeit = 10 m/s, Grundräumweg = 54,5 bzw. 60m, Fahrzeuglänge 6m, Einfahrweg = 0m, Einfahrzeit = 0s

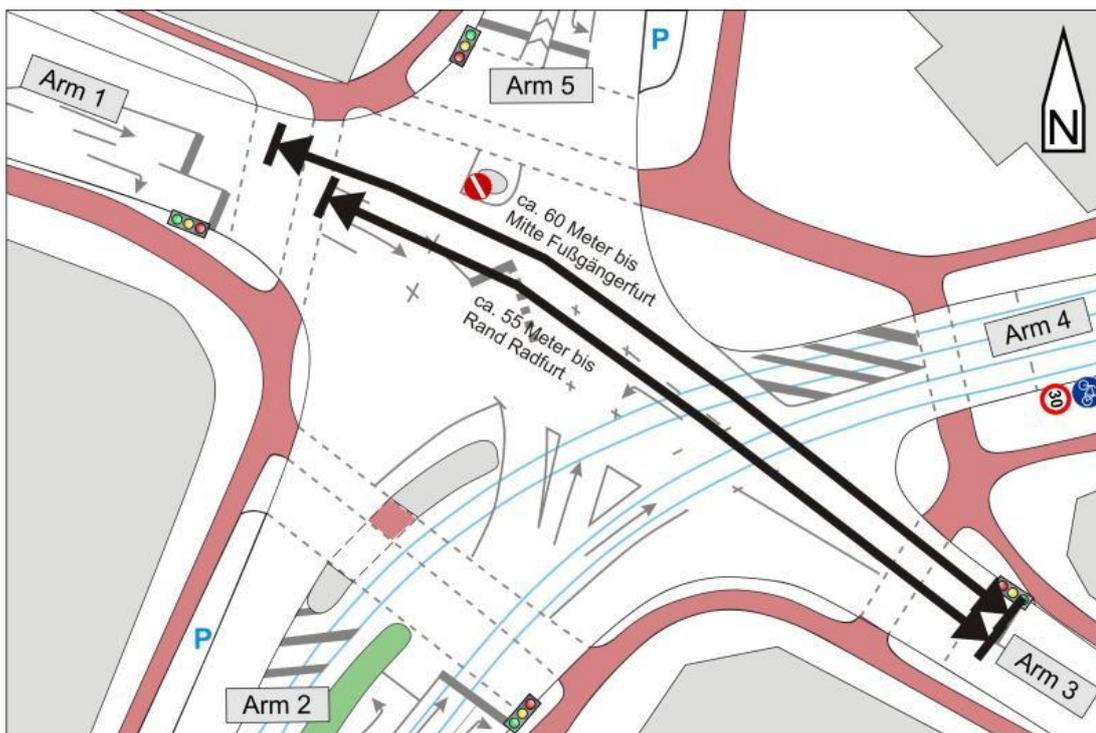


Abbildung 117: Knotenpunkt 7 – Räumweg für Geradeausfahrer aus Arm 3 zur Fußgängerfurt
(Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Nicht optimal ist an diesem Knotenpunkt mit hoher Passantendichte (Geschäftsbesatz, Wochenmarkt, Straßenbahnhaltestelle, Grundschule) die Wegführung für den Radverkehr, welche sich, insbesondere an den Furten, mit denen des Fußverkehrs überlagern (Abbildung 118). Konflikte konnten allerdings nicht beobachtet werden, da vor allem die Radfahrer sich sehr umschauend und defensiv verhielten.



Abbildung 118: Knotenpunkt 7 – Wartende Fußgänger und Radfahrer an der Furt an Arm 5 (Blickrichtung Ost) (Foto: Seipel)

Insgesamt konnten an dieser sehr komplexen Kreuzung nur wenige Konflikte beobachtet werden. Die Maßnahmen, die für diesen Knotenpunkt entwickelt und umgesetzt wurden, können als sehr gut erachtet werden.

Knotenpunkt 8

Die Verhaltensbeobachtungen an dieser Kreuzung wurden im Mai 2011 durchgeführt. Das Unfalldiagramm auf Basis von Unfällen der Kategorie 1 bis 4 aus dem Zeitraum 2006 bis 2009 zeigt Abbildung 119. Zu sehen ist, dass an diesem Knotenpunkt vornehmlich Unfälle des Typs 211 stattfanden, von Verkehrsteilnehmern der Achse 1-3. Die Signalsteuerung an diesem Knotenpunkt ist eine 2-Phasensteuerung, so dass die Linksabbieger nicht gesichert geführt werden.

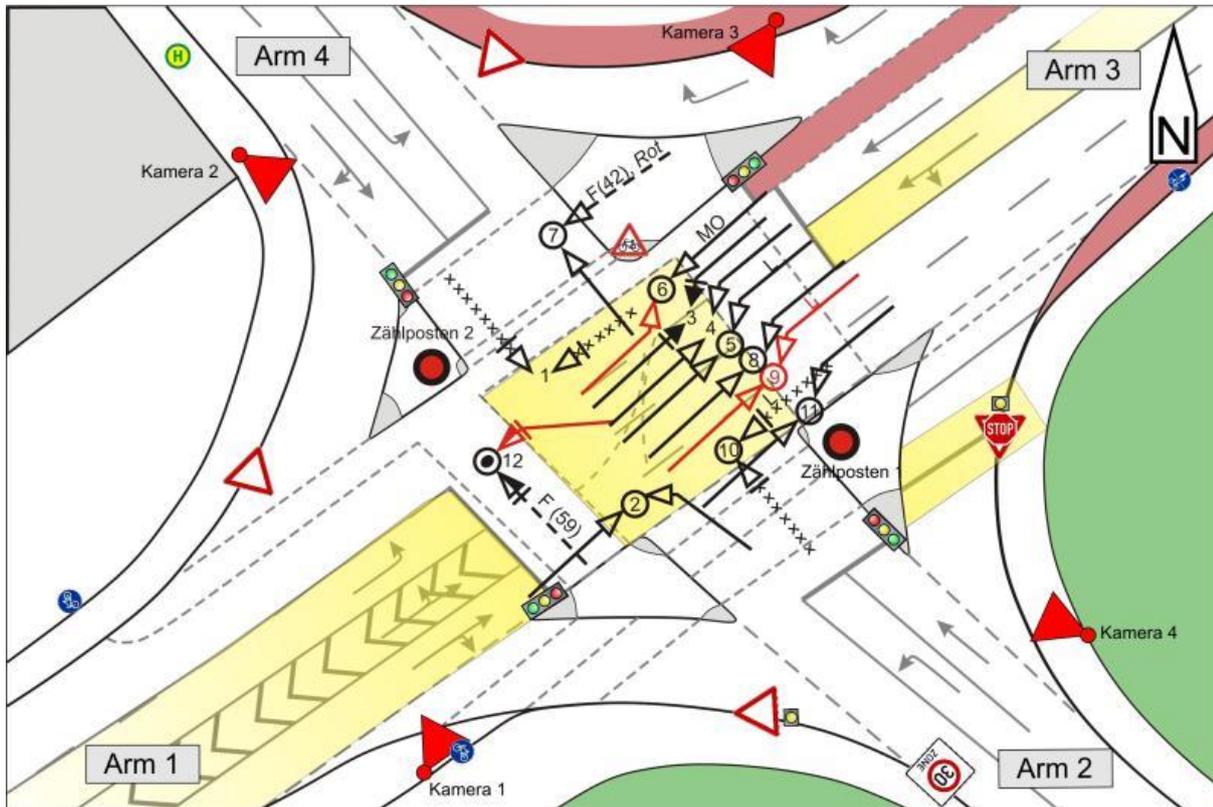


Abbildung 119: Knotenpunkt 8 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 10 bis 12 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die Maßnahmen an diesem Knotenpunkt zur Entschärfung der Unfallsituation wurden im Sommer 2008 durchgeführt. Hierbei handelte es sich um eine Änderung der Verkehrsführung der Zufahrten 1 und 3 mit Hilfe einer geänderten Markierung. Im Zustand vor der Änderung wurden Geradeausfahrer zweistreifig geführt, die jeweiligen Linksabbieger nutzen mit den Geradeausfahrern den gemeinsamen linken Fahrstreifen (Abbildung 120, Bild links).

Durch die vorgenommenen Maßnahmen wurden die Geradeausfahrer von den Linksabbiegern getrennt (Abbildung 120, Bild rechts). Beide Verkehrsströme erhielten nur noch einen Fahrstreifen, der Linksabbiegestreifen aus Arm 1 wurde zur Straßenmitte hin versetzt. Zudem wurden äußere Leitlinien für Linksabbieger im Kreuzungsbereich markiert. Die 2-Phasen-Signalsteuerung wurde beibehalten, die Linksabbieger werden auch nach der Änderung somit signaltechnisch nicht gesichert geführt. Am „freien Rechtsabbieger“ der Zufahrt 2 wurde das Zeichen „Vorfahrt gewähren“ durch ein „Stopp-Schild“ ersetzt.



Abbildung 120:Knotenpunkt 8 – Situation vor Änderung (Bild links) und nach Änderung (Bild rechts) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Die Unfälle des Typs 211 konnten mit Hilfe der vorgenommenen Maßnahmen erheblich reduziert werden (Abbildung 121). Nach Umsetzung der Maßnahme kam es nur noch zu einem Unfall des Typs 212 in zwei Jahren. Allgemein ist die durchschnittliche Anzahl der Unfälle pro Jahr an diesem Knotenpunkt ebenfalls zurückgegangen.

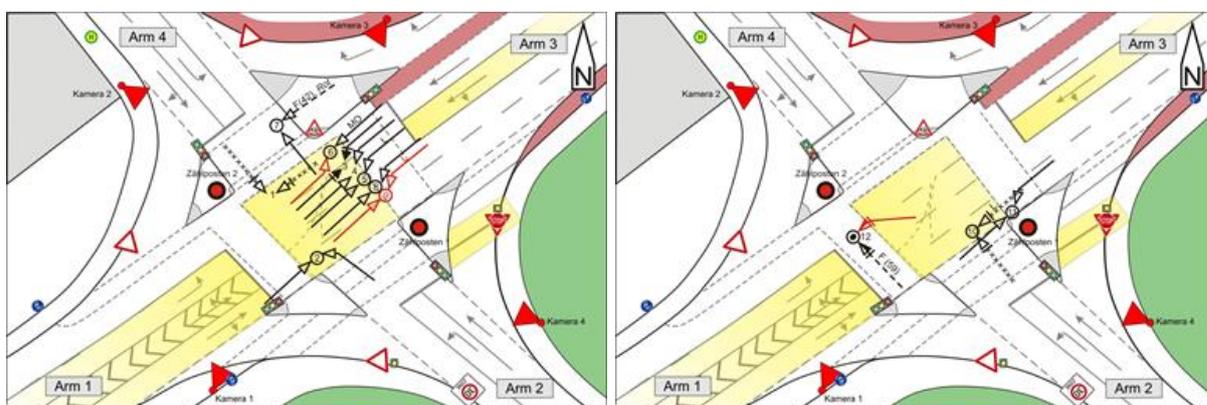


Abbildung 121:Knotenpunkt 8 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links, 9 Unfälle zwischen 2006 und 2007) und nach oder im Jahr der verkehrstechnischen Änderung (Bild rechts, 3 Unfälle zwischen Nov 2008 und 2010) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Auch während der Vor-Ort-Beobachtungen, bei allerdings geringem Verkehrsaufkommen, konnten bei den Linksabbiegern keine Schwierigkeiten festgestellt werden. Die Trennung von Geradeausverkehr und Linksabbieger und die zusätzliche äußere Leitlinie für Linksabbieger bewirkten ein geordnetes und sicheres Linksabbiegen, auch bei der signaltechnisch nicht gesicherten Führung.

Durch den Versatz des Linksabbiegestreifens der Zufahrt 1 zur Straßenmitte hin und „vor Kopf“ des Linksabbiegestreifens der Gegenrichtung wird eine ausreichend große Fläche zur Aufstellung erzeugt, die sich gegenüberstehenden Linksabbieger nehmen sich nicht gegenseitig die Sicht und sie müssen anstatt der vorher zwei Fahrstreifen des Gegenverkehrs nur noch einen Fahrstreifen überqueren und einsehen (Abbildung 122 und Abbildung 123).



Abbildung 122:Knotenpunkt 8 – Zufahrt aus Arm 3 (Foto: Seipel)



Abbildung 123:Knotenpunkt 8 – Zufahrt aus Arm 1 (Foto: Seipel)

Die Kreuzung zeigte sich auch insgesamt aus verkehrs- und umweltpsychologischer Sicht am Beobachtungstag unauffällig. Die umgesetzten Maßnahmen werden daher auch als gut geeignet angesehen, Konflikte, die vornehmlich den Unfalltyp 211 entsprechen, zu entschärfen.

Wenige Defizite ergaben sich aus Sicht der Fußgänger, insbesondere aus Sicht mobilitätseingeschränkter Personen, da nicht alle Borde im Bereich der Überquerungen abgesenkt waren. Abbildung 124 zeigt exemplarisch, dass z. B. ein Kind, das ein Fahrrad schiebt, erhebliche Schwierigkeiten dabei hat, ein Hochbord zu überwinden.



Abbildung 124: Knotenpunkt 8 – Kind mit Fahrrad und Mutter mit Kinderwagen Schwierigkeiten bei der Überwindung eines Hochbordes (Gerlach et al. in Druck)

Auch an diesem Knotenpunkt konnte beobachtet werden, dass selbst kleinere Unebenheiten (ca. 1-2 cm Höhenunterschied) Schwierigkeiten bei der Überwindung bedeuten, z. B. für Mütter mit Kinderwagen, insbesondere bei kleinen Rollendurchmessern (vgl. Abbildung 125).



Abbildung 125: Knotenpunkt 8 – Mutter mit Kinderwagen hat Schwierigkeiten bei der „Überrollung“ kleiner Unebenheiten (Gerlach et al. in Druck)

Knotenpunkt 9

Die Verhaltensbeobachtungen an diesem Knotenpunkt wurden im April 2011 durchgeführt. Abbildung 126 zeigt das Unfalldiagramm auf Basis von Unfällen der Kategorie 1 bis 4 aus dem Zeitraum 2006 bis 2010. Auch hier ist der Unfalltyp 211 häufig vertreten.

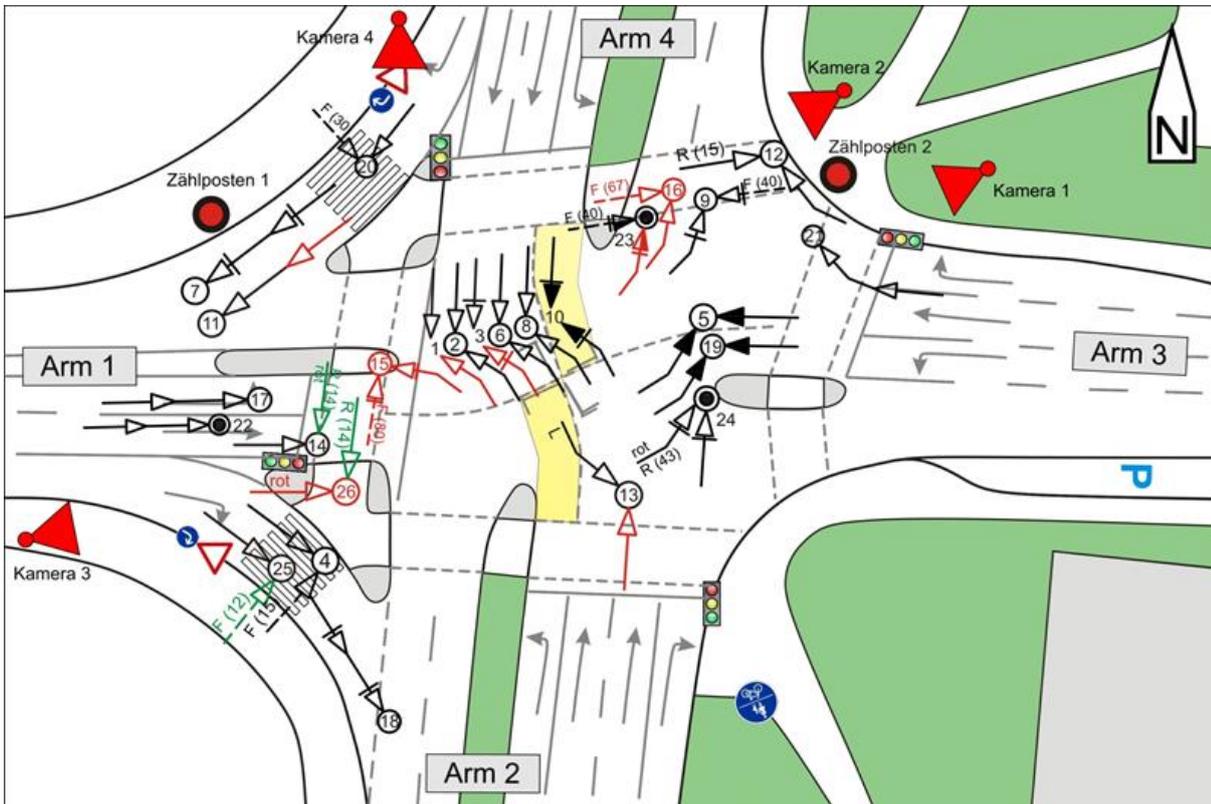


Abbildung 126: Knotenpunkt 9 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Bereiche mit Änderungen sind gelb hinterlegt. Die Unfälle 17 bis 26 fanden nach bzw. im Jahr der Umsetzung der Maßnahmen statt) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Als Maßnahme zur Erhöhung der Verkehrssicherheit wurden nach diesen Unfällen des Typs 211 an dieser Kreuzung die Linksabbieger der Hauptachse 2-4 signaltechnisch gesichert geführt. Die Unfallentwicklung belegt die Wirksamkeit dieser Maßnahme. Unfälle im Typ 211 sind, zumindest für die gesichert geführten Linksabbieger der Hauptachse, nach Änderung nicht mehr vorgekommen (Abbildung 127).

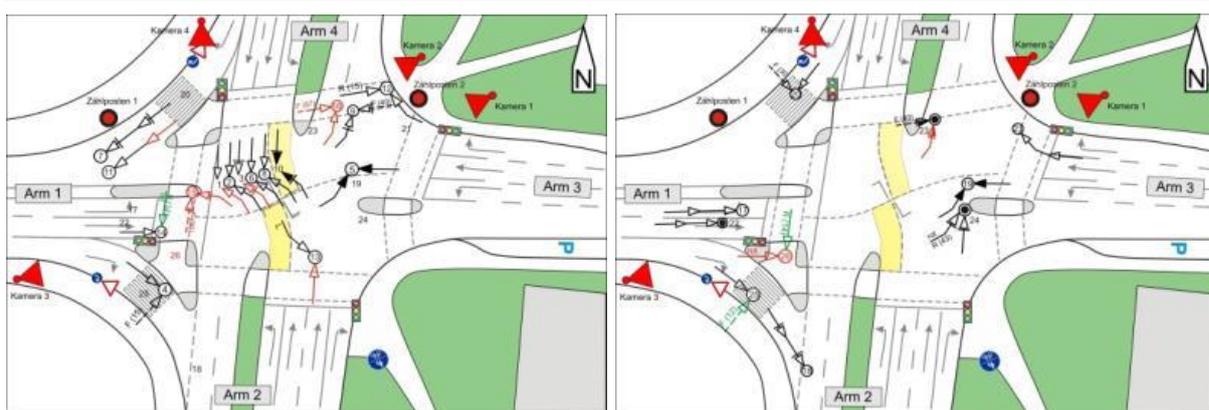


Abbildung 127: Knotenpunkt 9 – Unfälle vor verkehrstechnischer Änderung (Bild links, 16 Unfälle zwischen 2006 und Nov 2007) und nach verkehrstechnischer Änderung (Bild rechts, 10 Unfälle zwischen Nov 2007 und 2010) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Linksabbieger der Nebenachse werden zwar nach wie vor signaltechnisch nicht gesichert geführt, allerdings nutzen sie einen eigenen Fahrstreifen und finden zur Orientierung äußere Leitlinien und Wartelinien im Kreuzungsbereich vor. Die Verhaltensbeobachtungen unterstreichen die Wirksamkeit dieser Führungsform von Linksabbiegern an einem stärker belasteten Knotenpunkt (DTV-Hochrechnung: rd. 30.000 Kfz/24h. Beobachtungszeiträume: 1.823 bzw. 1.693 Kfz/h). Konflikte, unsicheres Vorfahren oder Warten in Bereichen des Gegenverkehrs der Linksabbieger konnten nicht festgestellt werden.

Mit Bezug auf die Sicherheit auf Fußgänger kann folgender Sachverhalt als Defizit eingestuft werden, wobei diesbezüglich nur wenige Konflikte an der östlichen Furt des Arms 4 beobachtet werden konnten. Um den Fußgängern möglichst die Überquerung in einem Zug zu ermöglichen, sind die hintereinander liegenden Furten hier progressiv signalisiert. Dabei wird das Fußgängersignal auf dem Fahrbahnteiler früher von GRÜN auf ROT geschaltet als das Signal am gegenüberliegenden Fahrbahnrand. Rechtsabbieger aus Arm 3 könnten dieses Signal fehldeuten und ihren vermeintlichen Vorrang gegenüber den Fußgängern durchsetzen wollen³⁵. Das Signal der Fußgänger LSA ist mit einer seitlichen Blende versehen, den Blick auf das Signal für Rechtsabbieger aus Arm 3 zeigt Abbildung 128.

³⁵ Vgl. auch FGSV (Hrsg.): Richtlinien für Lichtsignalanlagen RiLSA, Ausgabe 2010, S. 17 f.



Abbildung 128: Knotenpunkt 9 – Blick der Rechtsabbieger auf Fg-LSA auf Mittelstreifen (Foto: Seipel)

A 9 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Kreuzungen mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen

Knotenpunkt 10

Die Kamerastandorte und der Zählposten für die Verhaltensbeobachtungen sowie das Unfalldiagramm auf Grundlage von Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden aus dem Zeitraum 2006 bis 2009 ist in der Abbildung 129 dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im Mai 2011 durchgeführt.

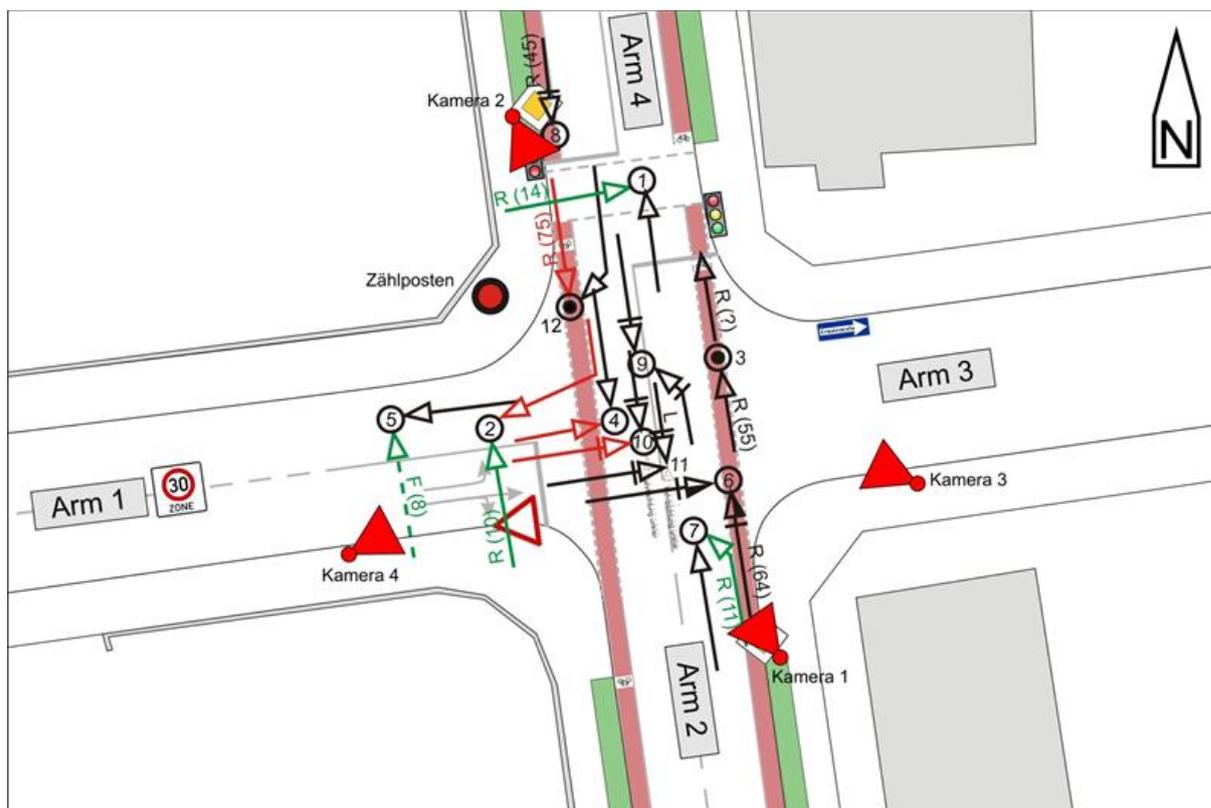


Abbildung 129: Knotenpunkt 10 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Im Hinblick auf die Unfälle fällt unter anderem auf, dass an 7 der insgesamt 12 Unfälle Radfahrer beteiligt waren. Pkw-Pkw-Unfälle sind ausschließlich Einbiegen-Kreuzen-Unfälle (Unfall 4, 10 und 11). Die wesentlichen Sicherheitsdefizite und beobachteten Konfliktsituationen können zu diesem Unfallgeschehen teilweise in Beziehung gesetzt werden.

Die vorhandenen Radverkehrsanlagen entsprechen in ihrer markierungstechnischen Ausführung Radfahrstreifen (Abbildung 130). Sie sind mit einer Breite von 1 Meter ohne Markierung allerdings schmal bemessen und entsprechen damit auch nicht den Breitenmaßen für Radfahrstreifen gemäß den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen³⁶, sondern dem Mindestmaß für Schutzstreifen.

³⁶ Vgl. Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, FGSV (Hrsg.): Breite für Schutzstreifen: 1,50 m (Regelmaß) bzw. 1,25 m (Mindestmaß). Breite für Radfahrstreifen: 1,85 m (Regelmaß). S. 16, Ausgabe 2010



Abbildung 130: Knoten 10 – Kreuzungsbereich (Foto: Seipel)

Radfahrern wird hier eine Sicherheit signalisiert, die sie nicht haben. Eine Gefährdung für Radfahrer kann insbesondere dann eintreten, wenn auf den ansonsten nicht allzu hoch belasteten Zufahrten (DTV-Hochrechnung Knotenpunkt: rd. 13.000 Kfz/24h), Kraftfahrzeuge zeitweilig im Pulk zufahren. Im Fall von Linksabbiegern werden die Radfahrstreifen von nachfolgenden Geradeausfahrern als Ausweichfläche genutzt (Abbildung 131, Bild links). Auch im Begegnungsfall Lkw-Lkw, bei einer Fahrstreifenbreite von jeweils 3,20 Metern, wird der den Radfahrern zur Verfügung gestellte Raum eingeschränkt (Abbildung 131, Bild rechts).



Abbildung 131: Knotenpunkt 10 – Links abbiegende und ausscherende Fahrzeuge (Bild links) und Begegnungsfall Lkw-Lkw (Bild rechts) (Gerlach et al. in Druck)

Es kann diesen Umständen geschuldet sein, dass einige Radfahrer, aus allen Altersklassen, zu beobachten waren, die anstatt auf der Straße, auf dem Gehweg fahren (Abbildung 132). Auffällig allerdings war, dass nahezu alle abbiegenden Radfahrer aus den Zufahrten 2 und 4 zur Querung der Straße die Fußgänger LSA (Anforderungssignalanlage) nutzten.



Abbildung 132: Knotenpunkt 10 – Radfahrer (Foto: Seipel)

Die Mindestsichtfelder für einbiegende oder kreuzende Kfz aus Arm 1 sind an diesem Knotenpunkt planmäßig eingehalten. Die weite Sicht nach links ist für zufahrende Kfz aus Arm 1 allerdings durch eine Baumreihe eingeschränkt (Abbildung 133). Sowohl Pkw-Fahrer als auch Busfahrer, die aus diesem Arm einbiegen oder kreuzen wollten, fuhren oft bis auf den Radfahrstreifen vor (Abbildung 134).



Abbildung 133: Knotenpunkt 10 – Anfahrsicht nach links aus Arm 1 (Foto: Seipel)



Abbildung 134: Knotenpunkt 10 - Einfahrendes Kfz aus Arm 1 (Gerlach et al. in Druck)

Zum Teil sehr unübersichtliche Zustände für alle Verkehrsteilnehmer im Kreuzungsbereich kamen dann auf, wenn Fußgänger an der Überquerung von Arm 4 die Freigabezeit anforderten. Geradausfahrende Kraftfahrzeuge aus Arm 2 fuhren in den Kreuzungsbereich ein und hielten an der Haltlinie vor der Furt. Gleichzeitig nutzen Kraftfahrer aus Arm 1 die Situation (von links ist kein Verkehr zu erwarten), um links einzubiegen oder zu kreuzen. Hierdurch wurde der Kreuzungsbereich zeitweise vollständig blockiert. Eine Vollsignalisierung oder eine Haltlinie vor dem Kreuzungsbereich kann dazu beitragen, diese unübersichtlichen Situationen erst gar nicht aufkommen zu lassen.

Bei der Art und Anzahl der Verstöße unterschieden sich ältere Verkehrsteilnehmer nicht von Jüngeren. Insgesamt konnten an diesem Knotenpunkt nur wenige Konfliktsituationen beobachtet werden, die aber durchaus dem Unfallbild entsprachen. Unter anderem an der Über-

querung von Arm 1 wenn Radfahrer – in diesem Fall eine Jugendliche – im Bereich des Gehweges die Straße überqueren, womit ein abbiegender Kraftfahrer aus Arm 2 nicht rechnete (Abbildung 135).



Abbildung 135: Knotenpunkt 10 - Jugendliche Radfahrerin fährt auf Gehweg (Bild links) und hält abrupt vor abbiegenden Kfz an (Bild rechts) (Gerlach et al. in Druck)

Knotenpunkt 11

Die Abbildung 136 zeigt die Planskizze des Knotenpunktes 11, einschließlich der Standorte der Kameras und der Zählposten. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im Oktober 2010 durchgeführt. Anonymisierte Verkehrsunfallanzeigen lagen zu diesem Knotenpunkt nicht vor. Alternativ sind in Tabelle 34 und Tabelle 35 die Unfalllisten für Unfälle mit Personenschaden und schwerem Sachschaden aus dem Zeitraum 2004 bis 2009 aufgeführt. Diese legen dar, dass an diesem Knotenpunkt vornehmlich Abbiege-Unfälle vom Typ 211 und Einbiegen-Kreuzen-Unfälle stattgefunden haben.

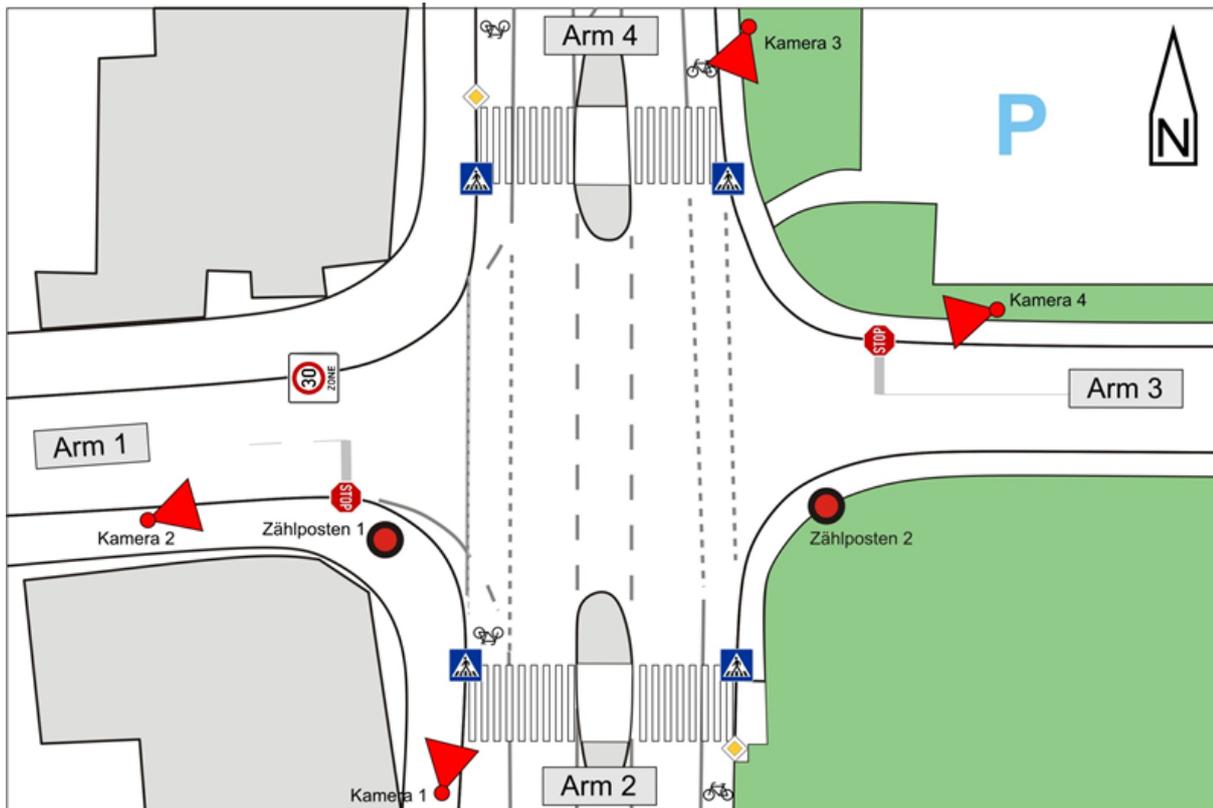


Abbildung 136: Knotenpunkt 11 - Planskizze, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Tabelle 34: Knotenpunkt 11 - Unfallliste „Vorgang“

Nummer	Unfalldatum	Wochentag	Uhrzeit	Lichtverhältnisse	Straßenzustand	Unfallkategorie	Unfallhaupttyp	dreistelliger Unfalltyp	Unfallart	Unfallursache
1	10.04.2004	Sa	10:57	Tageslicht	nass (auch feucht)	3	3	321	5	28
2	06.11.2004	Sa	14:07	Tageslicht	nass (auch feucht)	4	2	211	5	35
3	10.01.2005	Mo	14:35	Tageslicht	trocken	3	3	372	5	49
4	20.12.2005	Di	11:54	Tageslicht	nass (auch feucht)	2	3	301	5	28
5	25.08.2006	Fr	11:00	Tageslicht	trocken	3	3	303	0	28
6	11.11.2006	Sa	10:20	Tageslicht	nass (auch feucht)	4	3	301	5	28
7	02.01.2007	Di	11:00	Tageslicht	nass (auch feucht)	3	2	211	5	35
8	15.01.2007	Mo	15:27	Tageslicht	trocken	4	2	211	5	35
9	05.09.2007	Mi	10:55	Tageslicht	trocken	3	2	231	2	14
10	25.01.2008	Fr	7:45	Dunkelheit	trocken	3	3	303	5	28
11	21.02.2008	Do	15:20	Tageslicht	trocken	3	3	301	5	28
12	09.03.2008	So	16:13	Tageslicht	trocken	3	2	211	5	35
13	06.05.2008	Di	16:20	Tageslicht	trocken	3	2	211	4	35
14	13.05.2008	Di	18:45	Tageslicht	trocken	3	3	301	5	35
15	06.11.2008	Do	17:45	Dunkelheit	trocken	3	3	311	5	28
16	01.01.2009	Do	3:20	Dunkelheit	trocken	4	1	121	1	1
17	23.03.2009	Mo	14:25	Tageslicht	nass (auch feucht)	4	3	321	5	28
18	22.06.2009	Mo	11:07	Tageslicht	trocken	3	6	602	1	14
19	04.09.2009	Fr	13:44	Tageslicht	trocken	2	2	211	5	35
20	28.11.2009	Sa	20:05	Dunkelheit	nass (auch feucht)	2	2	211	5	35
21	07.12.2009	Mo	12:10	Tageslicht	trocken	4	2	211	5	35

Tabelle 35: Knotenpunkt 11 - Unfallliste "Beteiligte"

Nummer	Anzahl Beteiligte	Anzahl Getötete	Anzahl Schwerverletzte	Anzahl Leichtverletzte	VB Bet 01	Alter Bet 01	VB Bet 02	Alter Bet 02	VB Bet 03	Alter Bet 03
1	2	0	0	1	Pkw	51	Fahrrad	74		
2	3	0	0	0	Pkw	53	Pkw	41	Lkw	45
3	2	0	0	1	Pkw	45	Fahrrad	64		
4	2	0	1	0	Pkw	78	Krad	24		
5	2	0	0	1	Pkw	48	Pkw	67		
6	2	0	0	0	Pkw	71	Pkw	52		
7	2	0	0	1	Pkw	56	Pkw	31		
8	2	0	0	0	Pkw	65	Pkw	23		
9	2	0	0	1	Pkw	53	Pkw	18		
10	2	0	0	1	Pkw	?	Moped	16		
11	2	0	0	1	Pkw	18	Fahrrad	72		
12	2	0	0	1	Pkw	20	Moped	42		
13	2	0	0	1	Pkw	48	Moped	54		
14	2	0	0	1	Pkw	77	Leichtkraftrad	63		
15	2	0	0	1	Pkw	46	Krad	55		
16	2	0	0	0	Pkw	17	Pkw	?		
17	2	0	0	0	Pkw	41	Pkw	25		
18	2	0	0	1	Pkw	41	Mofa	15		
19	2	0	1	0	Pkw	39	Leichtkraftrad	29		
20	2	0	2	0	Pkw	36	Pkw	19		
21	2	0	0	0	Pkw	86	Pkw	51		

Zu den Faktoren, die die Verkehrssicherheit an diesem Knotenpunkt beeinträchtigen können, zählt, dass die Hauptstraße (Arm 2 – 4) einer langen Geraden entspricht und breite Fahr-

streifen (4 Meter) aufweist, was hohe Geschwindigkeiten des geradausfahrenden Kfz-Verkehrs, auch im Bereich der Überquerungsanlage, bewirken kann (vgl. Abbildung 137).



Abbildung 137: Knotenpunkt 11 - Sicht auf Kreuzungsbereich aus Arm 2 (Foto: Seipel)

Die Radverkehrsfurten an den Armen 1 und 3 sind für einbiegende und kreuzende Kraftfahrer schlecht zu erkennen (vgl. Abbildung 138).



Abbildung 138: Knotenpunkt 11 - Sicht aus Arm 2 (Foto: Seipel)

Die Anfahrtsicht aus Arm 1 nach links ist durch Bepflanzung und eine Grundstücksmauer eingeschränkt (Abbildung 139). Kraftfahrer fahren zum Teil bis auf den Radfahrstreifen in den Kreuzungsbereich ein (Abbildung 140). Zudem verbirgt sich, für wartende Kraftfahrer der Zufahrt 1 nicht zu erkennen, die Ausfahrt einer Tankstell direkt hinter der Grundstücksmauer aus der unvermittelt Fahrzeuge auf die Hauptstraße einbiegen können.



Abbildung 139: Knotenpunkt 11 - Anfahrsicht aus Arm 1 nach links (Foto: Seipel)



Abbildung 140: Knotenpunkt 11 - Kraftfahrer aus Arm 1 weit vorgefahren (Gerlach et al. in Druck)

Die Konfliktsituationen, die während der Verhaltensbeobachtung erfasst wurden, entsprechen grundlegend dem Unfallbild (Abbiege- und Einbiegen-Kreuzen-Unfälle). Zudem wurde eine häufige Missachtung des Zeichens 206 „Halt! Vorfahrt gewähren!“ (Stopp-Schild) aus den untergeordneten Straßen festgestellt, dies von jüngeren wie älteren Kraftfahrern gleichermaßen.

Für diesen Knotenpunkt empfiehlt sich aus Gründen der Verkehrssicherheit eine Vollsignalisierung. Die Kreuzung scheint auf den ersten Blick übersichtlich, ist allerdings in Wirklichkeit schwer einsehbar. Zudem führen Sichtbehinderungen und hohe Geschwindigkeiten auf der Hauptstraße (messtechnisch nicht erfasst) dazu, dass viele optische Reize unter Zeitdruck bewältigt werden müssen.

Knotenpunkt 12

Abbildung 141 zeigt das Unfalldiagramm auf Basis von Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden für den Zeitraum 2006 bis 2008. Die Kamerastandorte und Zählposten hinsichtlich der Verhaltensbeobachtungen sind ebenfalls aufgeführt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im Mai 2011 durchgeführt.

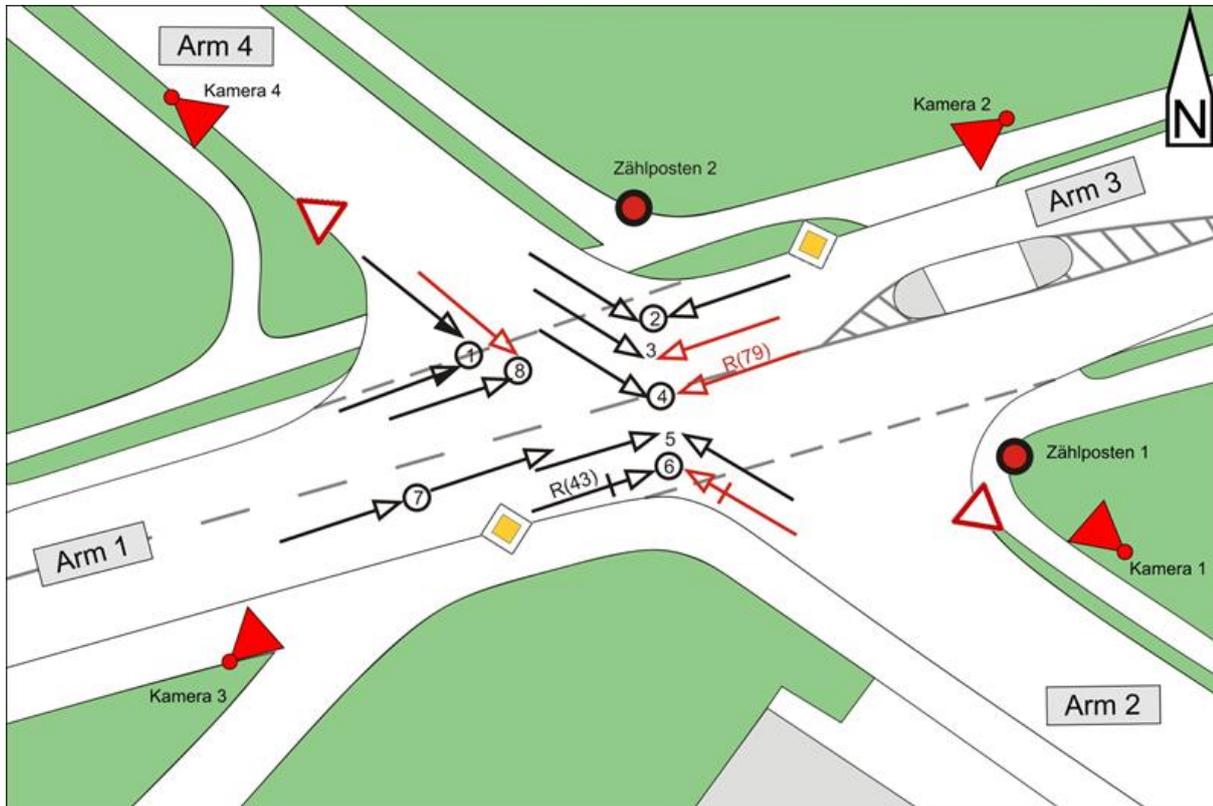


Abbildung 141: Knotenpunkt 12 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Während der Verhaltensbeobachtungen konnten an diesem Knotenpunkt keine Konfliktsituationen erfasst werden. Insgesamt zeigt sich ein aus verkehrs- und umweltspsychologischer Sicht unauffälliges Bild.

Faktoren, die Einbiegen-Kreuzen-Unfälle begünstigen können, liegen ggf. in der Straßengeometrie der Hauptstraße begründet. Diese folgt von Osten her kommend einer langgezogenen Rechtskurve und führt als Vorfahrtstraße im Vorfeld an einer Einmündung vorbei (Abbildung 142).



Abbildung 142: Knotenpunkt 12 - Anfahrt aus Richtung Ost (Kartengrundlage: www.openstreetmap.org)

Kraftfahrer, die diesem Verlauf folgen, sind an der im Vorfeld gelegenen Einmündung dazu angehalten, rechts zu blinken. Aufgrund des sehr stumpfen Winkels der Kurve, stellt sich der eingeschaltete rechte Blinker im weiteren Verlauf der Straße in einigen Fällen allerdings nicht automatisch zurück, sodass die Fahrzeuge mit eingeschaltetem rechten Blinker an die Kreuzung fahren, allerdings nicht rechts abbiegen, sondern weiter geradeaus fahren.

Passanten wiesen auf diesen Umstand hin. Während der Aufnahmen konnten ebenfalls einige Fälle beobachtet werden. Zudem kann einer Unfallanzeige entnommen werden, dass dies die Ursache für den Unfall war (Unfall 2).

Neben diesem Sonderfall folgt die Straße einer langen Geraden, was ggf. zu hohe Geschwindigkeit bewirken kann (Abbildung 143).



Abbildung 143: Knotenpunkt 12 - Blick auf Knotenpunkt von Osten (Foto: Seipel)

Weitere Defizite, die allerdings nicht mit dem Unfallgeschehen direkt in Verbindung stehen, konnten u. a. an der Überquerungsanlage ausgemacht werden. Die angebrachte Bake mit dem Zeichen 222 „Vorgeschriebene Vorbeifahrt - rechts vorbei“ kann die Sicht auf dort wartenden Fußgänger verdecken (Abbildung 144).



Abbildung 144: Knotenpunkt 12 – Fußgänger an Überquerungsanlage (Foto: Seipel)

Radverkehrsanlagen sind an dieser Kreuzung nicht vorhanden. Radfahrer nutzten zumeist den Gehweg bzw. fuhren oder schoben zur Überquerung der Hauptstraße ihr Rad über die Überquerungsanlage (Abbildung 145 und Abbildung 146) und fuhren nur in den seltensten Fällen auf der Straße (Abbildung 147).



Abbildung 145: Knotenpunkt 12 – Radfahrer aus Arm 2 (Foto: Seipel)



Abbildung 146: Knotenpunkt 12 - Radfahrer auf Mittelinsel (Foto: Seipel)



Abbildung 147: Knotenpunkt 12 – Radfahrer aus Arm 4 (Foto: Seipel)

Knotenpunkt 13

Das Unfalldiagramm auf Grundlage von Unfällen mit Personenschaden und schwerem Sachschaden aus dem Zeitraum 2004 bis 2010 ist in der Abbildung 148 dargestellt. Kurz vor den Videoaufnahmen, die im März 2011 durchgeführt wurden, wurde in der Zufahrt 2 eine neue Markierung aufgebracht (Abbildung 149). Alle aufgeführten Unfälle fanden zeitlich vor dieser Änderung statt.

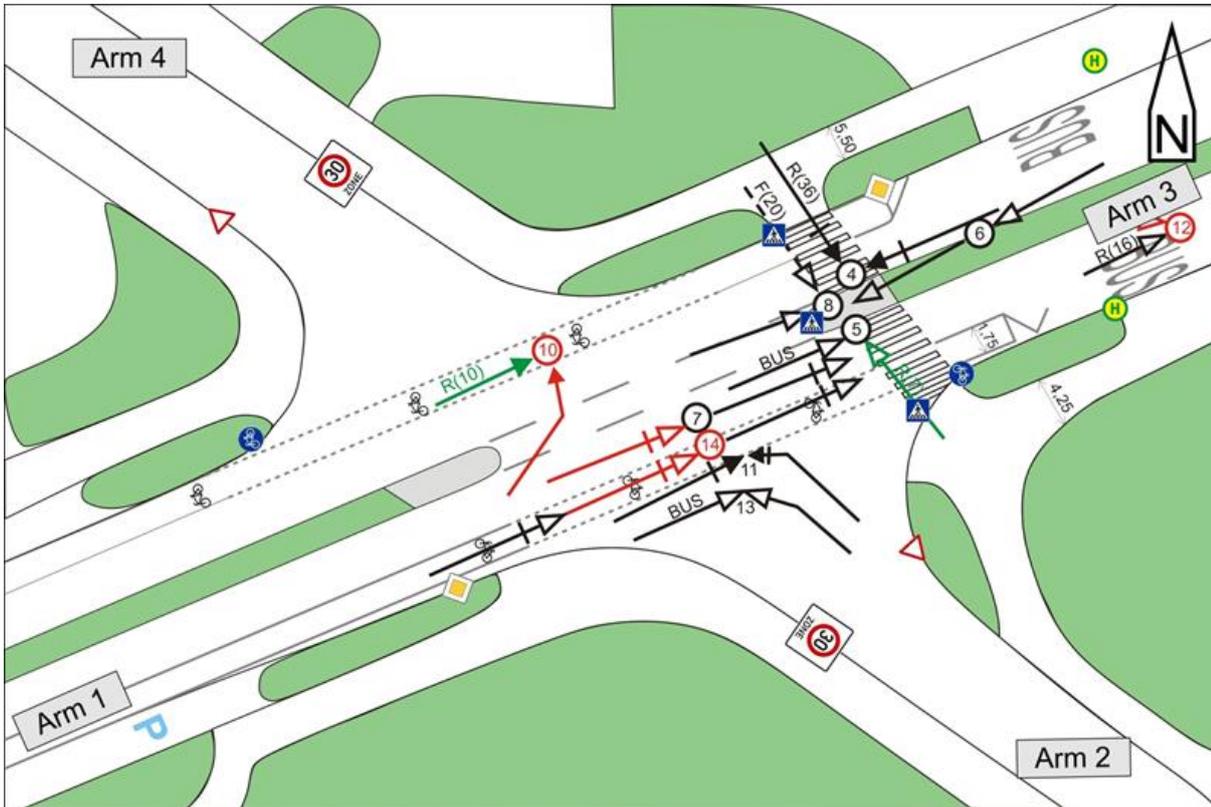


Abbildung 148: Knotenpunkt 13 – Unfalldiagramm (Plangrundlage vor verkehrstechnischer Änderung. Alle Unfälle fanden im Zeitraum vor der Änderung statt.) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

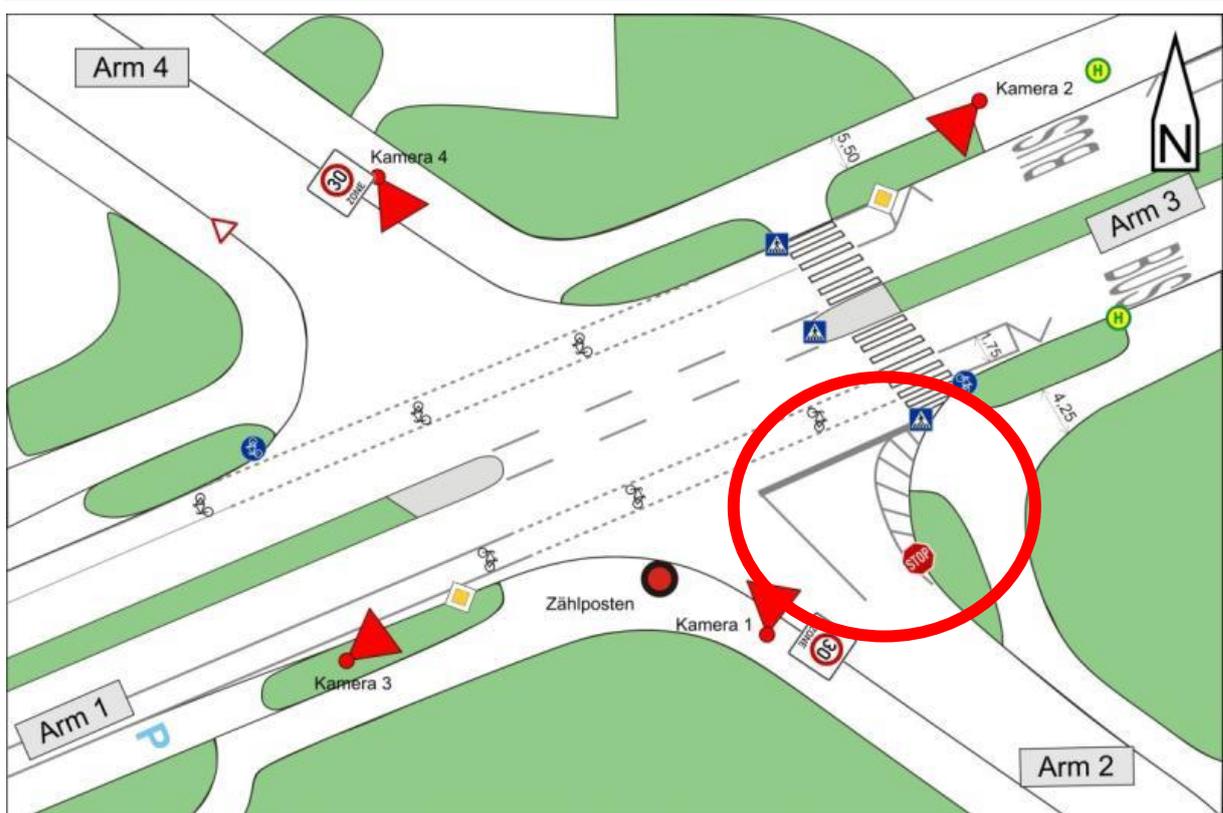


Abbildung 149: Knotenpunkt 13 – Kamerapositionen und Zählposten (Plangrundlage nach Änderung, Markierung in 2011 aufgebracht) (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Insgesamt konnten an diesem Knotenpunkt nur wenige Konfliktsituationen beobachtet werden. Allerdings können diese in Beziehung zum Unfallgeschehen am Fußgängerüberweg gesetzt werden, der zur Überquerung einer langen, geraden Hauptstraße dient (Abbildung 150). Aus Arm 1 zufahrende Kfz bremsen zum Teil sehr spät und abrupt vor dem FGÜ ab, um dort wartende Fußgänger passieren zu lassen (Abbildung 151).



Abbildung 150:Knotenpunkt 13 - Sicht auf Überquerungsanlage aus Arm 1 (Foto: Seipel)



Abbildung 151:Knotenpunkt 13 – Pkw mit abrupten Bremsvorgängen vor FGÜ (Gerlach et al. in Druck)

Die Vor-Ort-Beobachtungen legen den Schluss nahe, dass die dort wartenden Fußgänger, die aus Sicht der Kraftfahrer vor Bäumen und einer Hecke stehen, insbesondere bei Regen und Dämmerung spät identifiziert werden können. Zur Verbesserung der Sichtbeziehungen, wurden allerdings die direkt an der Überquerung stehenden Hecken (aus Sicht der Fahrer hinter den wartenden Fußgängern) etwa eineinhalb Jahre vor der Vor-Ort-Untersuchung zurückgeschnitten (Abbildung 152).



Abbildung 152: Knotenpunkt 13 - Blick auf Überquerungsanlage (FGÜ) (Foto: Seipel)

Zur Verbesserung der Verkehrssicherheit wurde zudem die Zufahrtsregelung aus Arm 2 geändert. Das vorher angebrachte Zeichen 205 „Vorfahrt gewähren!“ wurde durch das Zeichen 206 „Halt! Vorfahrt gewähren!“ (Stopp-Schild) ersetzt. Dies in Verbindung mit einer Markierung, die Kraftfahrer in einem nahezu senkrechten Winkel an die übergeordnete Straße heranführt, wodurch die Sichtbeziehungen nach links verbessert werden (Abbildung 153).



Abbildung 153: Knotenpunkt 13 - Neue Markierung und Verkehrsregelung der Zufahrt aus Arm 2
(Fotos: Seipel)

Allerdings konnte auch an diesem Knotenpunkt festgestellt werden, dass Kraftfahrer aller Altersklassen sich häufig nicht vorschriftsmäßig „am Stopp-Schild verhalten“, sondern ohne ihr Fahrzeug vollständig zum Stehen gebracht zu haben in die Hauptstraße einbiegen.

A 10 Sicherheitsanalysen und Verhaltensbeobachtungen im Realverkehr an Einmündungen mit vorfahrtregelnden Verkehrszeichen

Knotenpunkt 14

Abbildung 154 zeigt das Unfalldiagramm für Unfälle der Kategorien 1 bis 4 der Jahre 2006 bis 2009, zu denen detaillierte Informationen in Form von anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen. Zudem sind die Kamerapositionen und Aufnahmerichtungen für die Verhaltensbeobachtungen in dieser Abbildung dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im April 2011 durchgeführt.

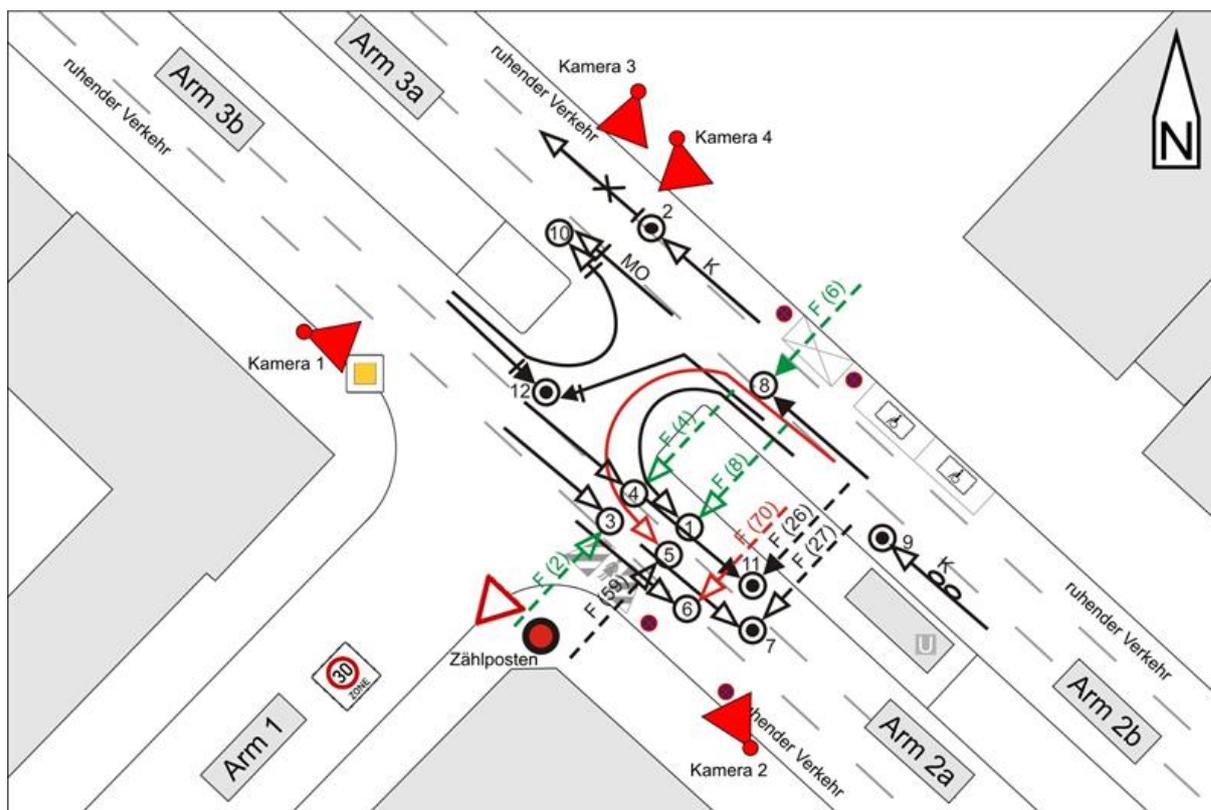


Abbildung 154: Knotenpunkt 14 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Das Unfalldiagramm zeigt den Unfallschwerpunkt an der Überquerung des Knotenpunktarms 2a. Zwar wurden fünf der dort geschehenen sieben Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern von diesen selber verursacht, dennoch lassen sich an dieser Überquerung auch erhebliche Sicherheitsdefizite ausmachen.

Die Hauptgefahren, insbesondere für Fußgänger, ergeben sich an den Überquerungen 2a und 2b. Hier müssen Fußgänger, die z. B. den Zugang zur U-Bahn-Haltestelle im Bereich des Mittelstreifens erreichen wollen, Richtungsfahrbahnen mit jeweils zwei Fahrstreifen über-

queren, die in beiden Richtungen eine verkehrliche Belastung von etwa 15.000 Kfz/24h³⁷ aufweisen.

Die wesentlichen Sicherheitsdefizite lassen sich an der Überquerung 2a ausmachen. Die Überquerungsstelle ist unzureichend ausgewiesen und für geradeausfahrende Kfz-Führer aus Arm 3b schwer zu erkennen (Abbildung 155).



Abbildung 155: Knotenpunkt 14 – Anfahrsicht auf Überquerung 2a (Foto: Seipel)

Hinzu kommt, dass die Sichtbeziehung zwischen geradeausfahrendem Kfz-Verkehr und wartepflichtigen Fußgängern durch die am Fahrbahnrand parkenden Fahrzeuge beeinträchtigt ist.

Die Aufstellfläche (Sperrfläche) an dieser Überquerung ist nicht dazu geeignet, Fußgängern den nötigen Schutz zu bieten. Aufgrund der parkenden Fahrzeuge am Fahrbahnrand des Arms 3a, müssen die Fußgänger nah an den befahrenen (mittleren) Fahrstreifen herantreten, um die Straße einsehen zu können. Zudem liegt die Aufstellfläche in der direkten Fahrlinie der aus der untergeordneten Straße rechtseinbiegenden Fahrzeuge (Abbildung 156, links). Auch das Parken ist hier nicht wirksam unterbunden. Die Aufstellfläche war während der Beobachtungszeit nahezu ständig durch kurzzeitig parkende Fahrzeuge blockiert (Abbildung 156, rechts).

³⁷ Hochrechnung auf Basis von zwei 1-Stundenzählung (Zählung 1: 10-11 Uhr, Zählung 2: 13-14 Uhr) an einem mittleren Werktag.



Abbildung 156: Knotenpunkt 14 – Schlechte Erkennbarkeit / keine Schutzfunktion der Aufstellfläche (Bild links) und zugeparkte Aufstellfläche an der Überquerungsstelle 2a (Bild rechts) (Foto: Seipel)

Aufgrund der hohen Verkehrsstärke der Hauptrichtung (Arm 2-3) entstehen zum Teil lange Wartezeiten für Fußgänger, aber auch für einbiegende Kfz aus Arm 1 und für abbiegende und wendende Kfz aus Arm 2b. Die entstehenden kurzen Zeitlücken im Hauptstrom werden oft gleichzeitig von einbiegenden, abbiegenden und wendenden Kfz sowie von Fußgängern, die in dieser Situation bevorrechtigt sind, genutzt (Abbildung 157).

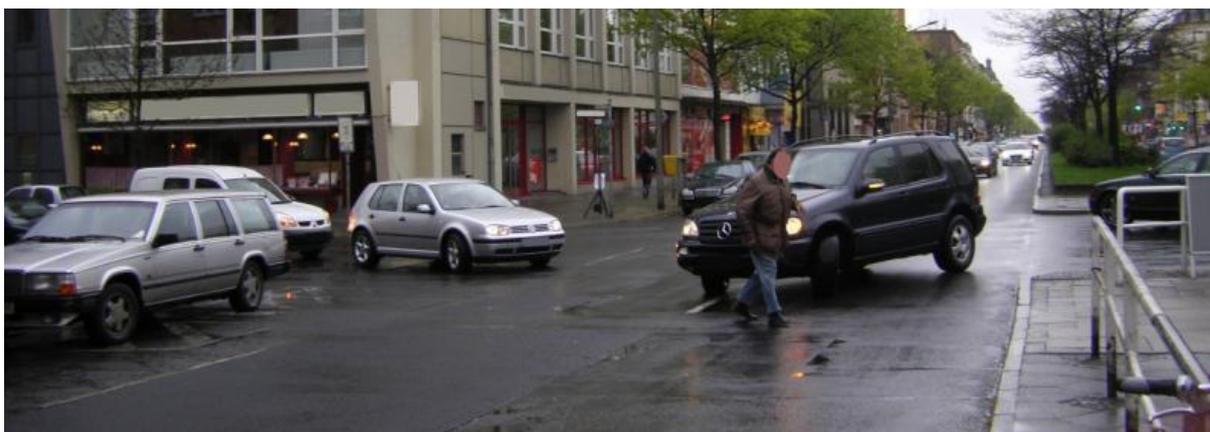


Abbildung 157: Knotenpunkt 14 – Überquerender Fußgänger bei gleichzeitig rechtseinbiegenden und wendenden Fahrzeugen (Gerlach et al. in Druck)

Die Verhaltensbeobachtungen belegen, dass den Fußgängern in dieser Situation der Vorrang gegenüber den einbiegenden und wendenden Kfz bei der Straßenüberquerung oft nicht eingeräumt wird bzw. sich die Kfz-Führer nicht so verhalten, dass eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen ist. Situationen mit Konflikten zwischen Fußgängern und Kfz konnten häufig beobachtet werden.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus der Gestaltung des Kreuzungsbereiches. Leit- und Wartelinien für Linksabbieger (und Wender) sind nicht angebracht. Die Fläche ermöglicht zudem, dass sich Linksabbieger und Wender beider Fahrrichtungen nebeneinander aufstellen können (Abbildung 158), was zu unübersichtlichen Situationen führt. Für Fußgänger ist es zum Teil nicht zu erkennen, ob die dort wartenden Fahrzeuge links in Arm 1 abbiegen oder von Arm 2b nach Arm 2a wenden werden.



Abbildung 158: Knotenpunkt 14 – Nebeneinanderaufstellung wartepflichtiger Fahrzeuge im Kreuzungsbereich (Foto: Seipel)

Im Ergebnis der Verhaltensbeobachtungen bleibt festzuhalten, dass zahlreiche Konfliktsituationen mit einer erheblichen Gefährdung von Kindern beobachtet werden konnten. Die beobachteten Konflikte entsprachen auch Unfallbild.

Aufgrund der Verkehrsmengen im Kfz-Verkehr (je Richtungsfahrbahn der Hauptachse etwa 15.000 Kfz/24h) bei gleichzeitig hohem Überquerungsbedarf, ist die Installation einer Lichtsignalanlage und die damit verbundene sichere Führung der Fußgänger die optimale Lösung für diesen Knotenpunkt.

In Ergänzung zur Lichtsignalanlage können vorgezogene Seitenräume im Bereich der Überquerung einen weiteren Schutz bieten bzw. die Sichtbeziehungen zwischen Fußgängern und Kfz-Führern verbessern.

Knotenpunkt 15

Der Knotenpunkt 15 wurde im Wesentlichen aufgrund von Unfällen mit Beteiligung von Kindern in die Detailanalyse und Verhaltensbeobachtungen mit aufgenommen. Diese Unfälle wiesen in der makroskopischen Analyse elektronischer Datenbestände aus 2004 bis 2008 u. a. die bei Kindern häufig vorkommenden Einbiegen-Kreuzen-Unfälle vom Typ 342 auf (Radfahrer vom Radweg, von rechts kommend). Von 7 Unfällen aus diesem Zeitraum, waren sechs vom Typ 342, davon 3 mit Beteiligung eines Kindes.

Abbildung 159 zeigt das Unfalldiagramm für Unfälle der Kategorien 1 bis 4 der Jahre 2007 bis 2010 zu denen Informationen aus anonymisierten Verkehrsunfallanzeigen vorlagen. Zudem sind die Kamerapositionen und Aufnahmerichtungen für die Verhaltensbeobachtungen in dieser Abbildung dargestellt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden im Mai 2011 durchgeführt.

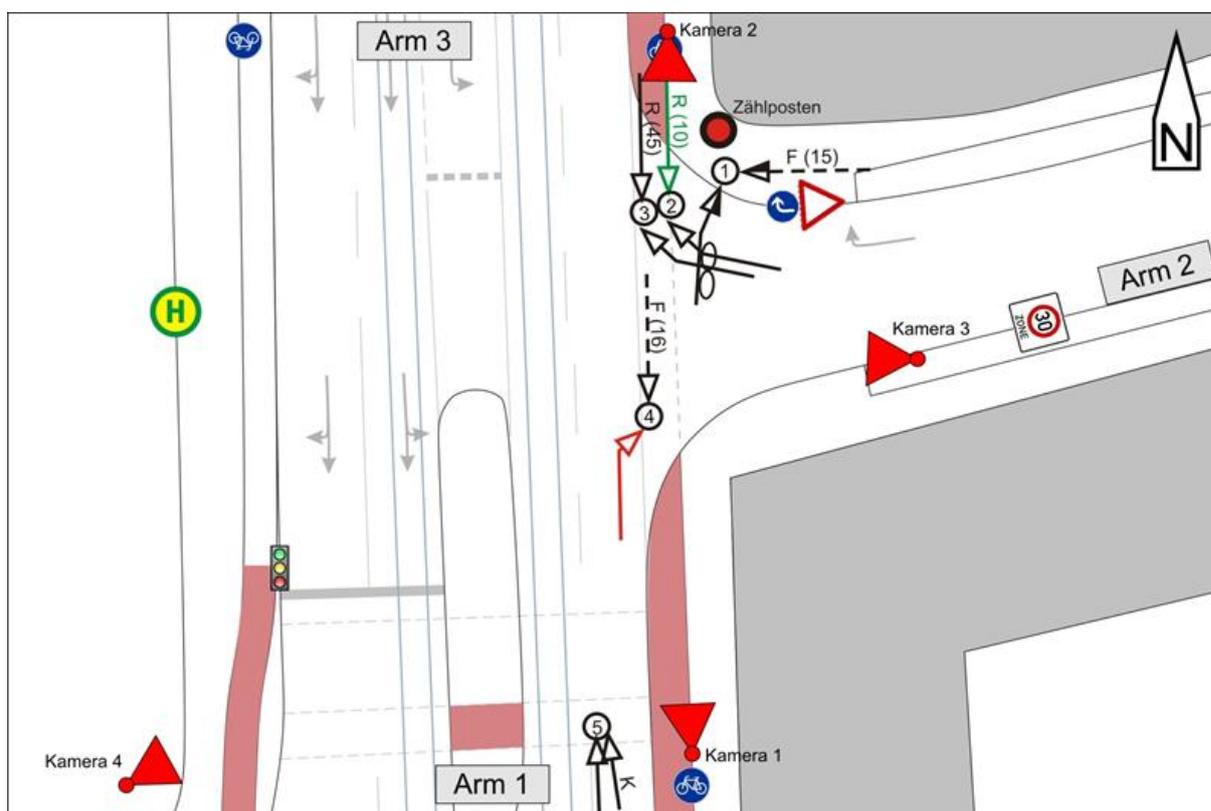


Abbildung 159: Knotenpunkt 15 – Unfalldiagramm, Kamerastandorte und Zählposten (Zeichnung: Biernacki / Seipel)

Während der Verhaltensbeobachtungen konnten Radfahrer, die die Einrichtungsradwege zu beiden Seiten der Hauptstraße (Arm 1-3) entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung nutzen, beobachtet werden. Allerdings konnten nur wenige Konfliktsituationen an der Überquerung an Arm 2 mit einbiegenden Fahrzeugen festgestellt werden, die allerdings dem Unfallbild, insbesondere Typ 342, entsprachen.

Zu den Defiziten, die an dieser Einmündung den Unfalltyp 342 begünstigen können, zählt die eingeschränkte Sicht der Kfz-Führer aus Arm 2, bedingt durch die geschlossene Randbebauung zu beiden Seiten der Straße, auf mögliche Radfahrer aus Arm 3. Zudem ist die markierte, aber nicht eingefärbte Radverkehrsfurt im Bereich der Überquerung schlecht zu erkennen (Abbildung 160).



Abbildung 160: Knotenpunkt 15 - Sicht aus Arm 2 (Foto: Seipel)

Eine weitere, vom festgestellten Unfallgeschehen unabhängige Auffälligkeit an dieser Einmündung ergibt sich durch den Umstand, dass die Borde im Bereich der Überquerung an Arm 2 nur auf der Breite des Radweges auf Nullniveau abgesenkt sind. Personen mit Kinderwagen oder Rollatoren nutzten hier die Nullabsenkung und somit den Radweg bzw. die Radverkehrsfurt zur Überquerung (Abbildung 161).

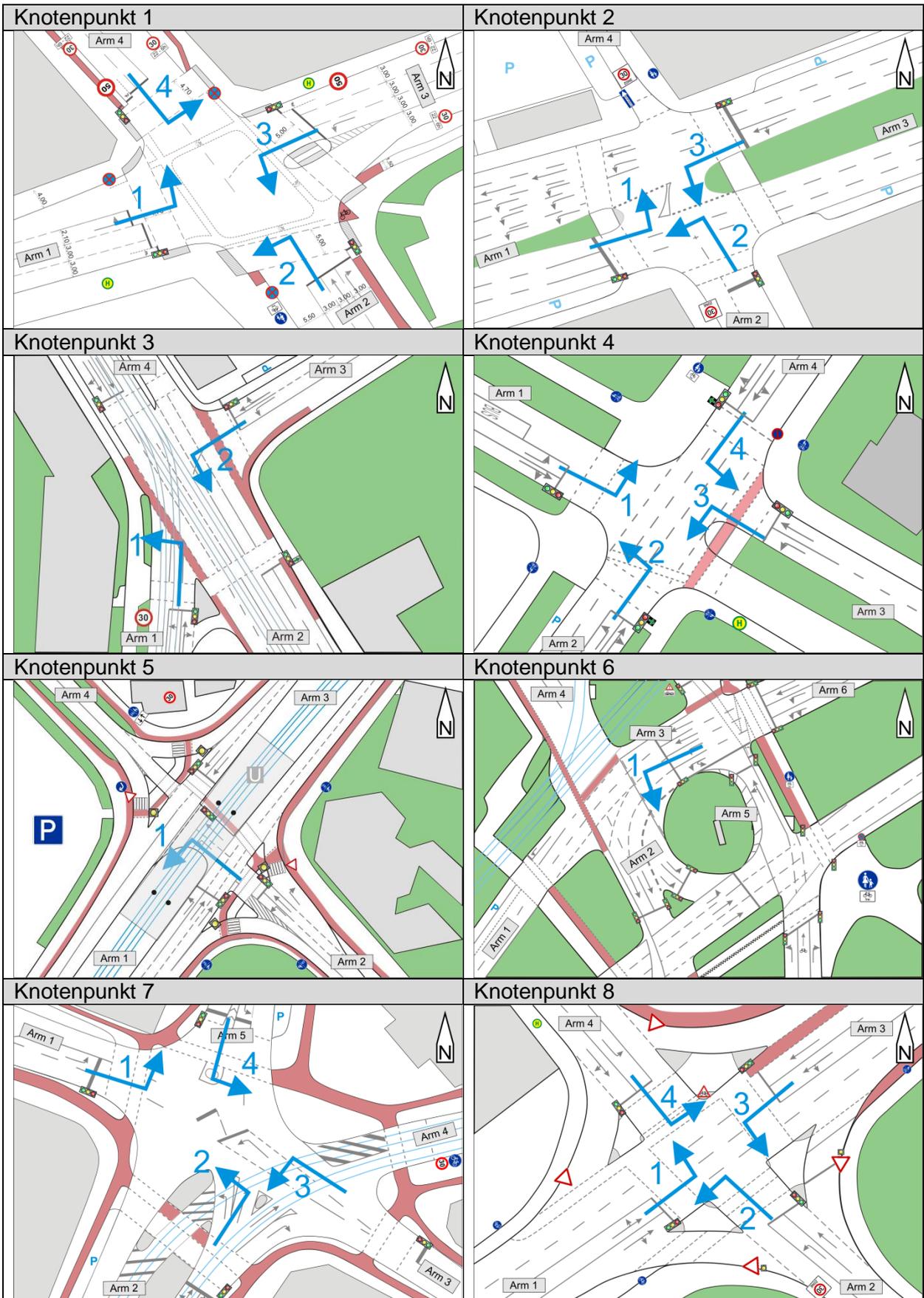


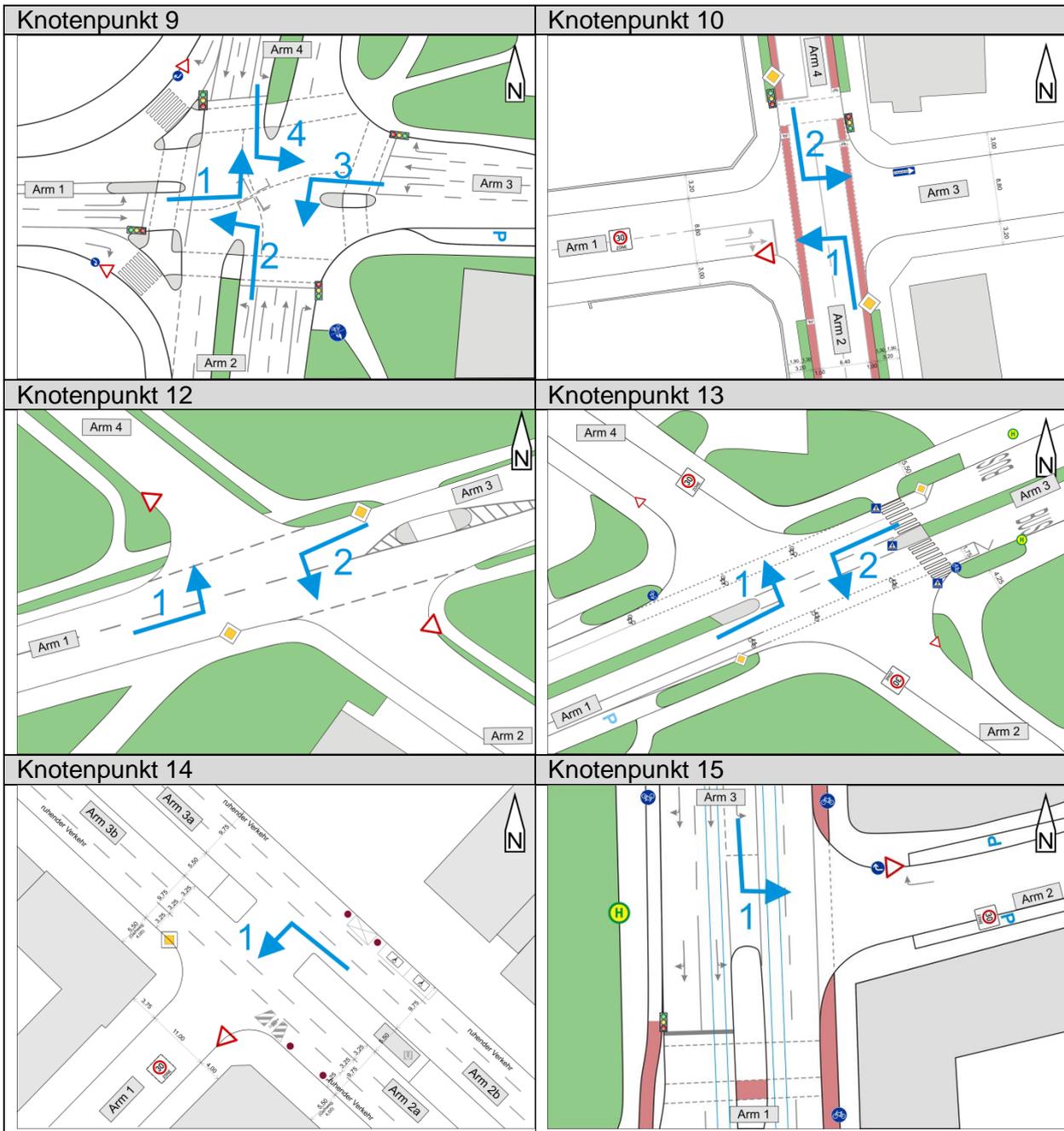
Abbildung 161: Knotenpunkt 15 – Rollatorenutzer an Überquerung (Bild links) und Nullabsenkung auf Breite des Radweges (Bild rechts) (Fotos: Seipel)

Aufgrund der durchaus vorkommenden Situation, dass Radfahrer die Einrichtungsradwege entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung nutzen, empfiehlt sich die Überprüfung der Radwegebeziehungen und die Schaffung ausreichender Überquerungsmöglichkeiten über die Hauptstraße. Im Weiteren kann eine rote Einfärbung der Radverkehrsfurt an der Überquerung des Arms 2, ggf. mit zusätzlichem Hinweis durch das Zeichen 138 der StVO „Radfahrer kreuzen“, die Aufmerksamkeit der einbiegenden Kfz-Führer auf Radfahrer erhöhen und somit zur Verbesserung der Situation beitragen.

Auch die Verlegung des Radweges vom Niveau des Gehweges auf die Straße, in Ausführung als Radfahrstreifen, kann dazu beitragen, dass Radfahrer hier nicht entgegen der vorgeschriebenen Richtung fahren. Zudem würde sich, durch die damit verbundene Verbreiterung des Gehweges und die Trennung von Rad- und Fußverkehr im Bereich der Überquerung, die Situation für Fußgänger verbessern. Konflikte zwischen mobilitätseingeschränkten Personen, die die Nullabsenkung nutzen, und Radfahrern, wären weitgehend ausgeschaltet.

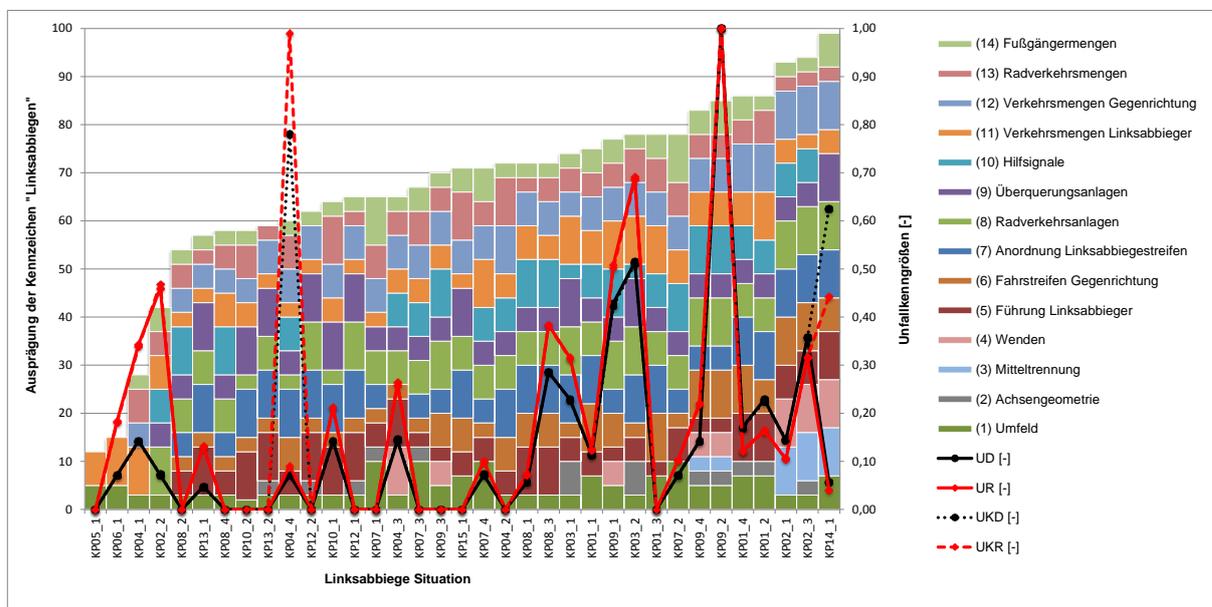
A 11 Komplexität beim Linksabbiegen – Situationen



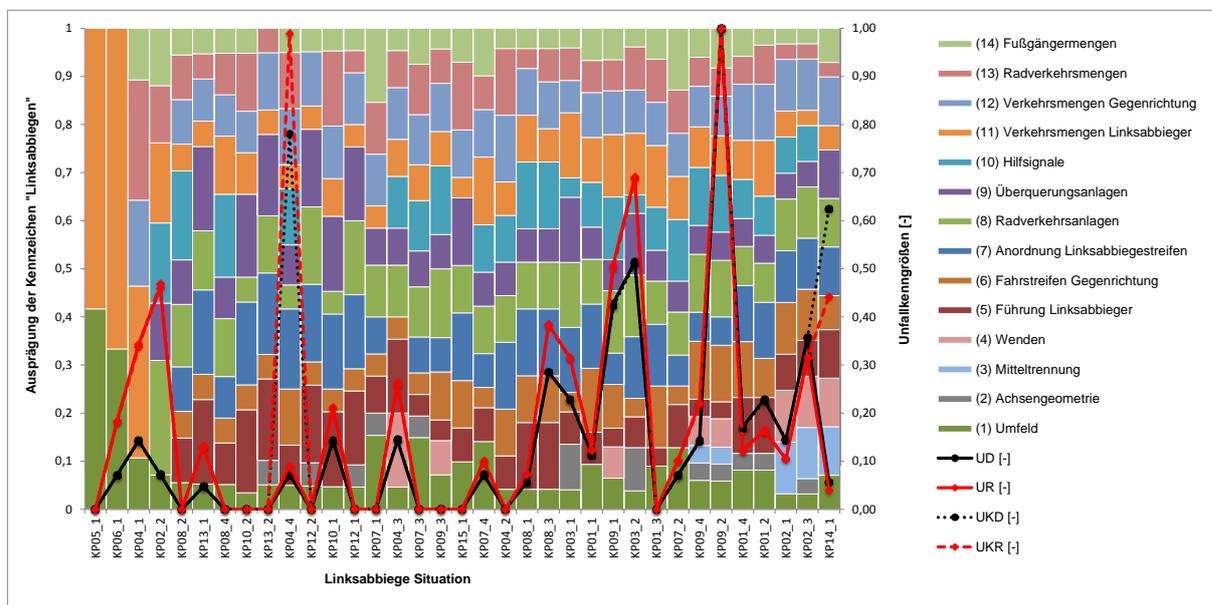


A 12 Komplexität beim Linksabbiegen – Ausprägung der einzelnen Kennzeichen

Absolut:

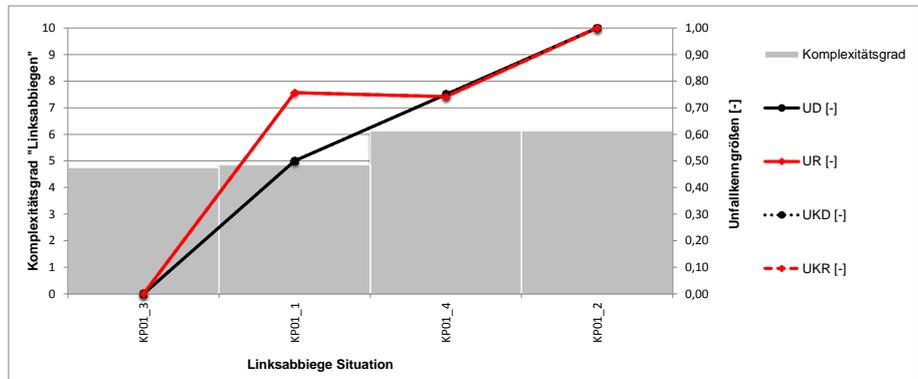


Relativ:

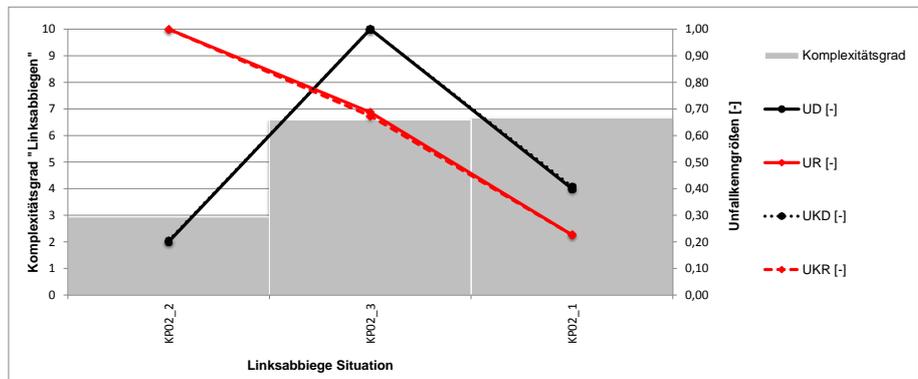


A 13 Komplexität beim Linksabbiegen – Auswertung je Knotenpunkt für Knotenpunkte mit mehr als 2 betrachteten Situationen

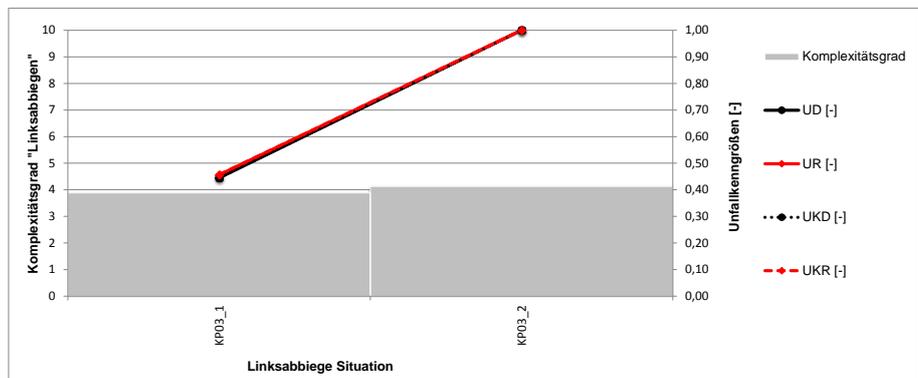
Knotenpunkt 01:



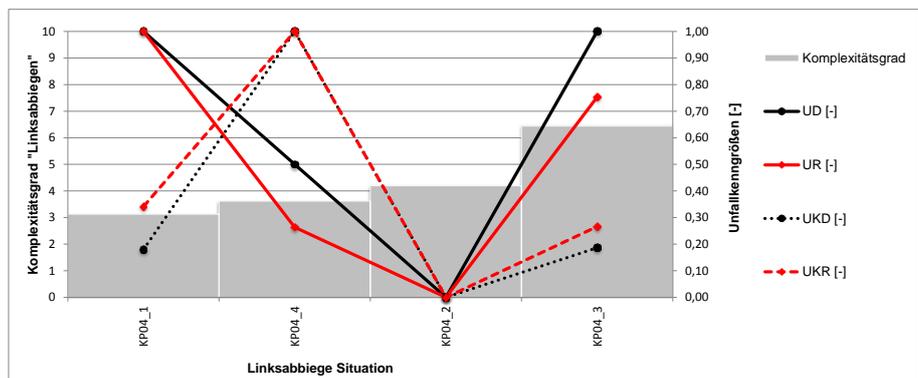
Knotenpunkt 02:



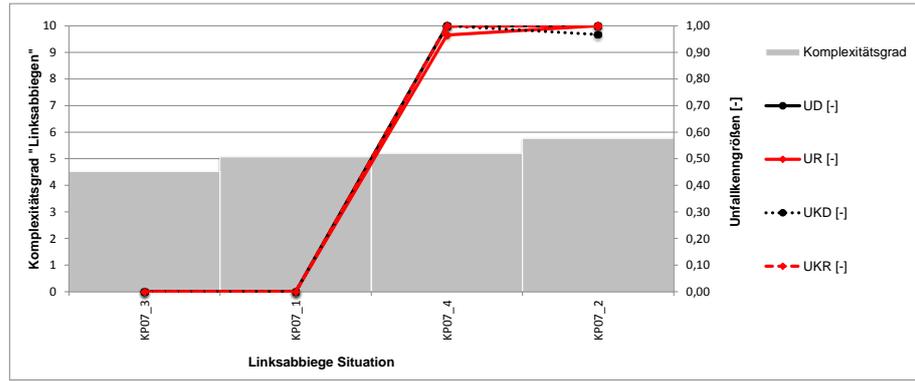
Knotenpunkt 03:



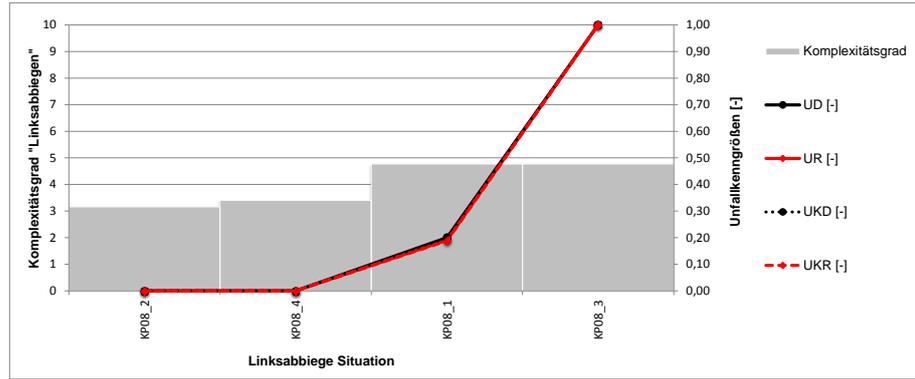
Knotenpunkt 04:



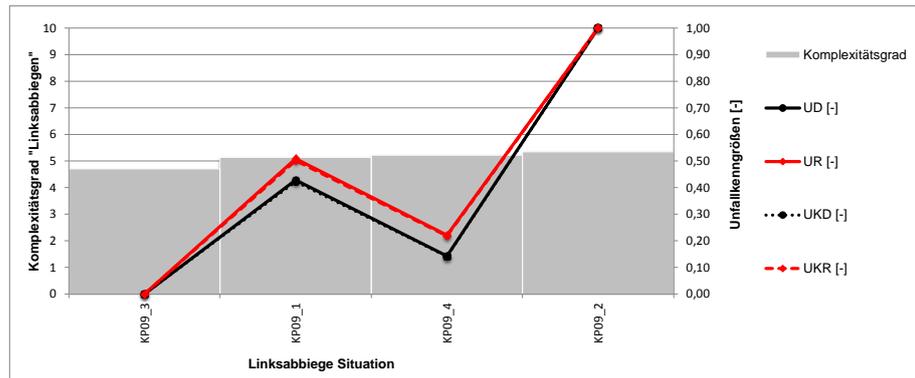
Knotenpunkt 07:



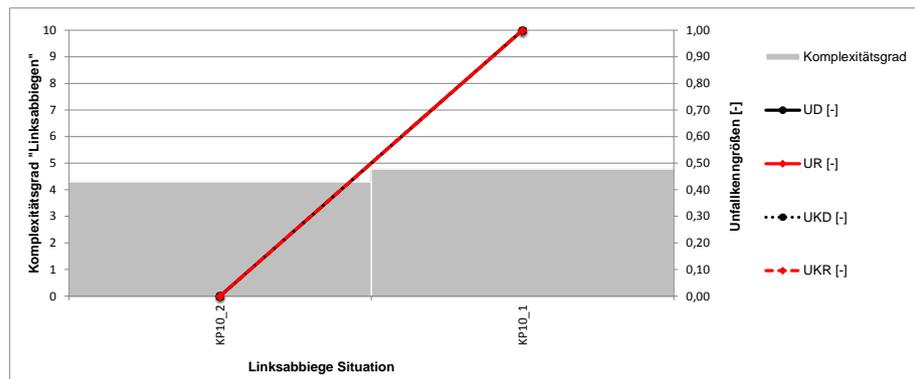
Knotenpunkt 08:



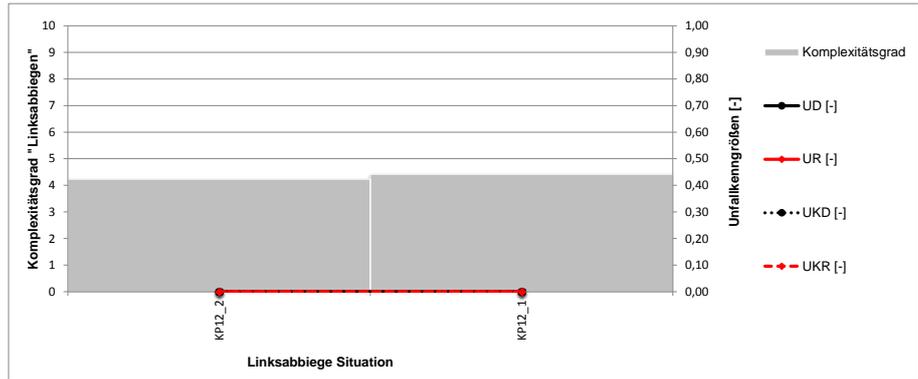
Knotenpunkt 09:



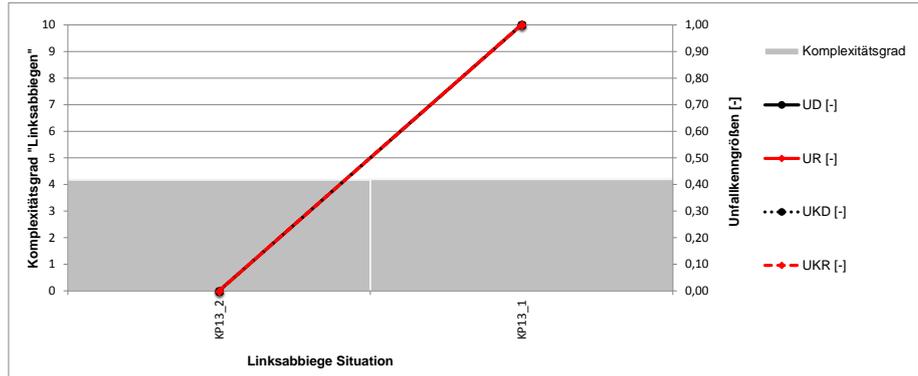
Knotenpunkt 10:



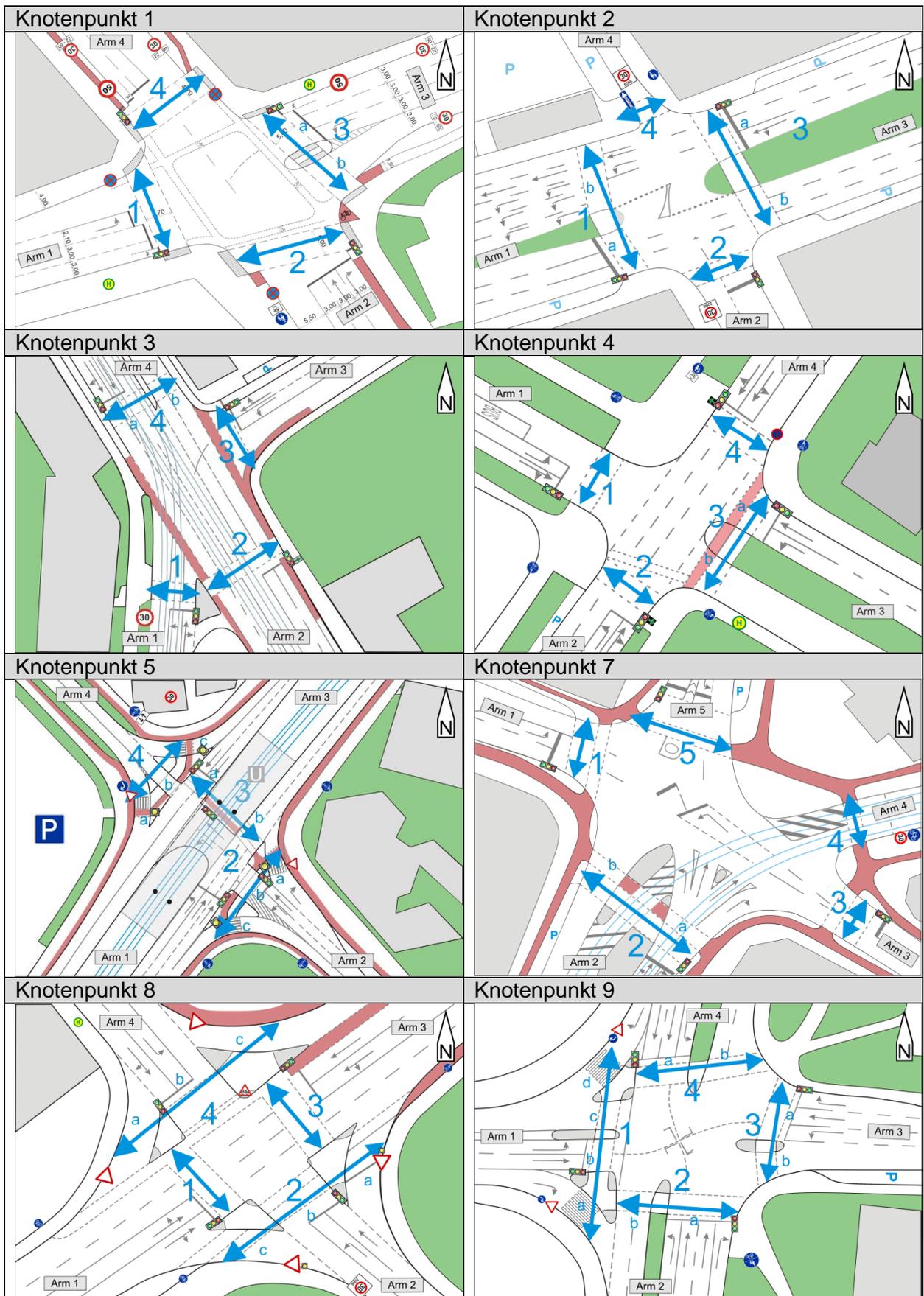
Knotenpunkt 12:

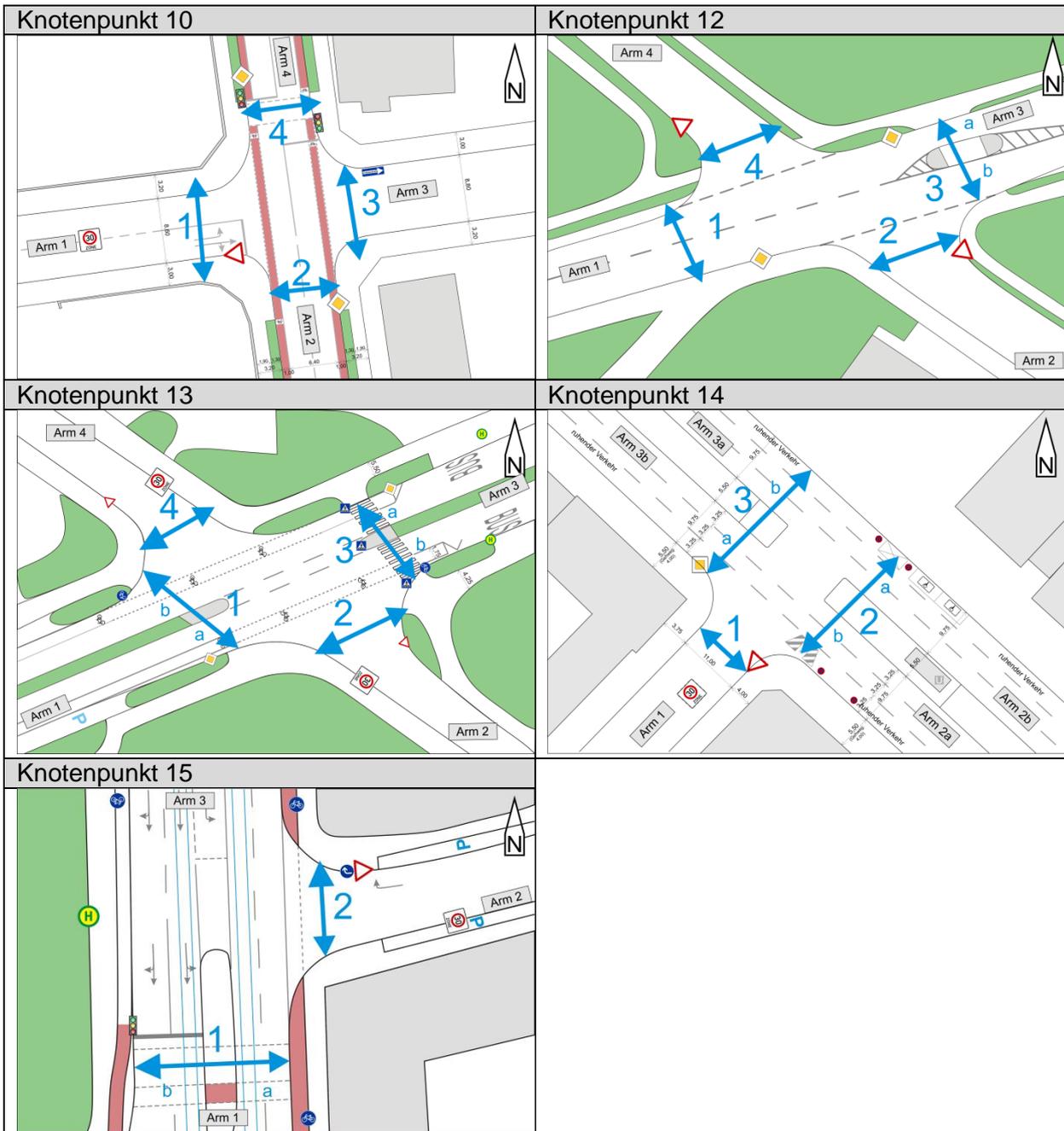


Knotenpunkt 13:



A 14 Komplexität beim Überqueren – Situationen

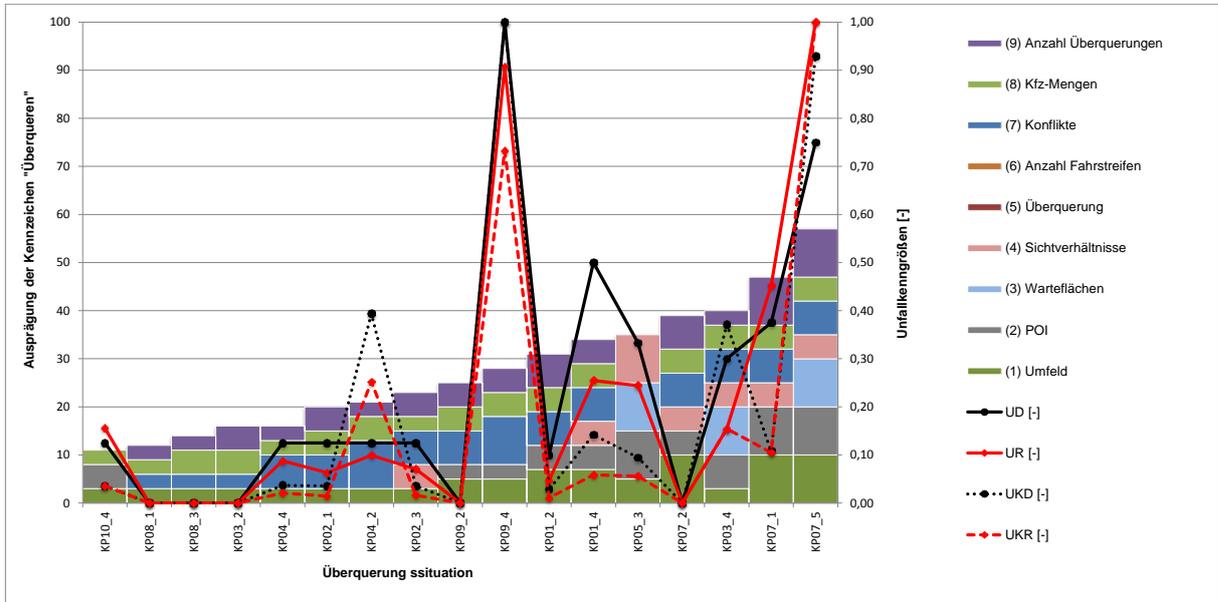




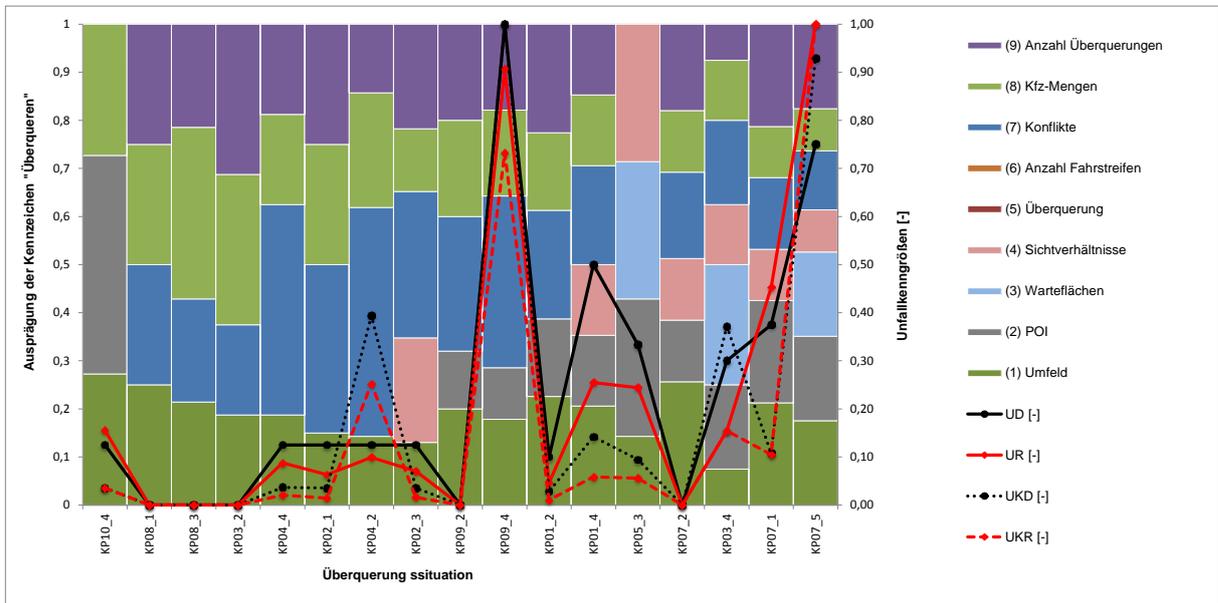
A 15 Komplexität beim Überqueren – Ausprägungen der einzelnen Kennzeichen

An signalisierten Überquerungen

Absolut:

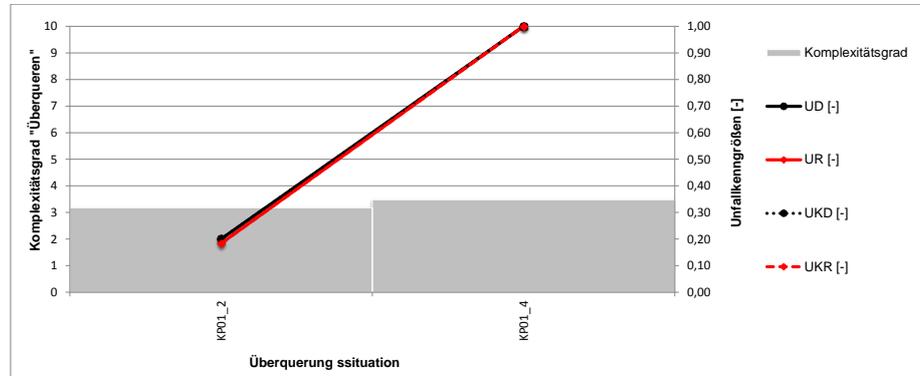


Anteilig:

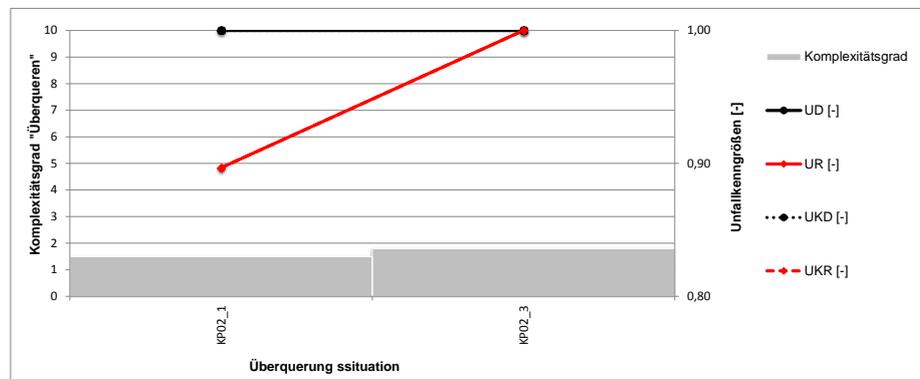


A 16 Komplexität beim Überqueren der Fahrbahn - Auswertung je Knotenpunkt bei mehr als 2 betrachteter Situationen

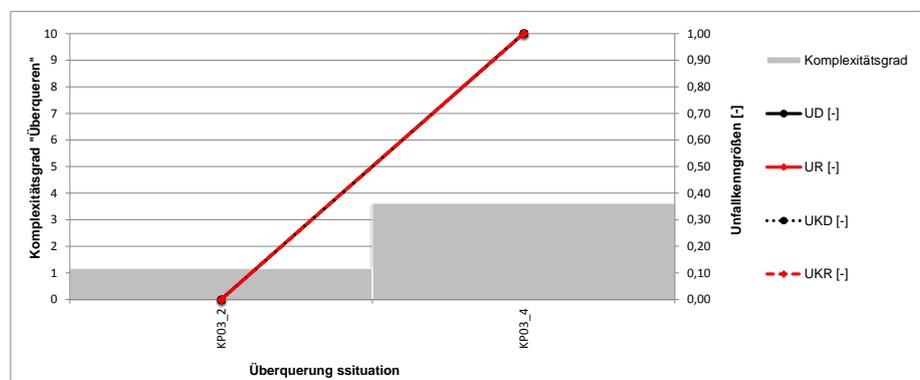
Knotenpunkt 01:



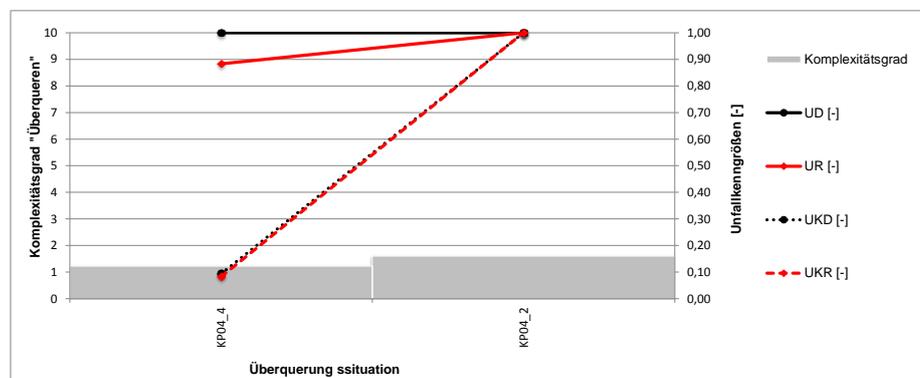
Knotenpunkt 02:



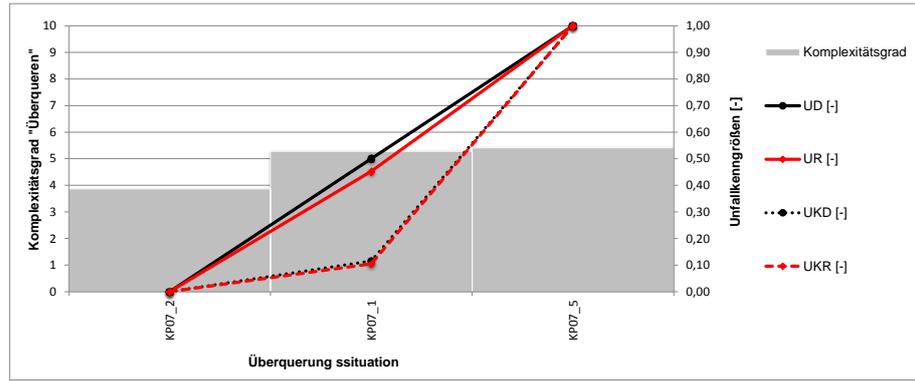
Knotenpunkt 03:



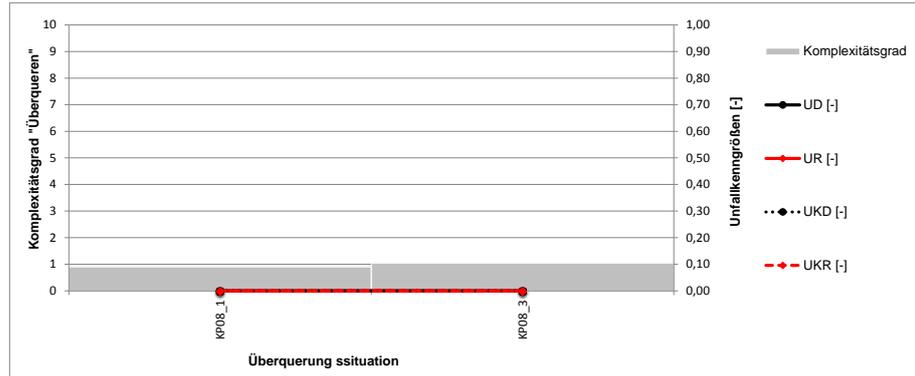
Knotenpunkt 04:



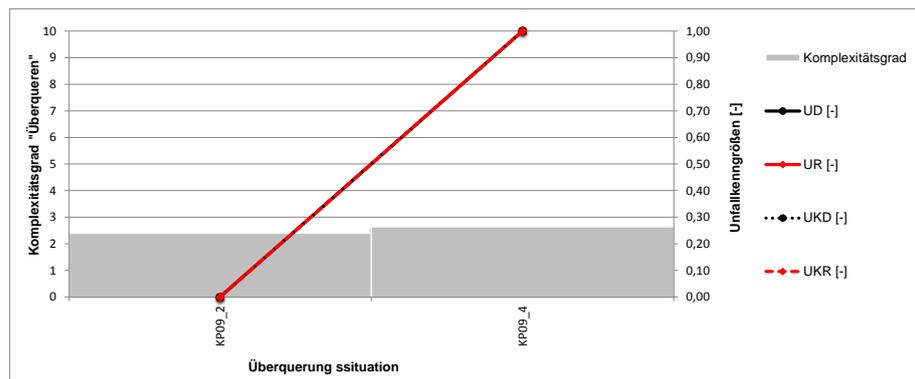
Knotenpunkt 07:



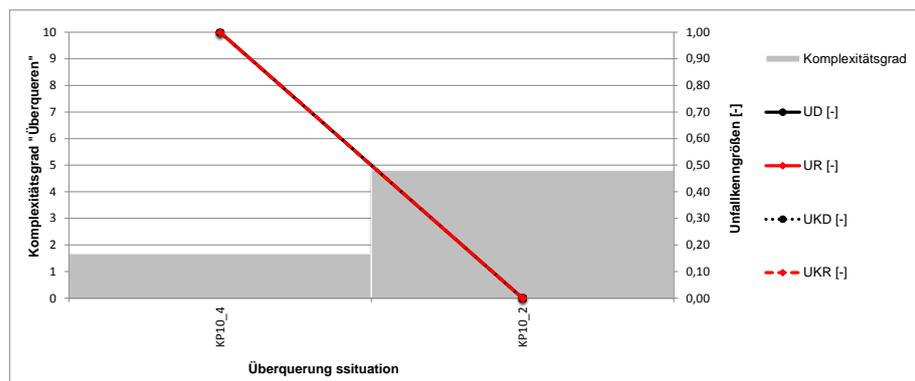
Knotenpunkt 08:



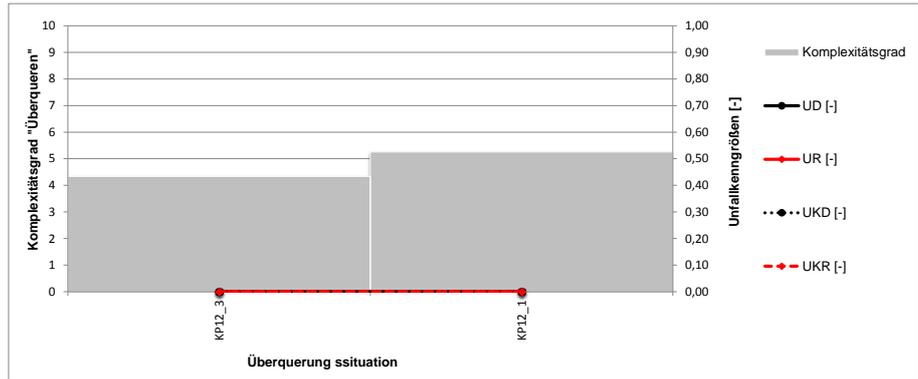
Knotenpunkt 09:



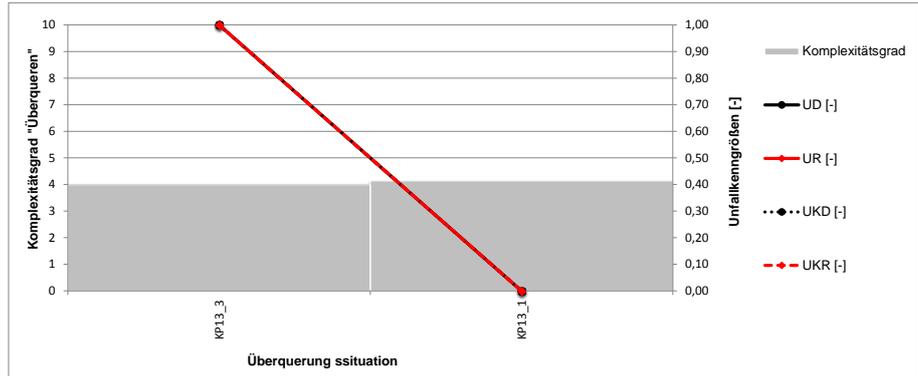
Knotenpunkt 10:



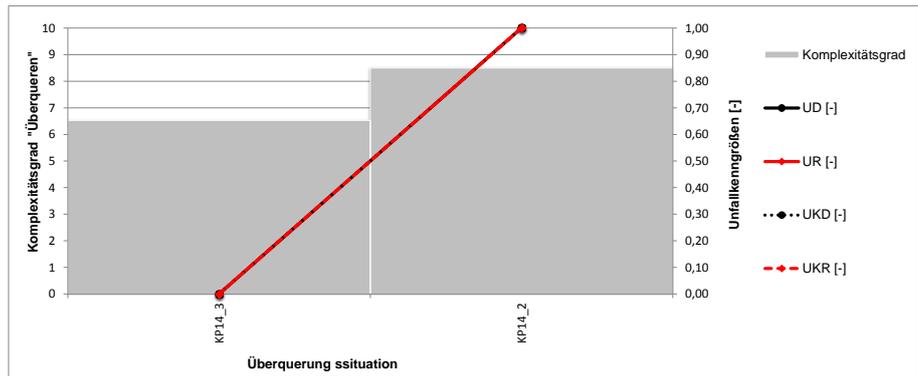
Knotenpunkt 12:



Knotenpunkt 13:



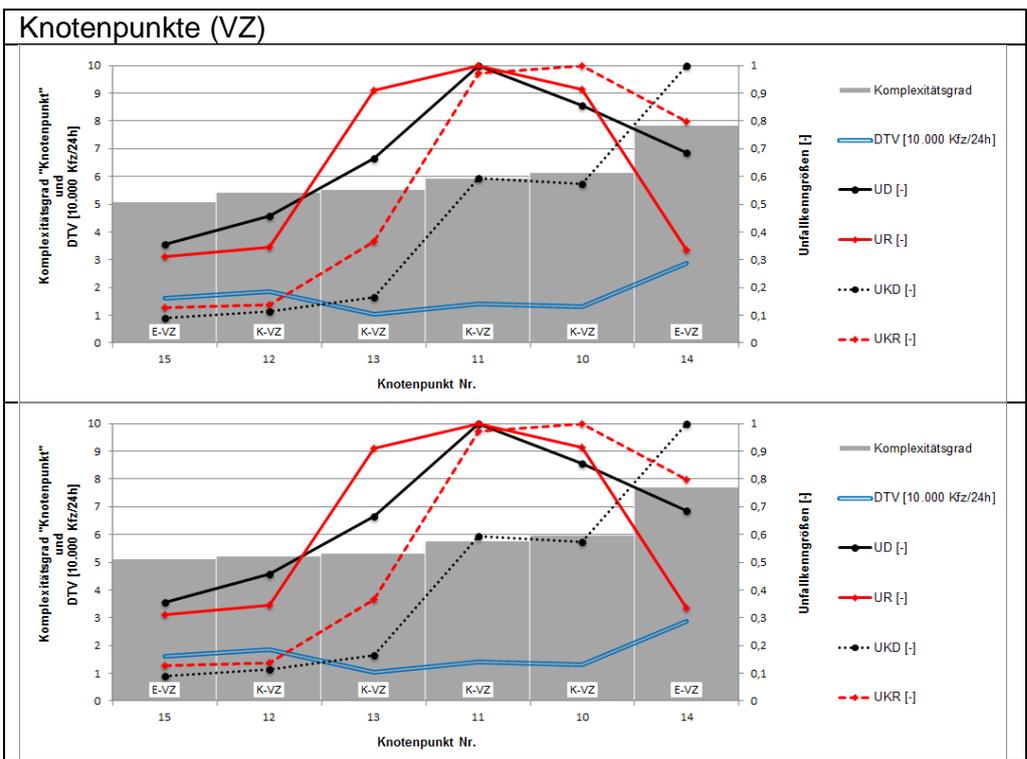
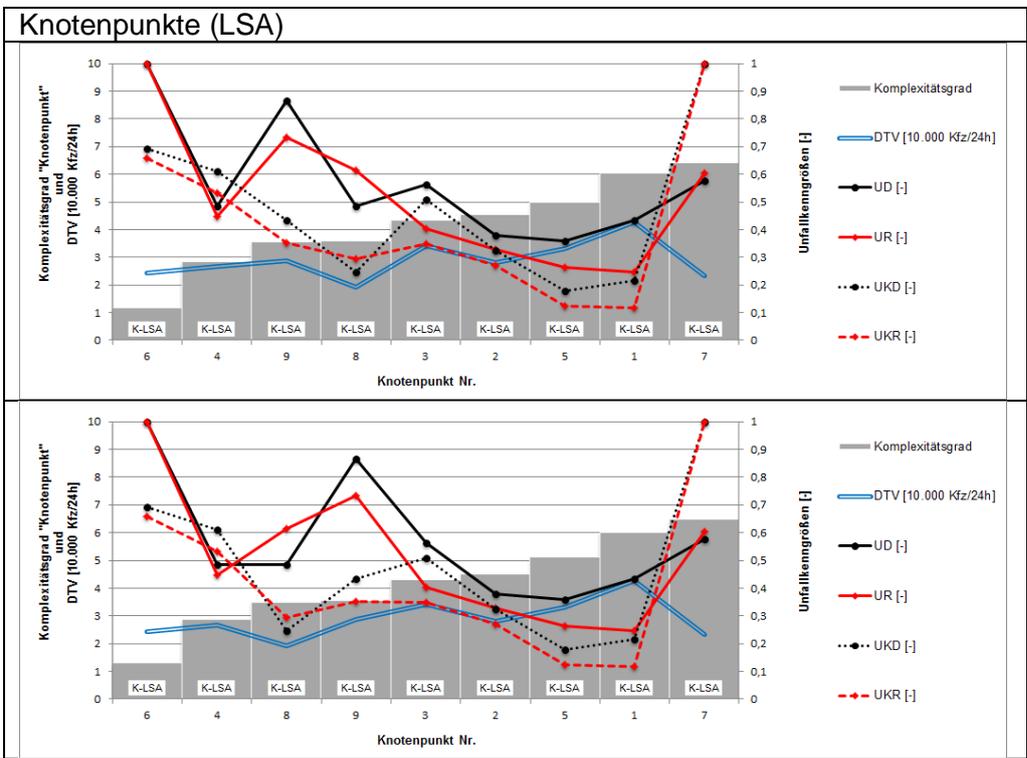
Knotenpunkt 14



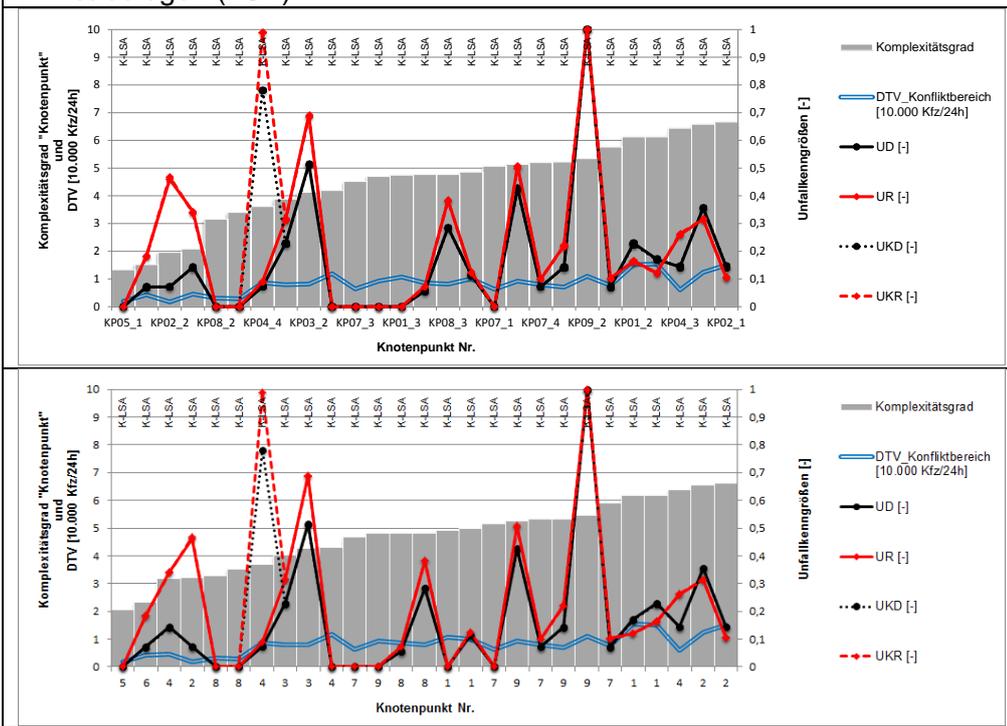
A 17 Bestimmung des Komplexitätsgrades mit und ohne relativierender Zuordnung der Kennzeichen

Ohne relativierende Zuordnung: jeweils Zeile oben

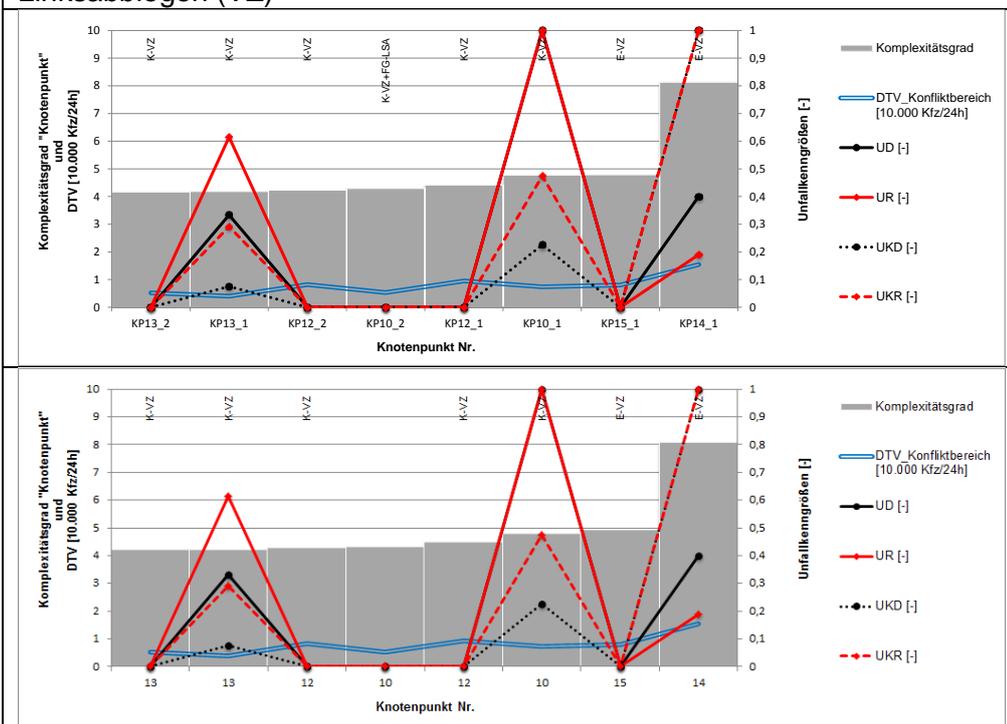
Mit relativierender Zuordnung: jeweils Zeile unten



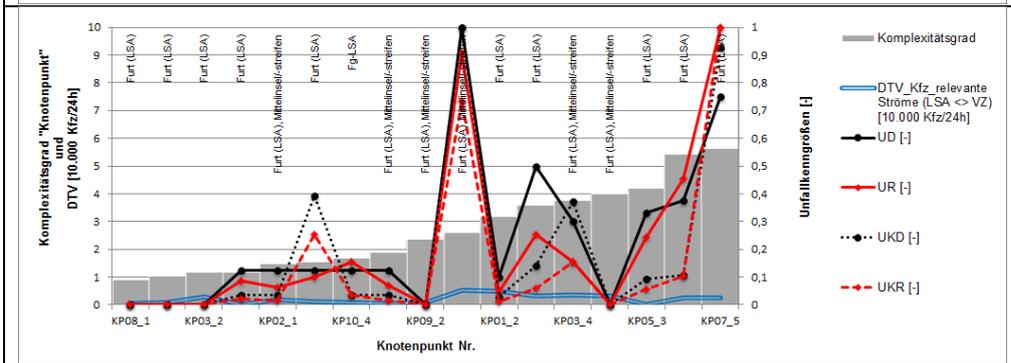
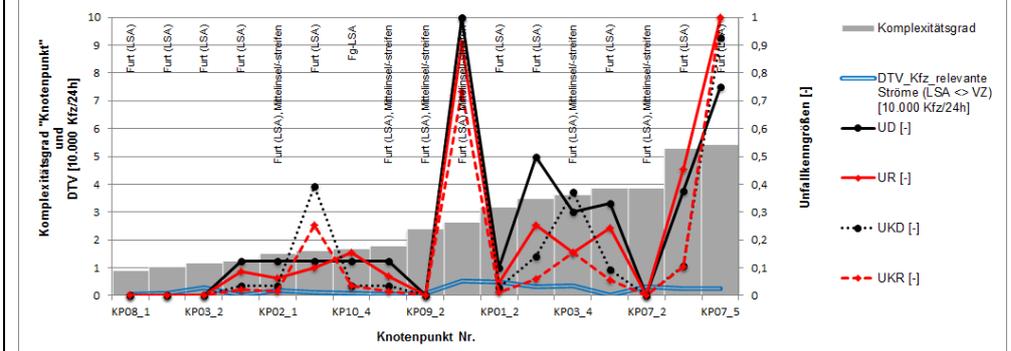
Linksabbiegen (LSA)



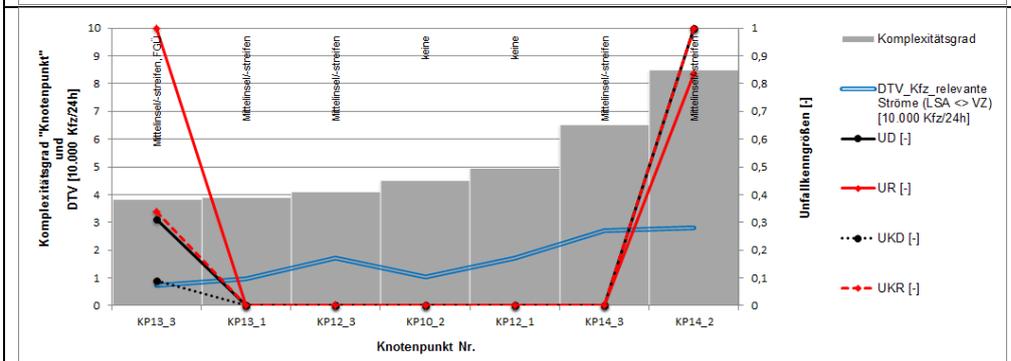
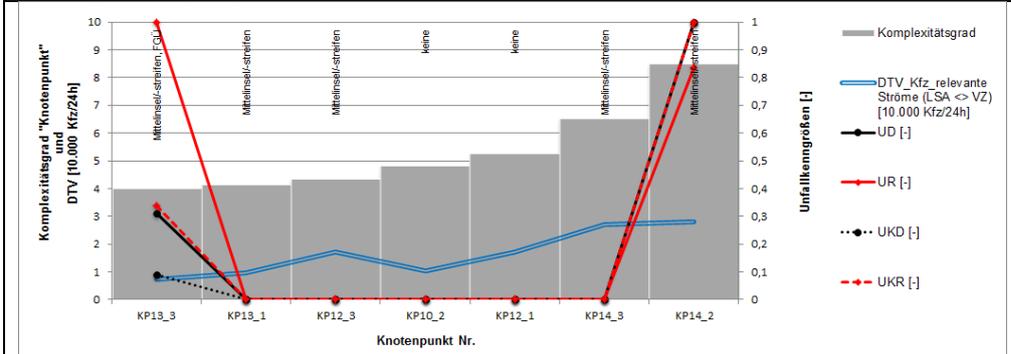
Linksabbiegen (VZ)



Überqueren (LSA)



Überqueren (VZ)



A 18 Bildtafel der StVO-Verkehrszeichen (Auszug)

Zeichen	Abbildung	Zeichen Nr.	Abbildung
Z 133 (Fußgänger)		Z 134 (Fußgängerüberweg)	
Z 136 (Kinder)		Z 138 (Radfahrer kreuzen)	
Z 205 (Vorfahrt gewähren)		Z 206 (Halt! Vorfahrt gewähren)	
Z 237 (Sonderweg Radfahrer)		Z 239 (Sonderweg Fußgänger)	
Z 240 (gemeinsamer Fuß- und Radweg)		Z 241 (getrennter Rad- und Fußweg)	
Z 301 (Vorfahrt)		Z 306 (Vorfahrtstraße)	
Z 350 (Fußgängerüberweg)			
Z 720 (Grünpfeil)			