

Verkehrssicherheit innerörtlicher Kreisverkehre

Lothar Bondzio

Jörg Ortlepp

Margarethe Scheit

Heiko Voß

Roland Weinert

Verkehrssicherheit innerörtlicher Kreisverkehre

Dr.-Ing. Lothar Bondzio
Dipl.-Ing. Jörg Ortlepp
Dipl.-Ing. Margarethe Scheit
Dipl.-Ing. Heiko Voß
Dr.-Ing. Roland Weinert

Impressum

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer

Wilhelmstraße 43 / 43G, 10117 Berlin

Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

unfallforschung@gdv.de

www.udv.de

ISBN-Nr.: 978-3-939163-46-6

Redaktion: Dipl.-Ing. Jörg Ortlepp, Dipl.-Ing. Heiko Voß

Layout: Franziska Gerson Pereira

Erschienen: 10/2012

Im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)

Verkehrssicherheit innerörtlicher Kreisverkehre

bearbeitet durch:
Brilon Bondzio Weiser
Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen



Dr.-Ing. Lothar Bondzio
Dipl.-Ing. Margarethe Scheit
Dr.-Ing. Roland Weinert



Bei der UDV betreut von:
Dipl.-Ing. Jörg Ortlepp
Dipl.-Ing. Heiko Voß

Inhalt

	Kurzfassung	6
	Abstract	7
1	Ausgangssituation und Aufgabenstellung	8
2	Literaturübersicht zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren	9
	2.1 Auswahl der Literatur	9
	2.2 Deutschland	10
	2.3 Schweiz	12
	2.4 Österreich	13
	2.5 Niederlande	13
	2.6 Belgien	14
	2.7 Dänemark	15
	2.8 Schweden	15
	2.9 Schlussfolgerungen	16
3	Deutsche Regelwerke zur Gestaltung innerörtlicher Kreisverkehre	16
	3.1 Entwicklung	16
	3.2 Gestaltungselemente	18
4	Auswertung der amtlichen Unfallstatistik	19
	4.1 Grundsätzliches	19
	4.2 Nordrhein-Westfalen	20
	4.2.1 Unfallgeschehen	20
	4.2.2 Unfallschwere	20
	4.2.3 Verkehrsbeteiligung	23
	4.2.4 Unfallstruktur	25
5	Unfallanalyse	26
	5.1 Vorgehensweise	26
	5.2 Auswahl der Knotenpunkte	26
	5.2.1 Recherche	26
	5.2.3 Merkmale der ausgewählten Knotenpunkte	26
	5.3 Datenerhebung	33
	5.4 Analyse der Unfallstruktur	34
	5.4.1 Alle Unfälle	34
	5.4.2 Unfälle mit Personenschaden	38
	5.4.3 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung	40
	5.4.4 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung	42
	5.4.5 Vergleichende Betrachtung	42
	5.5 Bewertung der Verkehrssicherheit	45
	5.5.1 Beschreibung der Unfallkenngrößen	45
	5.5.2 Unfallrate	47
	5.5.3 Unfallkostenrate	50
	5.6 Verkehrsstärke und Unfallgeschehen	52
	5.6.1 Kfz-Verkehrsbelastungen	52

5.6.2	Radverkehrsbelastungen	52
5.6.3	Kombinierte Verkehrsbelastungen	54
5.6.4	Bewertung	56
5.7	Knotenpunktgeometrie und Unfallgeschehen	57
5.7.1	Außendurchmesser	57
5.7.2	Anzahl der Knotenpunktarme	58
5.7.3	Ablenkung der einfahrenden Kraftfahrzeuge	59
5.7.4	Bewertung	60
5.8	Radverkehrsführung und Unfallgeschehen	62
5.8.1	Differenzierung nach Führungsformen des Radverkehrs	62
5.8.2	Verkehrsbelastungen	62
5.8.3	Unfallrate	62
5.8.4	Unfallkostenrate	64
5.8.5	Unfalltypen	65
5.8.6	Bewertung	68
6	Verkehrsverhaltensbeobachtungen	69
6.1	Methodik	69
6.2	Auswahl der Untersuchungsstellen	69
6.2.1	Allgemeines	69
6.2.2	Kreisverkehre mit Mischverkehr auf der Kreisfahrbahn	69
6.2.3	Kreisverkehre mit umlaufenden Radwegen und übergeordneten Radfahrerfurten	76
6.2.4	Kreisverkehre mit umlaufenden Radwegen und Unterordnung der Radfahrer	84
6.2.5	Zusammenfassung	90
6.3	Kreisverkehre mit Mischverkehr	90
6.3.1	Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung	90
6.3.2	Flächenbelegung durch Radfahrer auf der Kreisfahrbahn	91
6.3.3	Regelverstöße, auffällige Verhaltensweisen, Interaktionen	92
6.3.4	Schlussfolgerungen	93
6.4	Kreisverkehre mit umlaufenden bevorrechtigten Radwegen	93
6.4.1	Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung	93
6.4.2	Schlussfolgerungen	94
6.5	Kreisverkehre mit umlaufenden untergeordneten Radwegen	95
6.5.1	Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung	95
6.5.2	Regelverstöße, auffällige Verhaltensweisen, Interaktionen	96
6.5.3	Schlussfolgerungen	97
7	Zusammenfassung und planerische Empfehlungen	98
7.1	Zusammenfassung	98
7.2	Planerische Empfehlungen	100
	Literatur	102
	Anlage 1 - Kreisverkehre Datenblatt	115
	Anlage 2 - Unfallkenngrößen	120
	Anlage 3 - Ergebnisse der Regressionsrechnung	128

Kurzfassung

Das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhabens war eine umfassende Untersuchung zur Verkehrssicherheit von nach dem derzeitigen Stand der Technik gestalteten innerörtlichen Kreisverkehren. Darüber hinaus waren die im aktuellen Regelwerk empfohlenen Gestaltungsvorschriften für Fußgänger und Radfahrer anhand neuer Unfalldaten kritisch zu überprüfen.

Für die Analyse des örtlichen Unfallgeschehens wurden 100 Kreisverkehre in unterschiedlichen Bundesländern mit unterschiedlichen Randbedingungen (Verkehrsbelastung, Fußgänger- und Radverkehrsstärken, Lageparameter) ausgewählt. Die Verkehrsbelastungen der ausgewählten Kreisverkehre reichen von etwa 5.000 Kfz/24 h bis über 25.000 Kfz/24 h. Etwa ein Drittel der Kreisverkehre wiesen besonders hohe Radverkehrsbelastungen von über 1.200 Radfahrern pro 24 h auf. Die Analyse erfolgte auf der Grundlage der polizeilichen Unfallprotokolle der Jahre 2008 bis 2010. Für das vorliegende Datenkollektiv wurden die Unfallkenngrößen berechnet. Für die Untersuchung wurden die Kreisverkehre in vier Kategorien unterteilt, die sich anhand der Führung des Radverkehrs (Mischverkehr, umlaufende Radwege mit und ohne Bevorrechtigung) unterschieden.

An zehn ausgewählten Kreisverkehren erfolgte eine detaillierte Analyse des Verkehrsablaufes anhand einer mehrstündigen Videoaufzeichnung. Dabei wurden typische Verhaltensmuster der Verkehrsteilnehmer analysiert.

Bei der Unfallanalyse wurden 1.015 Unfälle berücksichtigt. Die mittlere Unfallrate betrug 0,60 Unfälle/ 10^6 Kfz und die mittlere Unfallkostenrate betrug 6,28 €/10³ Kfz. Sie liegen damit auf einem, im Vergleich mit anderen Knotenpunktformen, niedrigen Niveau. An etwa 10 % aller Unfälle waren Radfahrer beteiligt. Bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden lag der Anteil der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung hingegen bei 28 %. Bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung hängt der Unfalltyp stark von der Art der Radverkehrsführung ab. Bei Kreisverkehren mit der Führung der Radfahrer im Mischverkehr ereigneten sich etwa 40 % aller Unfälle bei der Einfahrt in den

Kreis (Unfalltyp 303). Weitere 19 % der Unfälle ereigneten sich unmittelbar vor der Ausfahrt von der Kreisfahrbahn (Unfalltyp 232). Bei bevorrechtigten umlaufenden Radwegen ereigneten sich 88 % aller Unfälle mit Radfahrerbeteiligung an den Querungsstellen. Unfälle mit Fußgängerbeteiligung ereigneten sich ausgesprochen selten. Die Größe des Außendurchmessers hat innerhalb der untersuchten Spannbreite keinen Einfluss auf die Verkehrssicherheit. Allerdings weisen 5-armige Kreisverkehre signifikant höhere Unfallkostenraten auf. An Kreisverkehren mit Mischverkehr sowie an Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und Unterordnung des Radverkehrs zeigten sich deutlich geringere Unfallkennwerte als an Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und bevorrechtigten Radfahrerfurten.

Im Rahmen der Verhaltensbeobachtungen ließ sich feststellen, dass an Kreisverkehren mit Mischverkehr mit steigender Kfz-Verkehrsbelastung der Anteil der Radfahrer, die den Kreisverkehr im Mischverkehr befahren, abnahm. Die bauliche Anlage eines Innenrings verringert die Anzahl der Überholvorgänge im Kreis und damit die Gefahr des unfallträchtigen Schneidens der Radfahrer durch Kraftfahrer vor den Ausfahrten.

An Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und bevorrechtigten Furten ist die grundsätzliche Akzeptanz der Verkehrsführung durch Radfahrer mit 99 % überaus hoch. Je nach Kreisverkehrsanlage sind jedoch zum Teil erhebliche Anteile an Radfahrern zu beobachten, die die Furten entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befahren. Radfahrer treten an den Furten im Allgemeinen selbstbewusst auf und unterbrechen eher selten ihre Fahrt. Sofern die Furten entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung gequert werden, zeigt sich tendenziell ein defensiveres Fahrverhalten der Radfahrer. Die mittlere Unfallrate lag bei 0,75 Unfälle/ 10^6 Kfz und die mittlere Unfallkostenrate bei 7,46 €/10³ Kfz.

Auch an Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und vorfahrtrechtlicher Unterordnung des Radverkehrs lag die Akzeptanz der umlaufenden Radwege durch Radfahrer mit über 90 % sehr hoch. Radfahrer treten an den Querungsstellen insgesamt umsichtiger und weniger

selbstbewusst auf, als an bevorrechtigten Furten. Die Verkehrssituation wird bei der Annäherung an die Querungsstelle genauer beobachtet. Im Falle einer drohenden Interaktion findet zumeist eine Kommunikation zwischen Radfahrer und Kraftfahrer statt. Der Anteil der haltenden und schiebenden Radfahrer ist im Mittel höher als an bevorrechtigten Furten. Trotz Vorrang für den Kraftverkehr verzichten viele Kraftfahrer an den Querungsstellen auf ihren Vorrang. Die geringe mittlere Unfallrate von 0,53 Unfälle/10⁶ Kfz und die mittlere Unfallkostenrate von 4,48€/10³ Kfz spiegeln das Verhalten wieder.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren enthaltenen Gestaltungsempfehlungen durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weitestgehend bestätigt werden. Die praktische Überprüfung des im Regelwerk genannten Ablenkmaßes ist nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Verkehrsbeobachtungen zeigen auch, dass die Einbeziehung des Innenrings zu präzisieren ist. Bei einer Führung der Radfahrer im Mischverkehr sollte grundsätzlich ein baulich ausgeführter Innenring mit einem Niveauunterschied von 4 bis 5 cm zur Kreisfahrbahn angelegt werden. Die Gefahr des Überholens von Radfahrern auf der Kreisfahrbahn und des unfallträchtigen Schneidens vor den Ausfahrten kann so wirkungsvoll verringert werden. Ergänzend wird empfohlen, auch bei Kreisverkehren innerhalb bebauter Gebiete die Führung der Radfahrer auf umlaufenden Radwegen mit vorfahrtrechtlicher Unterordnung der Radfahrer stärker im Regelwerk zu verankern. Diese Führungsform hat sich gerade für Radfahrer als ausgesprochen sicher erwiesen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine Priorisierung der Fußgänger mit Fußgängerüberwegen dann nicht mehr möglich ist.

Abstract

The main aim of the research project was a safety analysis of single-lane roundabouts in build up areas. These roundabouts must have been constructed according to current guidelines for roundabouts in Germany. Furthermore, a critical analysis of the current design standards for pedestrians and cyclists at roundabouts had to be done.

For the analysis of local accidents 100 roundabouts in different parts of Germany with different conditions (traffic volumes, pedestrian and cycle traffic, location parameters) were chosen. The traffic volume of the chosen roundabouts ranges from 5.000 vehicles/24 h up to 25.000 vehicles/24 h. A third of the roundabouts show a particularly high cycle traffic volume from more than 1.200 cyclists per 24 h. The analysis was based on police accident reports in the 2008-2010 period. For the given database the accident statistics were calculated. For the investigation the roundabouts were differentiated into four categories according to the facilities for cyclists (mixed traffic, separate cycle path with or without priority).

On ten selected roundabouts a detailed analysis of the traffic flow based on a several hour video record took place. In the process typical behavioral patterns of traffic participants were studied.

During the accident analysis 1.015 accidents were taken into consideration. The average accident rate amounted 0,60 accidents/10⁶ vehicle and the average accident cost rate amounted 6,28€/10³ vehicle. Compared to other intersections these rates are on a low level. In nearly 10 % of all accidents cyclists were involved. Related to accidents with personal injury the proportion of accidents where cyclists were involved rated 28 %. Accidents with cyclist involvement are highly dependent on the cyclist facilities.

At roundabouts with mixed traffic approximately 40 % of all accidents were failures to yield at entry to circulating roadway (Accident Type 303). Further 19 % of the accidents occurred between circulating und exiting vehicles (Accident Type 232). At roundabouts with separate cycle path and priority to the cyclists about 88 % of all accidents with cyclists involvement occurred at the cycle crossings. Accidents with pedestrian involvement occur rarely. The size of the inscribed circle diameter has no influence onto the safety within the tested range. However, roundabouts with five legs have significant higher accident cost rates. The roundabouts with mixed traffic as well as the roundabouts with separate cycle path without priority to the cyclists were safer than roundabouts with separate cycle path and priority to the cyclists.

The detailed analyses of typical behavioral patterns showed that at roundabouts with mixed traffic the number of cyclists which used the circulatory roadway decreases with an increase of the traffic volumes. The construction of a traversable apron reduces the number of overtaking manoeuvres of cyclists by cars on the circulatory roadway.

At roundabouts with separate cycle path and priority to the cyclists the basic acceptance of the traffic guidance by cyclists is very high (99 %). Depending on the location of the roundabout a high proportion of cyclists uses the cycle path in the wrong direction. In general, cyclists appear self-confident at the cycle crossings and rarely interrupt their ride. As long as the cycle crossings were used in wrong direction the cyclists show a more defensive driving manner. The average accident rate amounted 0,75 accidents/ 10^6 vehicle and the average accident cost rate amounted 7,46 €/10³ vehicle.

Also at roundabouts with separate cycle path without priority to the cyclists the acceptance of the traffic guidance by cyclists is quite high (about 90 %). At the cycle crossings cyclists behave more defensive and less self-confident than at cycle crossings with priority to the cyclists. The cyclists observe the traffic situation more detailed. In case of a denunciatory interaction most of the time a communication between cyclist and car driver take place. The rate of stopping cyclists or cyclists who walk their bike is quite higher than at crossings with priority to the cyclists. Although the car driver is in the right of way many car drivers dispense with their right at crossings. The minor average accident rate of 0,53 accidents/ 10^6 vehicle and the average accident cost rate of 4,48 €/10³ vehicle reflect the behavior.

Basically, it has to be recorded that the recommended design proposals in the German guidelines for roundabouts are mostly proofed. A practical test of the measure of deflection mentioned in the guidelines cannot be proofed every time without a doubt. The traffic observations also show that an inclusion of the traversable apron has to be clarified. Essentially, the apron should be raised a minimum of 4 cm above the circulatory roadway surface. The risk of overtaking cyclists on the circulatory roadway by

cars can be decreased effectively. Additionally, it is proposed to fix cycle pathes without priority to the cyclists into the roundabout guidelines also for roundabouts in built up areas. This cyclist facility has been proofed as very safe especially for cyclists. It has to take into consideration that a prioritization of pedestrians with pedestrian crosswalk is then not possible anymore.

1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Kleine Kreisverkehre haben sich in zahlreichen in- und ausländischen Untersuchungen als ausgesprochen sichere Knotenpunktformen erwiesen. Durch einen Umbau von vorher sicherheitsproblematischen Knotenpunkten in Kreisverkehre lässt sich im Mittel eine deutliche Erhöhung der Verkehrssicherheit erreichen. Untersuchungen im In- und Ausland zeigen einen Rückgang der Unfallzahlen nach dem Umbau zu einem Kreisverkehr zwischen 36 % und 61 %. Ein besonders hoher Rückgang ist bei Unfällen mit schwerem Personenschaden zu verzeichnen. Hier weisen einzelnen Untersuchungen Unfallrückgänge von bis zu 78 % aus.

Insbesondere an Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete führt der Umbau zu einem einstreifigen Kreisverkehr im Allgemeinen zu einer deutlichen Erhöhung der Verkehrssicherheit gegenüber der vorherigen Einmündung oder Kreuzung. Trotz des im Mittel hohen Verkehrssicherheitsniveaus ereignen sich an außerörtlichen Kreisverkehren jedoch bestimmte Unfallbilder. So kommt es beispielsweise zu Auffahrunfällen auf die Kreisinsel. Bei einer sachgerechten Gestaltung der Kreisinsel (leicht ansteigender Erdhügel, Verzicht auf feste Einbauten) gehen diese Unfälle jedoch im Allgemeinen ohne schweren Personenschaden aus. Der Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und bestimmten Gestaltungselementen wurde in einer umfangreichen Untersuchung an 139 Außerorts-Kreisverkehren in Bayern untersucht.

Auch für einstreifige Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete weisen die vorliegenden in- und ausländischen Untersuchungen ein insgesamt hohes Verkehrssicher-

heitsniveau aus. Zahlreiche Untersuchungen zeigen jedoch auch, dass die Radfahrer am Wenigsten vom Sicherheitsgewinn nach dem Umbau zu einem Kreisverkehr profitieren. Französischen Untersuchungen zufolge liegt der Prozentsatz der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung an innerörtlichen Kreisverkehren doppelt so hoch wie an sonstigen Knotenpunkten. Aktuelle belgische Untersuchungen deuten sogar darauf hin, dass sich das Risiko für Radfahrer, in einen Unfall mit schwerem Personenschaden verwickelt zu werden, nach dem Umbau in einen Kreisverkehr erhöht hat.

Auch deutsche Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich die Verkehrssicherheit für Radfahrer nach dem Umbau zu einem Kreisverkehr nicht erhöht hat. Dabei wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Art der Radverkehrsführung erheblichen Einfluss auf das Verkehrssicherheitsniveau hat. Insbesondere Radfahrstreifen auf der Kreisfahrbahn haben sich dabei als besonders unfallträchtig erwiesen.

Hinsichtlich der Situation von Fußgängern an Kreisverkehren weisen die vorliegenden Untersuchungen ein besonders hohes Verkehrssicherheitsniveau aus. Unfälle mit Fußgängerbeteiligung treten an Kreisverkehren nur selten auf. Ein Zusammenhang zwischen der Art der Fußgängerführung (mit oder ohne Fußgängerüberweg) und dem Unfallgeschehen konnte aufgrund der geringen Unfallzahlen bisher in keiner Untersuchung nachgewiesen werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass zahlreiche deutsche Untersuchungen zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren vorliegen. Diese Untersuchungen weisen aus heutiger Sicht jedoch die folgenden Mängel auf:

- Bei den Untersuchungen in der ersten Hälfte der 90er Jahre wurden aus Mangel an geeigneten Kreisverkehren zahlreiche Anlagen einbezogen, deren Gestaltung aus heutiger Sicht nicht mehr den Stand der Technik abbilden. Sie erlauben daher kaum noch Rückschlüsse auf die Verkehrssicherheit regelkonform gestalteter Kreisverkehre. Der große Wert der Untersuchungen liegt darin, dass sie maßgebend zur Entwicklung der Gestaltungsrichtlinien beigetragen haben.

- Aktuellere Untersuchungen an weitestgehend richtlinienkonform gestalteten Kreisverkehren weisen hingegen nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Untersuchungsstellen auf oder konzentrieren sich ausschließlich auf die Verkehrssicherheit von Radfahrern und Fußgängern.

Insgesamt fehlt eine umfassende Untersuchung zur Verkehrssicherheit von nach dem derzeitigen Stand der Technik gestalteten innerörtlichen Kreisverkehren. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war diese Forschungslücke zu füllen. Darüber hinaus waren die im aktuellen Regelwerk empfohlenen Gestaltungsvorschriften für Fußgänger und Radfahrer anhand neuerer Unfalldaten kritisch zu überprüfen.

2 Literaturübersicht zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren

2.1 Auswahl der Literatur

Inzwischen liegen aus einem Großteil der europäischen Staaten aber auch aus außereuropäischen Staaten, wie den USA und Australien, eine Vielzahl von Untersuchungen zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren vor. Die Übertragung der Ergebnisse auf deutsche Verhältnisse ist aufgrund der unterschiedlichen Gestaltungsstandards häufig jedoch nicht möglich. Während in den mittel- und nord-europäischen Staaten vergleichbare Gestaltungsstandards mit möglichst radialer Zuführung der Knotenpunktzufahrten auf den Kreismittelpunkt hin verfolgt werden, ist im englischsprachigen Raum eher die Anlage tangentialer Zufahrten verbreitet. Die unterschiedlichen Gestaltungsstandards erzeugen jeweils unterschiedliche Unfallbilder.

Vor diesem Hintergrund beschränkt sich die Literaturübersicht auf Unfalluntersuchungen aus mittel- und nordeuropäischen Staaten. Berücksichtigt wurden dabei Deutschland, die Schweiz, Österreich, Niederlande, Belgien, Dänemark und Schweden.

Erste systematische Untersuchungen zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren liegen in vielen dieser

Staaten seit den 80er Jahren vor. Häufig handelt es sich dabei jedoch um Fallstudien einzelner Kreisverkehre. Da zudem häufig Anlagen einbezogen wurden, die nach älteren Gestaltungsgrundsätzen entworfen wurden, ist die Übertragbarkeit auf heutige Verhältnisse nur bedingt möglich. Die folgende Literaturübersicht berücksichtigt daher erst Studien, die seit den 90er Jahren veröffentlicht wurden.

2.2 Deutschland

Brilon, Schnüll et al. 1990 [1]

Die erste systematische Untersuchung zur Sicherheit von Kreisverkehren wurden durch Brilon, Schnüll et al. durchgeführt. In die Untersuchung gingen insgesamt 14 Kreisverkehre ein. Hiervon waren allerdings sieben mehrstreifige Anlagen. Die verbleibenden sieben einstreifigen Anlagen lagen ausnahmslos innerhalb bebauter Gebiete, waren aus heutiger Sicht aber nicht regelkonform gestaltet.

Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass die einstreifigen Anlagen ausgesprochen sicher funktionierten. Aufbauend auf den Untersuchungen wurden Gestaltungshinweise abgeleitet.

Stuwe 1992 [2]

Stuwe veröffentlichte 1992 eine Untersuchung zur Leistungsfähigkeit und Sicherheit an deutschen Kreisverkehren. Bestandteil der Untersuchung war ein Vorher-Nachher-Vergleich an sieben einstreifigen Kreisverkehren. Die Untersuchung wurde ohne Kontrollgruppe durchgeführt. Fünf dieser Kreisverkehre lagen innerhalb bebauter Gebiete.

Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass sich nach Umbau in einen Kreisverkehr die Anzahl der Unfälle im Mittel geringfügig erhöht hatte (Anstieg der Unfallrate von 1,00 auf 1,22 Unfälle/ 10^6 Fz). Diesem leichten Anstieg stand jedoch eine drastische Reduzierung der Unfallschwere (Rückgang der Unfallkostenrate von 23,52 auf 5,78 DM/ 10^3 Fz) gegenüber.

Alrutz et al. 1992 [3]

Alrutz et al. konzentrierten sich in ihrer Untersuchung auf

die Verkehrssicherheit von Radfahrern und Fußgängern an einstreifigen Kreisverkehren. Dabei wurden die Unfalldaten von 13 Kreisverkehren in Nordrhein-Westfalen ausgewertet. Abschließend wurden die folgenden Empfehlungen gegeben:

- Kreisverkehre stellen grundsätzlich, auch unter Berücksichtigung der Sicherheit von Radfahrern, eine geeignete Lösungsform zur Ausbildung innerörtlicher Knotenpunkte dar.
- Bei konsequent geschwindigkeitsdämpfender Ausbildung des Kreisverkehrs wird der Mischerverkehr empfohlen.
- Umlaufende Radwege kommen grundsätzlich auch in Betracht. Sie sollen aber nur um 1 bis 2 m von der Kreisfahrbahn abgesetzt werden. Nur bei stark belasteten Kreisverkehren ist eine Abrückung der Querungsstellen um bis zu 5 m in Erwägung zu ziehen.
- Radfahrstreifen auf der Kreisfahrbahn werden aufgrund der hohen Konfliktträchtigkeit abgelehnt.

Brilon, Stuwe, Drews 1993 [4]

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 50 Kreisverkehre hinsichtlich ihrer Verkehrssicherheit untersucht. Die Einteilung nach Kreisverkehrsarten erfolgte nach dem Kriterium Außendurchmesser. Für die 28 kleinen Kreisverkehre (Außendurchmesser maximal 45 m) ergaben sich die folgenden Unfallkenngrößen:

- Unfallrate: 1,27 Unfälle/ 10^6 Fz
- Unfallkostenrate: 17,89 DM/ 10^3 Fz.

Kleine Kreisverkehre schnitten dabei hinsichtlich der Unfallkenngrößen deutlich günstiger ab als große Kreisverkehre.

Erstmalig wurde ein Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und der Art der Radverkehrsführung hergestellt. Als sicherste Lösung für Radfahrer stellte sich der Mischverkehr heraus. Am Ungünstigsten schnitt ein Radfahrstreifen im Kreis ab.

Anschließend wurde für 25 überwiegend innerorts gelegene einstreifige Kreisverkehre ein Vorher-Nachher-Vergleich ohne Kontrollgruppe durchgeführt. Nach dem Umbau zum Kreisverkehr sank:

- die Unfallrate von 1,74 auf 1,12 Unfälle/10⁶ Fz und
- die Unfallkostenrate von 33,38 auf 14,03 DM/10³ Fz.

Von dem Sicherheitsgewinn profitierten insbesondere Kraftfahrer und Fußgänger. Die Unfälle mit Radfahrerbeteiligung nahmen hingegen nach dem Umbau im Mittel zu. Dabei erwiesen sich Radfahrstreifen auf der Kreisfahrbahn als die für Radfahrer mit Abstand unsicherste Verkehrsführung.

Brilon 1997 [5]

Brilon griff in seiner Veröffentlichung auf die Unfalldaten der Untersuchung von Brilon, Stuwe, Drews [4] sowie auf die Daten von acht weiteren einstreifigen Kreisverkehren zurück. Er kam zu den folgenden Ergebnissen:

- Nach dem Umbau zum Kreisverkehr hatten sich die Unfallkosten an allen Kreisverkehren (innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete) um im Mittel 57 % reduziert. Bei Anlagen innerhalb bebauter Gebiete betrug die Reduktion der Unfallkosten nach dem Umbau zum Kreisverkehr gegenüber dem Vorher-Zustand im Mittel 36 %.
- Fußgänger verkehrten an Kreisverkehren im Vergleich zu Kreuzungen und Einmündungen besonders sicher.
- Radfahrer hatten an Kreisverkehren keine größeren Gefahren zu erwarten als an anderen Verkehrsanlagen. Die Sicherheit hing jedoch im hohen Maße von der Art der Radverkehrsführung ab. Radfahrstreifen auf der Kreisfahrbahn sind dabei unbedingt zu vermeiden. Die Führung im Mischverkehr sowie die Anlage von kreisumlaufenden Radwegen wurden hingegen als sichere Radverkehrsführung bewertet. Bei kreisumlaufenden Radwegen ist darauf zu achten, dass die Querungsstellen nicht weiter als 5 m vom Kreisrand abgerückt werden.

Baumert 1998 [6]

Baumert wertete in seiner Untersuchung aus dem Jahr 1998 das Unfallgeschehen an 24 einstreifigen Kreisverkehren im Kreis Borken (Nordrhein-Westfalen) aus. Von diesen Anlagen lagen 16 innerhalb und acht außerhalb bebauter Gebiete. Die Kreisverkehre wurden in den 90er Jahren errichtet und entsprachen im Wesentlichen den in den nordrhein-westfälischen Empfehlungen [27] dargestellten Ausbaustand.

Für die Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete ergaben sich die folgenden Unfallkenngrößen:

- Unfallrate: 0,53 Unfälle/10⁶ Fz
- Unfallkostenrate: 11,81 DM/10³ Fz.

Haller, Lange, Alrutz, Stellmacher-Hein 2000 [7]

Im Rahmen der Studie wurde das Unfallgeschehen mit Radfahrer- und Fußgängerbeteiligung an 46 Kreisverkehren untersucht. Darüber hinaus wurden an 16 Kreisverkehren Verhaltensbeobachtungen durchgeführt.

Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass Kreisverkehre auch für Fußgänger und Radfahrer sichere Verkehrsanlagen sind. Aus Gründen der Vereinheitlichung der Regelungen für Fußgänger wurde grundsätzlich die Anlage von Fußgängerüberwegen empfohlen. Bezogen auf die Führung des Radverkehrs wurden sowohl der Mischverkehr als auch die Anlage kreisumlaufender Radwege als gleichermaßen sicher eingestuft. Bei hohen Verkehrsbelastungen (DTV > 15.000 Kfz/24 h) sollten aus Gründen der Akzeptanz eher kreisumlaufende Radwege angelegt werden.

Eckstein, Meewes 2002 [8]

Die Autoren konzentrierten sich in ihrer Untersuchung auf Knotenpunkte außerhalb bebauter Gebiete. In die vergleichende Untersuchung zur Verkehrssicherheit unterschiedlicher Knotenpunktgrundformen wurden auch neun Kreisverkehre einbezogen. Die Untersuchung bestätigte das insgesamt hohe Verkehrssicherheitsniveau einstreifiger Kreisverkehre.

Für die Kreisverkehre außerhalb bebauter Gebiete ergaben sich die folgenden Unfallkenngrößen:

- Unfallrate: 0,90 Unfälle/10⁶ Fz
- Unfallkostenrate: 12 €/10³ Fz.

Brilon, Bäumer, Zurlinden 2003 [9]

Die Autoren veröffentlichten im Jahre 2003 die Ergebnisse einer Vorher-Nachher-Studie zur Umgestaltung der K 7 in Borken. Im Rahmen der Umgestaltung wurden zwei vorfahrtgeregelter und zwei signalgeregelter Kreuzungen durch Kreisverkehre ersetzt. Bezogen auf die Verkehrssicherheit ließen sich die folgenden Ergebnisse festhalten:

- Die Verkehrssicherheit hatte sich nach dem Umbau merklich erhöht. Die Unfalldichte im Zuge der Ortsdurchfahrt war von 25 Unfällen/km×a auf 19,7 Unfälle/km×a zurück gegangen. Die Unfallkostendichte war um 64% von vorher 792.300 DM/km×a auf 281.700 DM/km×a zurückgegangen.
- Insbesondere die Unfallschwere hatte sich deutlich reduziert. Während im Vorher-Zeitraum 19 Unfälle mit Personenschaden (davon ein Getöteter und zwei Schwerverletzte) auftraten, wurden im Nachher-Zeitraum neun Unfälle mit Personenschaden (alle Leichtverletzte) gemeldet.
- Der Rückgang der Unfallbeteiligung konnte für alle Verkehrsteilnehmergruppen nachgewiesen werden. Auch die Anzahl der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung ging von vorher 11 Unfällen auf nachher sieben Unfälle zurück.

Brilon, Bäumer 2004 [10]

Brilon und Bäumer veröffentlichten 2004 eine Studie zu Verkehrsablauf, Kapazität und Verkehrssicherheit von Kreisverkehren in Hessen. Bestandteil dieser Studie war eine Unfalluntersuchung an zehn hessischen Kreisverkehren.

Für die Kreisverkehre ergaben sich die folgenden Unfallkenngrößen:

- Unfallrate: 0,30 Unfälle/10⁶ Fz
- Unfallkostenrate: 4,0 €/10³ Fz.

Bäumler, Spahn 2007 [11]

Bäumler und Spahn veröffentlichten 2007 die Ergebnisse einer Studie zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren und Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen in Bayern. Die Untersuchung konzentrierte sich auf Knotenpunkte außerhalb bebauter Gebiete und in Ortsrandlage. In die Untersuchung gingen die Daten von 139 Kreisverkehren und 188 Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage ein.

Die Untersuchung bestätigte die bereits vorliegenden Erkenntnisse zum hohem Sicherheitsniveau von Kreisverkehren im Vergleich zu Lichtsignalanlagen. Die Autoren fanden zudem Zusammenhänge zwischen der Gestaltung und der Ausstattung von Kreisverkehren und den Unfallkenngrößen heraus.

So wurde festgestellt, dass die Beleuchtung von Kreisverkehren außerhalb bebauter Gebiete und in Ortsrandlage zu einer deutlichen Erhöhung der Verkehrssicherheit beitrug. Während die Unfallkostenrate an nicht beleuchteten Kreisverkehren mit 10,28 €/10³ Fz ermittelt wurde, lag die Unfallkostenrate bei beleuchteten Kreisverkehren lediglich bei 5,79 €/10³ Fz.

Die Untersuchung bestätigte zudem das besonders hohe Verkehrssicherheitsniveau der nach dem „Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehren“ aus dem Jahre 1998 [28] gestalteten Kreisverkehre. Während bei den merkblattkonformen Kreisverkehren eine Unfallkostenrate in Höhe von 6,73 €/10³ Fz ermittelt wurde, lag die Unfallkostenrate bei Kreisverkehren mit größeren Elementen (größerer Außendurchmesser, breitere Kreisfahrbahn) bei 9,34 €/10³ Fz. Besonders hohe Unfallkostenraten (16,82 €/10³ Fz) wurden bei Kreisverkehren mit Fahrbahnbreiten ab 9 m festgestellt.

Aus den Untersuchungen wurden Empfehlungen zur verkehrssicheren Gestaltung von Kreisverkehren außerhalb bebauter Gebiete und in Ortsrandlage abgeleitet.

2.3 Schweiz

Huber, Bühlmann 1994 [12]

Huber und Bühlmann veröffentlichten 1994 eine Studie zur Sicherheit von Kreiselanlagen. Im Rahmen dieser Studie wurde ein Vorher-Nachher-Vergleich der Unfallsituation an 130 zu Kreisverkehren umgestalteten Knotenpunkten vorgenommen. Von diesen Knotenpunkten lagen 89% innerorts. Die überwiegende Anzahl der umgestalteten Kreisverkehre (79%) hatte einstreifige Zufahrten. Die Untersuchung wurde mit Kontrollgruppen durchgeführt.

Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die Anzahl der Unfälle nach dem Umbau insgesamt abgenommen hat. Insbesondere bei mehrstreifigen Kreisverkehren wurde allerdings eine Zunahme der Unfallzahlen festgestellt. Als besonders positiv wurde der Sicherheitsgewinn für Fußgänger herausgestellt. Hinsichtlich der leichten Zweiräder (Mofa, Fahrrad) wurde hingegen eine Zunahme der

Unfallzahlen festgestellt. Auch hier schnitten die mehrstreifigen Kreisverkehre besonders schlecht ab.

Bezogen auf Unfälle mit Personenschaden wurde an drei Viertel der Knotenpunkte nach dem Umbau eine Abnahme der Unfallzahlen festgestellt. Die Autoren folgerten daraus, dass durch den Umbau zum Kreisverkehr insbesondere die Unfallschwere reduziert werden konnte.

Einschränkend wurde angemerkt, dass in der Untersuchung auch Kreisverkehre berücksichtigt wurden, deren Gestaltung nicht dem Stand der Technik entsprach.

Bühlmann, Spacek 1997 [13]

In der weitergehenden Untersuchung aus dem Jahre 1997 wurden auf der Grundlage der Datenbasis der Untersuchung von 1994 [12] die Zusammenhänge zwischen Unfallgeschehen, Kreisverkehrsgeometrie und Verkehrsverhalten analysiert. Aus den Unfalluntersuchungen wurden Gestaltungsparameter abgeleitet, die in die im Jahre 1999 veröffentlichte Schweizer Norm SN 640 263 „Knoten mit Kreisverkehr“ [14] eingingen.

Bei der Detailuntersuchung wurden ausschließlich einstreifige Kreisverkehre mit Führung der Radfahrer im Mischverkehr berücksichtigt. Der Einfluss unterschiedlicher Radverkehrsführungen auf die Verkehrssicherheit wurde nicht untersucht. Bezogen auf die untersuchten Kreisverkehre kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die geometrischen Elemente Außendurchmesser und Breite der Kreisfahrbahn keinen Einfluss auf die Verkehrssicherheit leichter Zweiräder (Mofa, Fahrrad) hatten.

Bezogen auf die Gestaltung der Zu- und Ausfahrten konnte kein Einfluss der Fahrstreifenbreiten und Ausrundungsradien auf die Verkehrssicherheit von Fußgängern nachgewiesen werden.

Bühlmann 2005 [15]

Bühlmann berichtete 2005 über eine Unfalluntersuchung an 33 Kreisverkehren im Kanton Aargau. Dabei wurden pro Kreisverkehr im Mittel zwei Unfälle pro Jahr festgestellt. Bei drei Kreisverkehren wurden besonders hohe Unfallzahlen festgestellt. Der Autor führte dies auf eine

ungenügende und nicht richtliniengerechte Ablenkung der einfahrenden Fahrzeuge zurück.

2.4 Österreich

Krainz et al. 2007 [16]

Krainz et al. legten 2007 eine Studie über Kreisverkehrsanlagen in der Steiermark vor. Dabei wurde unter anderem auch die Unfallsituation an 132 Kreisverkehren im Vorher-Nachher-Vergleich analysiert. Die Unfallanalyse konzentrierte sich dabei auf Unfälle mit Personenschaden.

Insgesamt zeigte sich nach dem Umbau in einen Kreisverkehr ein deutlicher Rückgang der Unfälle mit Personenschaden um 60,8%. Lediglich an 12% der Knotenpunkte kam es nach dem Umbau zu einer Erhöhung der Unfälle mit Personenschaden.

Die Anzahl der Verunglückten ging insgesamt um 68,2% zurück. Während im Vorher-Zeitraum acht Verkehrsteilnehmer getötet wurden, wurde nach dem Umbau in einen Kreisverkehr kein Unfall mit Todesfolge registriert.

Von dem hohen Sicherheitsniveau profitierten insbesondere die Kfz-Fahrer sowie die Fußgänger. Bei Radfahrern wurden im Vorher-Nachher-Vergleich hingegen ähnlich hohe Unfallzahlen (Vorher: 30, nachher: 27) registriert. Auch bei Moped- und Motorradfahrern wurden nur geringe Rückgänge festgestellt.

Hinsichtlich der Unfalltypen wurde ein Anstieg der Unfälle mit einem Beteiligten sowie der Unfälle im Längsverkehr festgestellt. Bei den Einbiegen/Kreuzen-Unfällen sowie bei den Abbiegeunfällen wurden hingegen erhebliche Rückgänge festgestellt.

2.5 Niederlande

Van Minnen 1990 [17]

Die erste niederländische Untersuchung zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren wurde im Jahr 1990 veröffentlicht. Die Studie umfasste 46 Kreisverkehre neueren Designs. Von diesen Kreisverkehren lagen 38 Anlagen innerorts und acht Anlagen außerorts.

Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass Kreisverkehre grundsätzlich sicherer sind als Kreuzungen und Einmündungen. Dabei wurde ein besonders starker Rückgang der verunglückten Kfz-Fahrer festgestellt. Der Sicherheitsgewinn von Zweiradfahrern fiel hingegen weniger deutlich aus.

Van Minnen 1995 [18]

Im Rahmen dieser Studie wurden 177 niederländische Kreisverkehre hinsichtlich ihrer Verkehrssicherheit untersucht. Die Studie bestätigte die Ergebnisse der älteren Untersuchung. Nach dem Umbau zum Kreisverkehr wurde ein Rückgang der Unfallzahlen um 47 % festgestellt. Die Anzahl der Verunglückten ging sogar um 71 % zurück. Allerdings wurde wiederum festgestellt, dass nicht alle Verkehrsteilnehmer gleichermaßen vom Verkehrssicherheitsgewinn profitierten. Einem Rückgang der Verunglücktenzahlen unter Kfz-Fahrern von 95 % und unter Fußgängern von 89 % stand ein Rückgang der Verunglücktenzahlen bei Radfahrern von 30 % gegenüber.

Im Rahmen der Studie wurden auch verschiedene Radverkehrsführungen an Kreisverkehren untersucht. Die Studie kam auch zu dem Ergebnis, dass ab einer Verkehrsbelastungen von etwa 8.000 Kfz/24 h (Summe des zuführenden Verkehrs) umlaufende Radwege sicherer sind als der Mischverkehr und als Radfahrstreifen auf der Kreisfahrbahn.

Van Minnen 1998 [19]

Der Schwerpunkt dieser Untersuchung lag auf der Analyse der Verkehrsicherheit von Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen. Dabei wurden 17 Kreisverkehre mit Vorrang und 28 Kreisverkehre ohne Vorrang hinsichtlich ihrer Verkehrssicherheit verglichen. Der Autor kam zu dem Ergebnis, dass sowohl die Unfallzahlen als auch die Anzahl der Verunglückten an Kreisverkehren ohne Vorrang für Radfahrer deutlich günstiger ausfallen als an Kreisverkehren mit Vorrang für Radfahrer.

Weijermars, W. 2001 [20]

In dieser Untersuchung wurden ebenfalls Kreisverkehre mit Vorrang für Radfahrer (30 Anlagen) mit Kreisverkehren ohne Vorrang für Radfahrer (36 Anlagen) verglichen.

Auch in dieser Untersuchung stellten sich die Kreisverkehre ohne Vorrang für Radverkehr als deutlich sicherer heraus, als Kreisverkehre mit Vorrang für den Radverkehr.

2.6 Belgien

Daniels, Nuits, Wets 2008 [21]

Die Autoren veröffentlichten 2008 die Ergebnisse einer Studie zur Verkehrssicherheit von Radfahrern an 95 Kreisverkehren in Flandern. Von diesen Kreisverkehren lagen 42 Anlagen innerorts und 53 Anlagen außerorts. Die Untersuchung war als Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollgruppe konzipiert. Es wurden ausschließlich Unfälle mit Personenschaden und Radfahrerbeteiligung ausgewertet.

Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass sich die Anzahl der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung nach dem Umbau zu einem Kreisverkehr um 29 % erhöht hatte. Bei den Radfahrerunfällen mit Getöteten und Schwerverletzten wurde sogar ein Anstieg um etwa 50 % diagnostiziert. Mit 48 % fiel der Anstieg der Unfälle mit Personenschaden und Radfahrerbeteiligung bei innerörtlichen Kreisverkehren besonders stark aus. Der Anstieg der Unfälle mit Getöteten oder Schwerverletzten betrug innerorts sogar etwa 80 %. Außerorts konnte im Vorher-Nachher-Vergleich hingegen keine statistisch signifikante Veränderung nachgewiesen werden.

Im Rahmen der Studie wurde keine differenzierte Betrachtung des Unfallgeschehens in Abhängigkeit von der Art der Radverkehrsführung vorgenommen. Darüber hinaus wurde die Kreisverkehrsform (einstreifig oder mehrstreifig) nicht berücksichtigt.

Daniels, Brijs, Nuyts, Wets 2009 [22]

In einer ergänzenden Studie wurde die Abhängigkeit des Unfallgeschehens mit Radfahrerbeteiligung von der Art der Radverkehrsführung untersucht. Die Unfalldaten entstammten im Wesentlichen der Untersuchung von 2008.

Bezogen auf alle Unfälle mit Personenschaden und Radfahrerbeteiligung wurde ein Zusammenhang zwischen der Unfallsituation und der Art der Radverkehrsführung deutlich. Dabei schnitten die Kreisverkehre mit Radfahr-

streifen auf der Kreisfahrbahn besonders schlecht ab. Bei allen anderen Führungsformen (Mischverkehr, umlaufende Radwege mit und ohne Vorrang, niveaufreie Querung) wurde hingegen eine Verringerung der Unfallzahlen gegenüber dem vorherigen Knotenpunkt festgestellt.

Bei einer ausschließlichen Betrachtung der Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten ergab sich hingegen eine Erhöhung der Unfallzahlen nach dem Umbau. Hier schnitten die Kreisverkehre mit umlaufendem Radweg besonders schlecht ab. Dieser Zusammenhang konnte aber nicht statistisch abgesichert werden.

Auch bei dieser Untersuchung fand der Kreisverkehrstyp keine Berücksichtigung.

2.7 Dänemark

Jørgensen, Jørgensen 1994 [23]

Die Vorher-Nachher-Untersuchung mit Kontrollgruppe wurde für 63 vierarmige Knotenpunkte durchgeführt. Bei allen Knotenpunkten handelte es sich um ehemals vorfahrtsregelte Kreuzungen, die nach 1985 zu Kreisverkehren umgebaut wurden.

Bei den 49 innerörtlichen Kreisverkehren wurde ein Rückgang der Unfälle mit Personenschaden festgestellt. Für Kfz-Fahrer sank das Unfallrisiko um 85 %. Bei Radfahrern wurde hingegen weder eine Verbesserung noch eine Verschlechterung der Verkehrssicherheit festgestellt.

Bei den 14 außerorts gelegenen Kreisverkehren wurde insgesamt ein Rückgang der Unfälle mit Personenschaden um 85 % diagnostiziert. Während sich im Vorher-Zeitraum ein Unfall mit einem getöteten Radfahrer ereignete, wurden im Nachher-Zeitraum keine Unfälle mit Personenschaden und Radfahrerbeteiligung festgestellt.

Hels, Orozova-Bekkevold 2007 [24]

Im Rahmen dieser Studie wurde der Zusammenhang zwischen Unfällen mit Radfahrerbeteiligung und Kreisverkehrsparametern, wie Geometrie und Verkehrsbelastungen, untersucht. In die Untersuchung wurden 88 Kreisverkehre auf der Insel Fünen einbezogen. Als metho-

dische Besonderheit ist anzumerken, dass die Unfalldaten aus der Notaufnahme des Krankenhauses in Odense stammten. Eine nachträgliche Überprüfung ergab, dass lediglich 25 % der vom Krankenhaus gemeldeten Unfälle mit Radfahrerbeteiligung polizeilich erfasst wurden.

Die folgenden Zusammenhänge wurden nachgewiesen:

- Je höher die Radverkehrsstärken, desto höher die Unfallzahlen mit Radfahrerbeteiligung.
- je älter der Kreisverkehre, desto höher die Unfallzahlen mit Radfahrerbeteiligung.
- je höher die mögliche Geschwindigkeit für Kraftfahrer im Kreis, desto höher die Unfallzahlen mit Radfahrerbeteiligung.

Ein Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und der Art der Radverkehrsführung konnte nicht nachgewiesen werden.

2.8 Schweden

Brüde, Larsson 2000 [25]

Die Autoren berichteten über eine Studie an 72 Kreisverkehren in Schweden. Dabei wurden die Erkenntnisse aus anderen europäischen Staaten bestätigt, dass das Unfallrisiko in Kreisverkehren von der Verkehrsbelastung und der Geschwindigkeit abhängt. Bezogen auf die Verkehrssicherheit von Radfahrern sprachen sich die Autoren für die Anlage umlaufender Radwege aus. Bei der Führung im Mischverkehr wurde ein um 2,5fach höheres Unfallrisiko für Radfahrer ermittelt.

Sakshaug, Lauresbyn, Svensson, Hydén 2010 [26]

Die Autoren veröffentlichten 2010 eine Studie zum Interaktionsverhalten zwischen Kraftfahrern und Radfahrern an Kreisverkehren. Neben einer Unfallanalyse an 15 Kreisverkehren (neun mit umlaufenden Radwegen und sechs mit Mischverkehr) wurden an zwei Kreisverkehren Verhaltensbeobachtungen durchgeführt.

Im Rahmen der Untersuchung wurden unterschiedliche Konflikttypen mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmt. Darüber hinaus wurde auch das Verhalten der Verkehrsteilnehmer im Konfliktfall analysiert.

An Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen waren an 68 % aller Unfälle mit Radfahrerbeteiligung Radfahrer beteiligt, die den Radweg entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befuhren. An Kreisverkehren mit Mischverkehr ereigneten sich 73 % aller Unfälle mit Radfahrerbeteiligung durch Vorfahrtmissachtungen bevorrechtigter Radfahrer durch wartepflichtige Kraftfahrer bei der Einfahrt in den Kreisverkehr. Diese Konfliktsituation wurde auch in den Verhaltensbeobachtungen als besonders gefährlich klassifiziert.

2.9 Schlussfolgerungen

Die Auswertung deutscher Untersuchungen sowie Untersuchungen aus dem mittel- und nordeuropäischen Ausland führt zu den folgenden zusammenfassenden Ergebnissen:

- Kreisverkehre stellen auch innerhalb bebauter Gebiete eine sichere Knotenpunktform dar. Die Untersuchungen mit Vorher-Nachher-Vergleich kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass sich nach dem Umbau in einen Kreisverkehr die Verkehrssicherheit erhöht hat [4, 5, 12, 16, 17, 23]. Bei Untersuchungen mit Kontrollgruppe fällt der Sicherheitsgewinn weniger deutlich aus, als bei Untersuchungen ohne Kontrollgruppe.
- Als besonders positiv wird in den Untersuchungen der Rückgang der Unfälle mit schwerem Personenschaden nach Umbau in einen Kreisverkehr hervorgehoben.
- Vom Sicherheitsgewinn profitieren besonders die Kfz-Fahrer sowie die Fußgänger.
- Hinsichtlich der Verkehrssicherheit der Radfahrer kommen die einzelnen Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. Übereinstimmend kann festgestellt werden, dass Radfahrer weniger stark vom Sicherheitsgewinn profitieren als andere Verkehrsteilnehmer. Während in einer Untersuchung aus den Niederlanden ein Rückgang des Unfallrisikos für Radfahrer festgestellt wurde [17], weisen andere Untersuchungen ein eher gleichbleibendes Unfallrisiko für Radfahrer aus [16, 23]. Bei den Untersuchungen, die eine Zunahme des Unfallrisikos für Radfahrer ausweisen [12, 21], fehlt hingegen eine ausreichende Differenzierung nach Kreisverkehrstyp und Art der Radverkehrsführung.

Aufgrund der bisher vorliegenden Forschungsergebnisse wurde ein Schwerpunkt der anstehenden Untersuchung auf die Verkehrssicherheit unterschiedlicher Führungsformen des Radverkehrs gelegt. Dabei wurden alle gemäß aktuellem Regelwerk zulässigen Führungsformen berücksichtigt.

Hinsichtlich der Unfälle mit Radfahrer- und Fußgängerbeteiligung ist zudem eine individuelle Betrachtung der Unfallhergänge anhand der polizeilichen Unfallprotokolle und gegebenenfalls anhand von Verhaltensbeobachtungen erforderlich. Die Auswertung von Datenbanken, wie sie in zahlreichen der aufgeführten Untersuchungen verwendet wurden, ist zwar zur Ableitung von Unfallkenngrößen geeignet, liefert allerdings keine Ansätze zur Erklärung der Unfallsituationen.

3 Deutsche Regelwerke zur Gestaltung innerörtlicher Kreisverkehre

3.1 Entwicklung

Kleine Kreisverkehre: Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung 1993 [27]

Als erstes deutsches Regelwerk zur Gestaltung von einstreifigen Kreisverkehren kann die Veröffentlichung des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen [27] aus dem Jahr 1993 angesehen werden. Die Einsatz- und Gestaltungsempfehlungen wurden auf der Grundlage der bis dahin vorliegenden Forschungsarbeiten von Brilon, Schnüll et al. [1], Alrutz et al. [2] und Brilon, Stuwe, Drews [3] erarbeitet.

Die in dem Regelwerk empfohlenen Gestaltungsparameter sind von dem Grundgedanken einer möglichst geschwindigkeitsdämpfenden Ausbildung der Kreisverkehre geprägt. Hierzu sind die Gestaltungsparameter so zu wählen, dass die Kraftfahrer bei der Durchfahrung des Kreisverkehrs möglichst stark abgebremst und durch die Kreisinsel von der geraden Durchfahrt abgelenkt werden. Durch die Wahl relativ enger Radien und schmaler Fahrbahnbreiten soll ebenfalls die Geschwindigkeit reduziert

werden, aber auch die Querung für Fußgänger und Radfahrer erleichtert werden.

Für die Fußgänger sind in allen Knotenpunktarmen Quermöglichkeiten vorzusehen, die um etwa 4 m vom Kreisrand abzusetzen sind. Bei starken Fußgänger- und Kfz-Verkehrsstärken wird die Anlage von Fußgängerüberwegen empfohlen.

Hinsichtlich der Führung des Radverkehrs werden der Mischverkehr sowie die Anlage kreisumlaufender Radwege als gleichrangig angesehen. Die Entscheidung soll aufgrund der Streckencharakteristik der auf den Knotenpunkt zulaufenden Straßenzüge getroffen werden. Von der Anlage von Radfahrstreifen auf der Kreisfahrbahn wird auf Grundlage der Untersuchungen von Brilon, Stulle, Drews [3] nachdrücklich abgeraten.

Im Regelfall soll die Querung kreisumlaufender Radwege um 1 bis 2 m von der Kreisfahrbahn abgesetzt werden. Diese Empfehlung beruht auf den Untersuchungen von Alrutx et al. [2]. Lediglich an hochbelasteten Kreisverkehren wird eine Absetzung um 4 bis 5 m von der Kreisfahrbahn empfohlen. Innerhalb bebauter Gebiete ist den Radfahrern auf den Furten grundsätzlich Vorrang gegenüber dem Kfz-Verkehr einzuräumen.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Grundprinzipien der Gestaltung nach wie vor Bestand haben und in den nachfolgenden Regelwerken der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen übernommen wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass allein in Nordrhein-Westfalen mehrere hundert Kreisverkehre nach den Empfehlungen gebaut wurden. In der Folge haben zudem weitere Bundesländer vergleichbare Empfehlungen veröffentlicht, die sich inhaltlich im Wesentlichen an den Empfehlungen aus Nordrhein-Westfalen orientieren.

Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehren 1998 [28]

Das erste Regelwerk der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen beschäftigt sich ausschließlich mit einstreifigen Kreisverkehren. Die grundsätzlichen Ge-

staltungsprinzipien sowie die Parameter der Entwurfselemente wurden im Wesentlichen aus den Empfehlungen des Landes Nordrhein-Westfalen [27] übernommen. Für Kreisverkehre außerhalb bebauter Gebiete wird eine großzügigere Gestaltung empfohlen.

Hinsichtlich der Führung des Radverkehrs werden die Empfehlungen des Landes Nordrhein-Westfalen [27] modifiziert. Nach wie vor werden der Mischverkehr sowie die Anlage kreisumlaufender Radwege als gleichwertige Führungsformen angesehen. Bei der Anlage von kreisumlaufenden Radwegen sind die Querungsstellen jedoch um 4 m von der Kreisfahrbahn abzusetzen.

Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren 2006 [29]

Das aktuelle Regelwerk der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen beschäftigt sich neben einstreifigen Kreisverkehren auch mit Minikreisverkehren sowie mit mehrstreifigen Kreisverkehren. Die grundsätzlichen Gestaltungsprinzipien der vorherigen Regelwerke werden nach wie vor übernommen. Im Detail werden jedoch Änderungen deutlich.

Gegenüber den bisherigen Regelwerken wird die Empfehlung großzügigerer Gestaltungsparameter empfohlen. Dies soll insbesondere die Befahrbarkeit für Schwerverkehr verbessern und Beschädigungen in den Randbereichen reduzieren. Die Grenzen der Gestaltungsparameter sind jedoch so gesetzt, dass nach wie vor eine geschwindigkeitsdämpfende Ausbildung des Kreisverkehrs erreicht wird.

Mit dem Ziel, eine eindeutige und allgemeinverständliche Regelung des Vorrangs für Fußgänger zu erzielen, wird an Kreisverkehren innerhalb bebauter Gebiete die Anlage von Fußgängerüberwegen über die Knotenpunktarme unabhängig von der Verkehrsbelastung empfohlen. Diese Empfehlung geht in erster Linie auf die Forschungsergebnisse von Haller, Lange, Alrutx, Stellmacher-Hein 2000 [7] zurück.

Bezogen auf den Radverkehr werden die Regelungen für einstreifige Kreisverkehre aus dem Merkblatt von 1998 [28] im Wesentlichen übernommen. Bei kreisum-

laufenden Radwegen wird innerhalb bebauter Gebiete nach wie vor die Abrückung der Radfahrerfurt von der Kreisfahrbahn um 4 bis 5 m empfohlen. Aufgrund der Forschungsergebnisse von Haller, Lange, Alrutz, Stellmacher-Hein 2000 [7] wird jedoch auch ein Heranrücken der Furt an die Kreisfahrbahn auf ein Maß von bis zu 2 m ermöglicht.

3.2 Gestaltungselemente

Die in dem aktuellen Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] empfohlenen Gestaltungsparameter sind von dem Grundgedanken einer möglichst geschwindigkeitsdämpfenden Ausbildung der Kreisverkehre geprägt. Um ein geringes Geschwindigkeitsniveau zu erzielen, werden die folgenden Gestaltungsgrundsätze als wesentlich angesehen:

- die Knotenpunktzufahrten sind möglichst senkrecht an die Kreisfahrbahn heranzuführen,
- die einfahrenden Kraftfahrer sind durch die Kreisinselform deutlich von ihrer Durchfahrt umzulenken.

Im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] werden die Gestaltungselemente von Kreisverkehren eingehend beschrieben. Im folgenden werden die wesentlichen Aussagen für einstreifige Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete zusammengefasst:

Außendurchmesser

Für einstreifige Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete wird ein Außendurchmesser von 26 m bis 40 m empfohlen. In begründeten Einzelfällen kann die Obergrenze auch überschritten werden. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn mehr als vier Knotenpunktarme angebunden werden, und dabei eine direkte Befahrbarkeit aller Fahrbeziehungen ermöglicht werden soll.

Kreisring

Die zur Sicherstellung der Befahrbarkeit erforderliche Breite des Kreisrings ist abhängig vom Außendurchmesser. Ein kleinerer Außendurchmesser macht einen breiteren Kreisring erforderlich. Insbesondere bei kleineren Außendurchmessern und damit breiteren Kreisringen wird die Unterteilung des Kreisrings in eine

Kreisfahrbahn und einen Innenring empfohlen. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Radverkehr auf der Kreisfahrbahn geführt wird. Dieser Innenring gehört verkehrsrechtlich nicht zur Fahrbahn und ist daher mittels Breitstrichmarkierung von der Fahrbahn abzugrenzen. Um die Befahrung durch Pkw unattraktiv zu machen, wird zur Abtrennung zusätzlich ein Bord mit einem Auftritt von 4 bis 5 cm empfohlen.

Knotenpunktzufahrten und Knotenpunktausfahrten

Die Zu- und Ausfahrten von Kreisverkehren sollen möglichst senkrecht auf die Kreisfahrbahn geführt werden. Die Fahrstreifenbreite der Zufahrten soll innerhalb bebauter Gebiete zwischen 3,25 m und 3,75 m betragen. In den Ausfahrten werden Fahrstreifenbreiten zwischen 3,50 m und 4,00 m empfohlen.

Die Eckausrundungen werden im Allgemeinen als einfache Kreisbögen ausgeführt. Innerhalb bebauter Gebiete werden für die Zufahrten Radien zwischen 10 und 14 m und für die Ausfahrten Radien zwischen 12 und 16 m empfohlen.

Fahrbahnteiler

In den Knotenpunktarmen sollen zwischen den Fahrstreifen der Zu- und Ausfahrten jeweils Fahrbahnteiler angelegt werden.

Kreisinsel

Die Kreisinsel stellt das zentrale Element des Kreisverkehrs dar. Sie sorgt für die Ablenkung der einfahrenden Kraftfahrer von der ungehinderten Durchfahrt und leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Geschwindigkeitsreduzierung und zur Verkehrssicherheit.

Die Ablenkung geradeaus fahrender Kraftfahrer durch die Kreisinsel soll das Zweifache der Fahrstreifenbreite der Knotenpunktzufahrten nicht unterschreiten. Sofern ein Innenring angelegt ist, wird die dadurch erzielte Ablenkung in die Berechnung des Ablenkmaßes einbezogen.

Die folgende Abbildung verdeutlicht das Prinzip der Ablenkung.

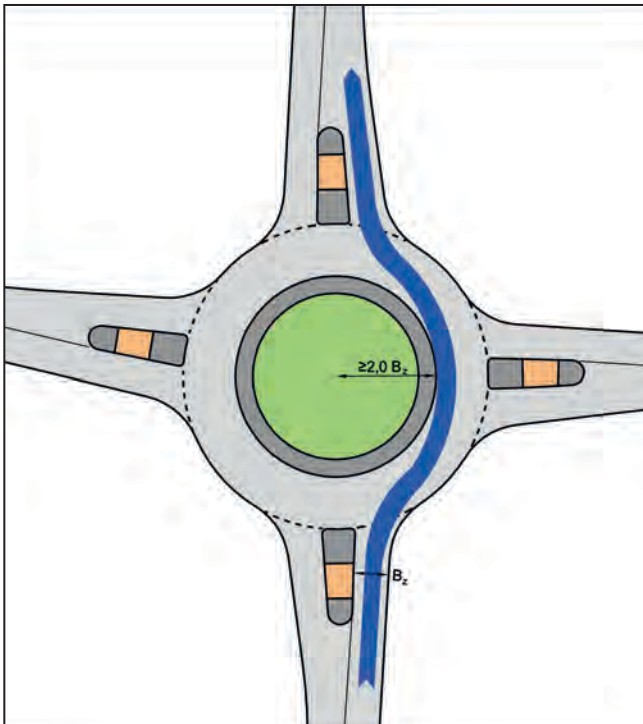


Abbildung 1: Ablenkung geradeausfahrender Kraftfahrzeuge (Eigene Darstellung nach Vorlage [29])

Die Darstellung verdeutlicht auch, dass eine ausreichende Ablenkung nur bei richtiger Platzierung der Kreisinsel erreicht werden kann. Idealerweise ist der Mittelpunkt der Kreisinsel in den Schnittpunkt der Achsen der Knotenpunktarme zu legen.

Führung der Fußgänger

Gemäß [29] sind innerhalb bebauter Gebiete in allen Knotenpunktarmen grundsätzlich Fahrbahnteiler mit Überquerungsmöglichkeiten für Fußgänger vorzusehen. Nur bei schwach belasteten Knotenpunktarmen oder bei Teilaufpflasterungen kann auf Fahrbahnteiler verzichtet werden.

Die Querungsstellen sollen maximal 5 m (gemessen in der Achse des Fahrbahnteilers) von der Kreisfahrbahn abgesetzt werden. Bei einer vorgelagerten Radfahrerfurt kann die Abrückung auch bis zu 8 m betragen.

An einstreifigen Kreisverkehren innerhalb bebauter Gebiete wird die Ausbildung der Querungsstellen als Fußgängerüberwege (Zeichen 293 StVO) empfohlen.

Führung der Radfahrer

Gemäß Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] ist die Führung der Radfahrer im Mischverkehr bei Verkehrsbelastungen bis zu 15.000 Kfz/24 h (Summe des zuführenden Verkehrs) zu empfehlen. Bei höheren Verkehrsbelastungen weichen Radfahrer zunehmend auf die Gehwege aus. Durch einen baulich angelegten und mit einem Bord abgesetzten Innenring soll das Überholen von Radfahrern durch Kraftfahrer weitgehend unterbunden werden. Gemäß Merkblatt besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit in den Knotenpunktarmen durchlaufende Radwege am Kreisverkehr zu unterbrechen und den Radverkehr auf der Kreisfahrbahn zu führen. In diesen Fällen wird allerdings empfohlen, zu prüfen, ob die Gehwege zusätzlich zur Mitbenutzung durch Radfahrer frei gegeben werden können.

Die Führung auf umlaufenden Radwegen kommt insbesondere dann in Betracht, wenn in den Knotenpunktarmen baulich angelegte Radwege vorhanden sind. An den Querungsstellen ist der Radverkehr in der Regel bevorrechtigt. Sofern Fußgängerüberwege angelegt sind, ist die Bevorrechtigung des Radverkehrs zwingend erforderlich. An den Querungsstellen sollen die bevorrechtigten Furten nach Möglichkeit um 4 bis 5 m von der Kreisfahrbahn abgesetzt werden.

Die vorfahrtrechtliche Unterordnung der Radfahrer an den Querungsstellen wird innerhalb bebauter Gebiete nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Für Kreisverkehre außerhalb bebauter Gebiete ist die Unterordnung die Standardlösung. Die Querungsstellen sollen dann um 5 m von der Kreisfahrbahn abgesetzt werden. Die Unterordnung ist durch verkleinerte Zeichen 205 StVO anzuzeigen.

4 Auswertung der amtlichen Unfallstatistik

4.1 Grundsätzliches

Die Sicherheit bzw. Unsicherheit von Verkehrsanlagen manifestiert sich vor allem im Unfallgeschehen. Die amtliche Verkehrsunfallanzeige wurde in den Ländern

Bayern und Nordrhein-Westfalen im Feld „Besonderheit der Unfallstelle“ um den Eintrag Kreisverkehr erweitert. Auf diese Weise ist es in diesen Bundesländern möglich, Kreisverkehre als Unfallstelle besonders kenntlich zu machen. In allen übrigen Bundesländern wird dieses Merkmal nicht systematisch erhoben.

Die Auswertung der Daten der amtlichen Unfallstatistik liefert einen ersten Überblick über das Sicherheitsniveau von Kreisverkehren. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Gestaltungsvarianten bei Kreisverkehren vielfältig sind. Die Erfahrung zeigt, dass die Gestaltungsregeln für Kreisverkehre in den vergangenen Jahrzehnten mehrmals verändert wurden und in vielen Fällen auch Sonderlösungen umgesetzt wurden, die sich teilweise als problematisch herausgestellt haben. Bezogen auf Kreisverkehre werden beispielsweise der Kreisverkehrstyp (Minikreisverkehr, einstreifig, mehrstreifig) ebensowenig berücksichtigt, wie bauliche Besonderheiten.

4.2 Nordrhein-Westfalen

4.2.1 Unfallgeschehen

Die Unfalldaten der Unfallkategorien 1 bis 4 und 6 der Jahre 2004 bis 2009 wurden vom Landesamt für Zentrale Polizeiliche Dienste Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellt. Die sogenannten „Bagatellunfälle“ (Unfallkategorie 5) werden von der Polizei nur quantitativ, aber nicht detailliert erfasst. Da die Daten nach Regierungsbezirken getrennt waren, wurden sie zur einfacheren Auswertung in einer Datenbank zusammengeführt. Zunächst erfolgte eine Auswahl aller Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften.

Von 397.647 Unfällen der Kategorien 1 bis 4 und 6 innerhalb geschlossener Ortschaften in den Jahren 2004 bis 2009 geschahen knapp 54 % an Knotenpunkten (Kreuzungen oder Einmündungen). Der auf Kreisverkehre entfallende Anteil ist mit ca. 1,5 % (5.811 Unfälle) sehr gering. Da allerdings keine zuverlässigen Angaben über die Häufigkeit von Kreisverkehren im Straßennetz existieren, lässt sich allein aus dieser Anzahl keine Aussage über die

Sicherheit oder Unsicherheit dieses Netzelementes ableiten. Abbildung 2 zeigt die Anteile verschiedener Netzelemente am Unfallgeschehen der Jahre 2004 bis 2009.

Der Vollständigkeit halber ist zu berücksichtigen, dass es einzelne wenige Unfälle auch an signalgeregelten Kreisverkehren gegeben hat, die der Gruppe der signalgeregelten Knotenpunkte zugeordnet wurden.

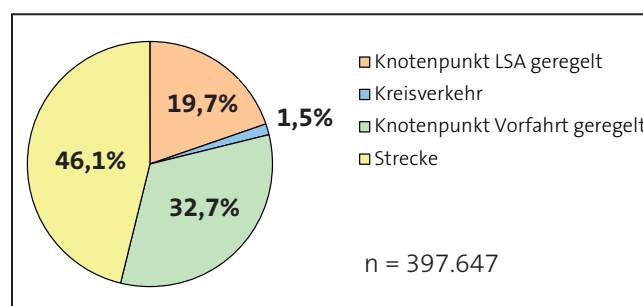


Abbildung 2: Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften in NRW 2004-2009

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung des Unfallgeschehens innerhalb geschlossener Ortschaften über die Jahre 2004 bis 2009. Dabei ist ein Anstieg sowohl der absoluten als auch der relativen Unfallzahl an Kreisverkehren feststellbar. Der relative Anteil am gesamten Unfallgeschehen innerorts stieg im Analysezeitraum von 1,06 % auf 1,82 %. Dieser Anstieg ist möglicherweise auch auf die deutliche Zunahme von Kreisverkehren im Straßennetz zurückzuführen.

Abbildung 4 zeigt wie Abbildung 3 die Entwicklung des Unfallgeschehens innerhalb geschlossener Ortschaften über die Jahre 2004 bis 2009, jedoch nur mit Beteiligung von Radfahrern. Dabei ist erkennbar, dass der Anteil der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung am gesamten Unfallgeschehen erheblich ist. Der relative Anteil am gesamten Unfallgeschehen stieg im Analysezeitraum von 1,78 % auf 2,70 %.

4.2.2 Unfallschwere

Je nach schwerster Unfallfolge wird jeder Unfall einer Unfallkategorie zugeordnet. Dabei sind Unfälle mit Personenschaden in den Kategorien 1 (Getötete), 2

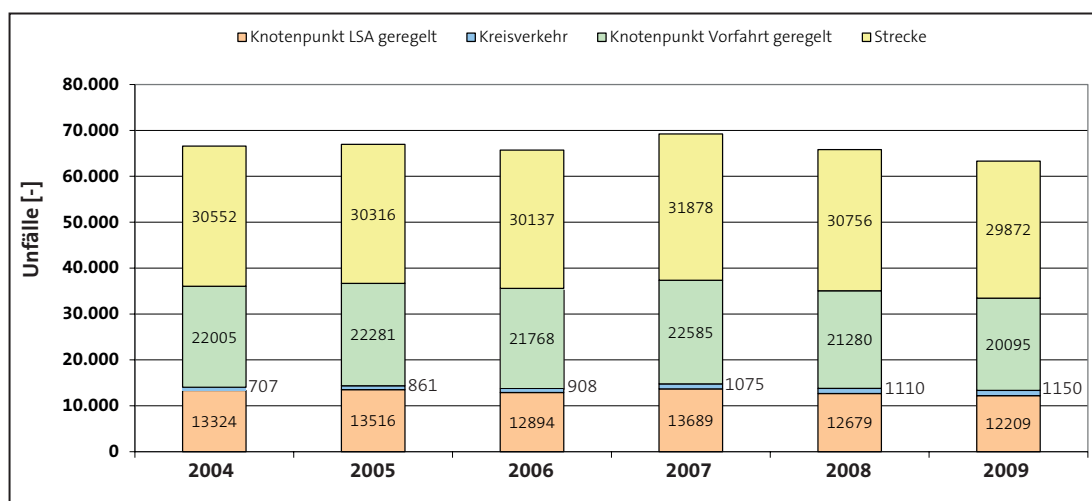


Abbildung 3: Entwicklung der Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften von 2004 bis 2009

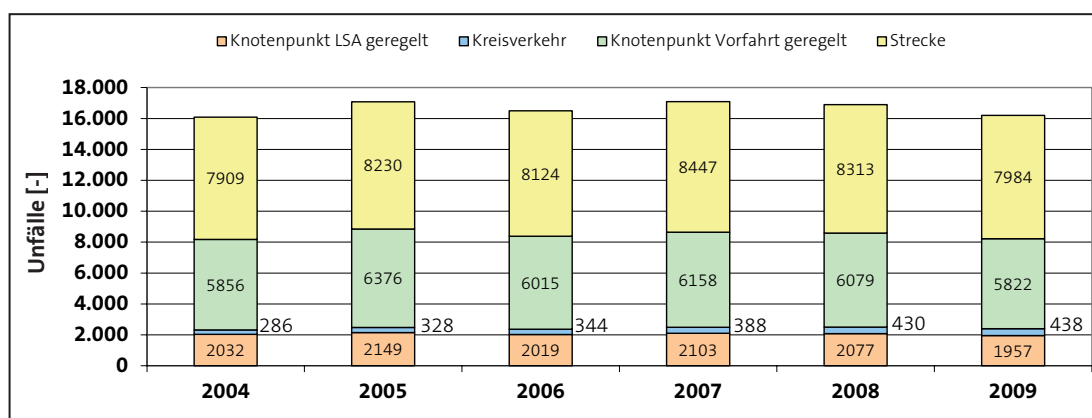


Abbildung 4: Entwicklung der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung innerhalb geschlossener Ortschaften von 2004 bis 2009

(Schwerverletzte) und 3 (Leichtverletzte) definiert. Bei den folgenden Betrachtungen ist zu berücksichtigen, dass die Unfalldaten der Bagatellunfälle (Kategorie 5) nicht verfügbar waren. Insofern ist die Aussagekraft der allgemeinen Unfallstatistik eingeschränkt, da bisherige Erfahrungen zeigen, dass das Unfallgeschehen an Kreisverkehren aufgrund des geringeren Geschwindigkeitsniveaus besonders von diesen leichten Unfällen geprägt ist, während schwere Unfälle seltener vorkommen.

Im Weiteren wurde das Unfallgeschehen an Kreisverkehren im Vergleich zu signalgeregelten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten ausgewertet. Bei signalgeregelten Knotenpunkten wurden allerdings nur diejenigen Unfälle berücksichtigt, die bei eingeschalteter Signalan-

lage geschehen sind. Der Anteil der Unfälle bei ausgeschalteter Signalanlage liegt bei ca. 6,8 % der schweren Unfälle an signalgeregelten Knotenpunkten innerhalb bebauter Gebiete.

Abbildung 5 zeigt die Anteile der einzelnen Unfallkategorien 1 bis 3 an den Unfällen mit Personenschaden der drei Knotenpunktformen. Dabei ist erkennbar, dass der Anteil der Unfälle mit Schwerverletzten (Kategorie 2) an Kreisverkehren niedriger ist, als an den übrigen beiden Knotenpunktformen.

Abbildung 6 zeigt den Anteil der Unfälle mit Personenschaden am Unfallgeschehen von Kreisverkehren, signalgeregelten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten.

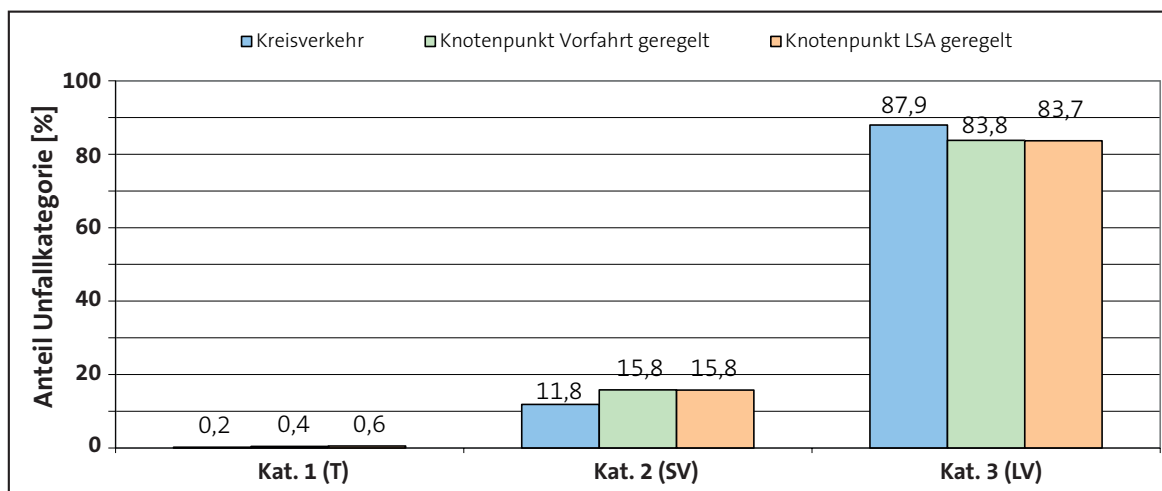


Abbildung 5: Anteile der Unfallkategorien 1 bis 3 am Unfallgeschehen mit Personenschaden der Knotenpunktformen

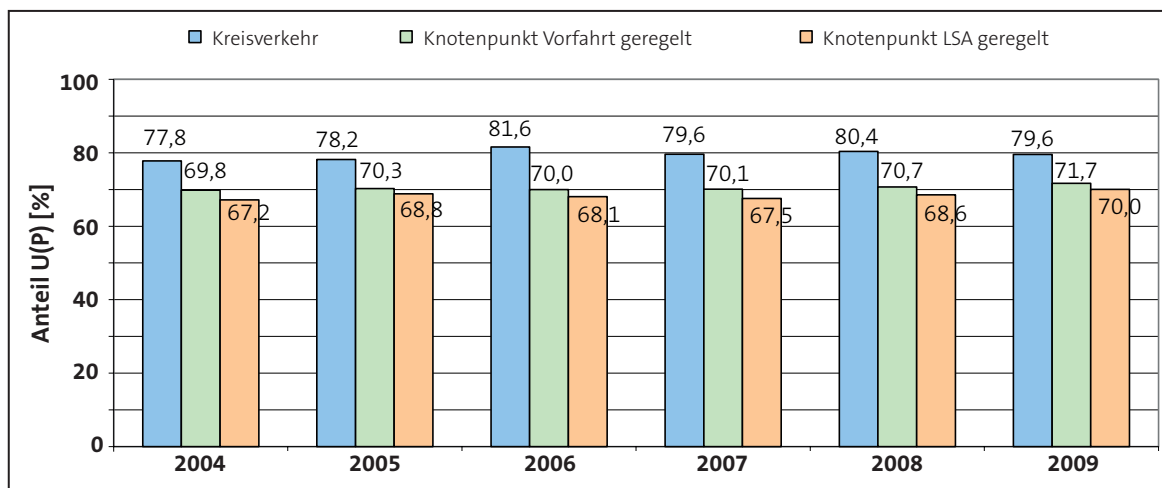


Abbildung 6: Anteil der Unfälle mit Personenschaden an den schweren Unfällen der Knotenpunktformen (Kategorie 1 bis 4, 6)

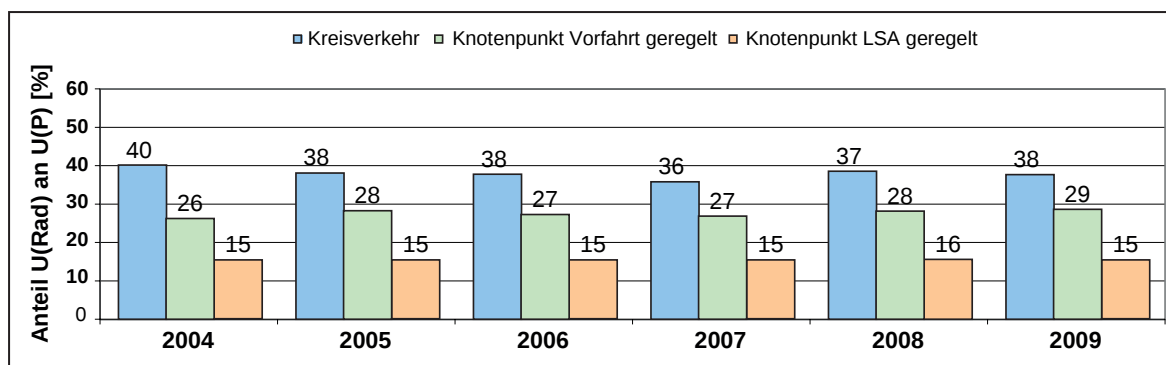


Abbildung 7: Anteil der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung an allen Unfällen mit Personenschaden

Über die Jahre 2004 bis 2009 bleibt der jeweilige Anteil relativ konstant, wobei an Kreisverkehren bei ca. 79 % aller schweren Unfälle Personen verletzt werden, während der Anteil bei signalgeregelten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten zwischen 67 % und 70 % beträgt. Bei vorfahrtgeregelten Knotenpunkten liegt der Anteil geringfügig höher als bei signalgeregelten Knotenpunkten.

Insgesamt wurden in den Jahren 2004 bis 2009 an Kreisverkehren innerhalb geschlossener Ortschaften 4.998 Personen verletzt und 10 Personen getötet. An signalgeregelten Kreuzungen und Einmündungen innerorts waren 72.704 Verletzte und 321 Getötete zu beklagen. An vorfahrtgeregelten Kreuzungen und Einmündungen innerhalb geschlossener Ortschaften wurden in diesem Zeitraum 389 Personen getötet und 107.764 Personen verletzt.

Abbildung 7 zeigt den Anteil der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung an allen Unfällen mit Personenschaden. Dabei ist erkennbar, dass Radfahrer an Kreisverkehren doppelt so häufig in Unfälle mit Personenschaden verwickelt werden als an signalgeregelten Knotenpunkten. Auch im Vergleich zu vorfahrtgeregelten Knotenpunkten ist der Anteil der Radfahrerbeteiligung an Unfällen mit Personenschaden um ein Drittel höher.

Mit Hilfe von Unfallkostensätzen, die von der Bundesanstalt für Straßenwesen zuletzt für das Jahr 2004 veröffentlicht wurden [30] lässt sich eine monetäre Bewertung der Unfallfolgen vornehmen. Tabelle 1 zeigt die Kostensätze je verunglückter Person, Tabelle 2 zeigt die entsprechenden Kostensätze für die bei einem Unfall der jeweiligen Kategorie zusätzlich zu berücksichtigenden Sachschäden.

Mit diesen Kostensätzen lassen sich die angepassten Unfallkosten je Unfall mit Personenschaden an einem Kreisverkehr und an einer signalgeregelten Kreuzung errechnen. Das Ergebnis über die einzelnen Jahre des Unfallkollektivs ist in Abbildung 8 dargestellt.

Es ist erkennbar, dass Unfälle mit Personenschaden an Kreisverkehren innerorts bis zu 30 % geringere Unfallkosten verursachen.

Tabelle 1: Kostensätze für Personenschaden je verunglückte Person

Personenschaden	Kostensatz
Getötete (T)	1.161.885 €
Schwerverletzte (SV)	87.269 €
Leichtverletzte (LV)	3.885 €

Tabelle 2: Kostensätze für Sachschaden je Unfall

Sachschaden	Kostensatz
Unfall mit Getöteten	28.450 €
Unfall mit Schwerverletzten	13.808 €
Unfall mit Leichtverletzten	10.038 €

4.2.3 Verkehrsbeteiligung

Nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer sind an Knotenpunkten aufgrund der Querungsvorgänge besonders gefährdet. Die Art der Verkehrsteilnahme ist für jeden Unfallbeteiligten kodiert. Dabei steht die 71 für Radfahrer, die Ziffer 81 beschreibt Fußgänger als Unfallbeteiligte. Abbildung 9 zeigt den Anteil von Fußgängern und Radfahrern am Unfallgeschehen mit Personenschaden an den Kreisverkehren, an vorfahrt- und signalgeregelten Knotenpunkten innerorts in NRW.

Es zeigt sich, dass bei Kreisverkehren in mehr als der Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden ein nicht motorisierter Verkehrsteilnehmer beteiligt ist. Hierbei handelt es sich in der ganz überwiegenden Mehrheit um Radfahrer. Bei vorfahrtgeregelten Knotenpunkten liegt der Anteil auf einem fast gleich hohen Niveau. Bei signalgeregelten Knotenpunkten ist bei etwa 4 von 10 Unfällen mit Personenschaden ein Fußgänger oder Radfahrer beteiligt. Hier ist der Anteil der Fußgänger deutlich höher als an Kreisverkehren.

Abbildung 10 zeigt die Auswertung der Unfälle mit Personenschaden an den drei Knotenpunktformen innerorts im Hinblick auf die Beteiligung von Kindern im schulpflichtigen Alter und Jugendlichen. Es zeigt sich, dass an

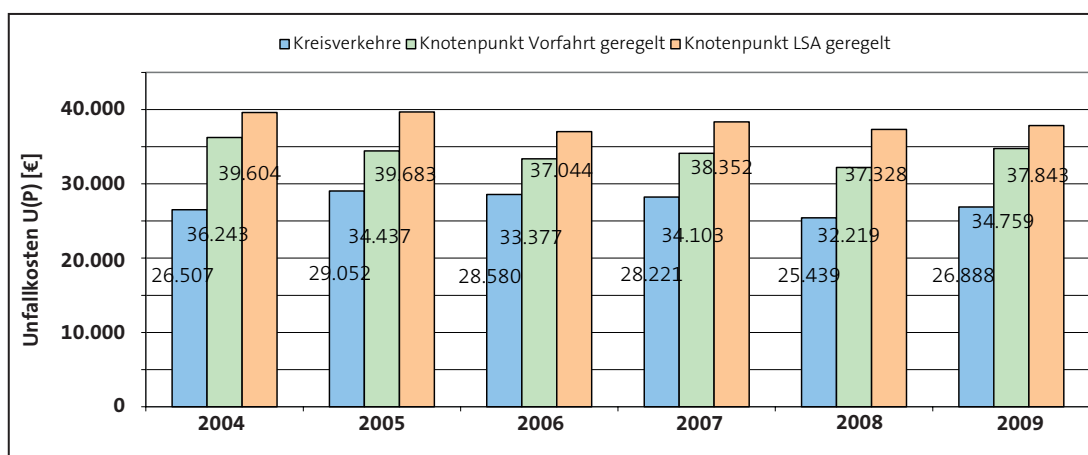


Abbildung 8: Unfallkosten der Unfälle mit Personenschaden je Unfall und Knotenpunktform

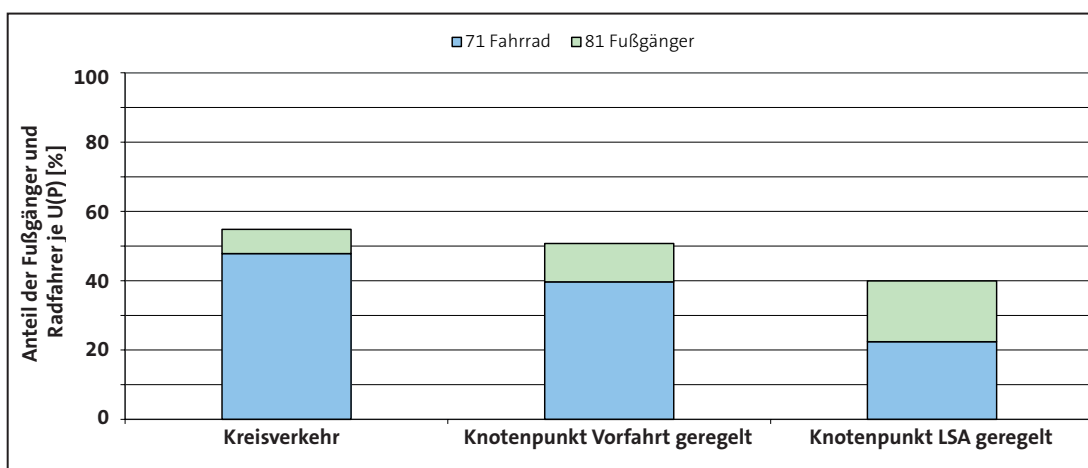


Abbildung 9: Anteil nicht motorisierter Verkehrsteilnehmer je Unfall mit Personenschaden an den Knotenpunktformen

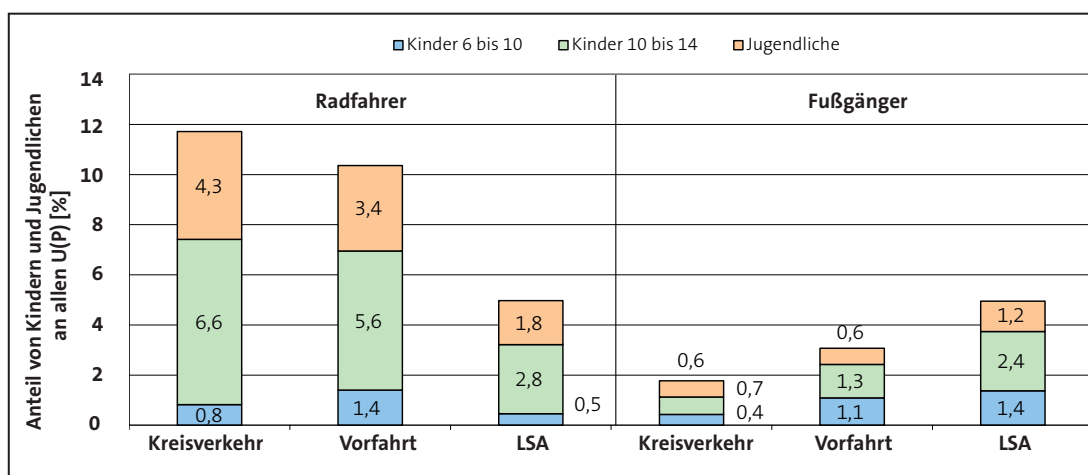


Abbildung 10: Anteil von Kindern und Jugendlichen am Unfallgeschehen mit Personenschaden

signalgeregelten Knotenpunkten Kinder und Jugendliche in etwa zu gleichen Anteilen sowohl als Radfahrer als auch als Fußgänger verunglücken. An Kreisverkehren und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten verunglücken insbesondere Kinder die älter als 10 Jahre sind und Jugendliche besonders häufig als Radfahrer.

4.2.4 Unfallstruktur

Der Verkehrsvorgang, der für die Unfallentstehung entscheidend war, ist mit Hilfe des Unfalltyps ablesbar. Die Auswertung der Unfalltypen für die beiden Knotenpunktformen Kreisverkehr und signalgeregelter Knotenpunkt gibt die Struktur des Unfallgeschehens wieder.

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der einzelnen Unfalltypen 1 bis 7 am gesamten Unfallkollektiv für die drei Knotenpunktformen innerhalb geschlossener Ortschaften. Für Kreisverkehre ist ablesbar, dass mehr als die Hälfte der Unfälle auf Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle (Unfalltyp 3) entfällt. Dabei handelt es sich in der Regel um die Vorfahrtmissachtung eines wartepflichtigen Fahrzeuges bei der Einfahrt in den Kreis. Immerhin noch jeder siebte Unfall an Kreisverkehren innerorts war ein Fahrnfall (Unfalltyp 1) und nahezu ebenso häufig geschahen Abbiegeunfälle (Unfalltyp 2).

Vorfahrtgeregelte Knotenpunkte weisen eine sehr ähnliche Unfallstruktur auf. An Knotenpunkten mit Lichtsi-

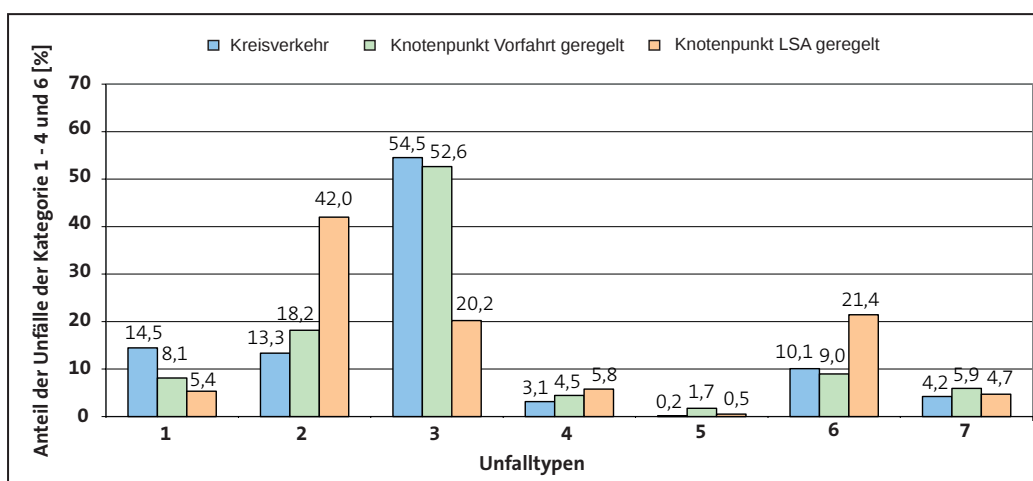


Abbildung 11: Unfallstruktur der Unfälle Kategorie 1 bis 4 und 6 für die Knotenpunktformen

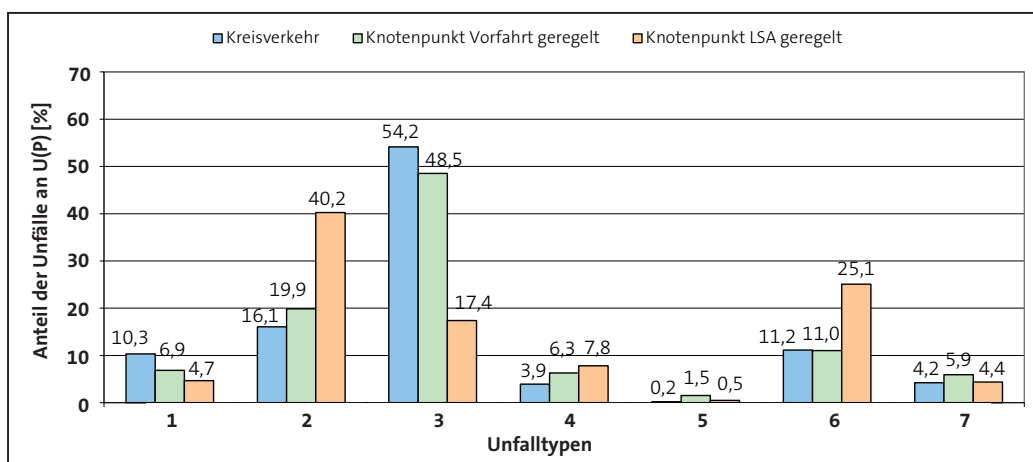


Abbildung 12: Unfallstruktur der Unfälle mit Personenschaden (Kategorie 1 bis 3) für die Knotenpunktformen

gnalanlage dominieren dagegen die Abbiegeunfälle (Unfalltyp 2) mit 42 %.

Bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden ergibt sich an Kreisverkehren kein grundsätzlich anderes Bild. Der Anteil der Abbiegeunfälle (Unfalltyp 2) liegt etwas höher. Demgegenüber ist der Anteil der Fahrurufälle niedriger.

5 Unfallanalyse

5.1 Vorgehensweise

Im Rahmen der Untersuchung wurde das Unfallgeschehen an 100 Kreisverkehren analysiert. Die Analyse erfolgte auf der Grundlage der polizeilichen Unfallprotokolle der Jahre 2008 bis 2010. Dabei wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:

- Auswahl von 100 Fallbeispielen
- Datenerhebung (Knotenpunktdaten, Daten zur Verkehrsnachfrage, Unfalldaten)
- Analyse der Unfallstruktur an den 100 Kreisverkehren
- Bewertung der Verkehrssicherheit anhand der Unfallkenngrößen
- Untersuchung von Zusammenhängen zwischen den Unfallkenngrößen und der Knotenpunktgeometrie

5.2 Auswahl der Knotenpunkte

5.2.1 Recherche

Bei der Recherche geeigneter Kreisverkehre wurde bewusst auf eine systematische Abfrage bei den Straßenbaulastträgern verzichtet. Angesichts der Vielzahl der bisher in Deutschland realisierten Kreisverkehre wäre eine Vielzahl von Nennungen wahrscheinlich gewesen. Darunter wären jedoch zahlreiche Kreisverkehre gewesen, die hinsichtlich ihrer Gestaltung oder ihrer verkehrlichen Parameter nicht den Auswahlkriterien entsprechen.

Dem Forschungsnehmer liegt eine Datenbank mit mehreren hundert Kreisverkehren vor, die überwiegend in Nordrhein-Westfalen verortet sind. In einem ersten

Schritt wurden aus dieser Datenbank etwa 300 Kreisverkehre für die weiteren Auswahlstufen ausgewählt. In weiteren Bundesländern erfolgte zudem eine systematische Recherche innerörtlicher Kreisverkehre mit Hilfe von Luftbildern. Hierdurch wurden weitere etwa 200 Kreisverkehre zusammengetragen.

5.2.2 Auswahlkriterien

Aus den etwa 500 Kreisverkehren wurde in mehreren Schritten 100 Kreisverkehre für die weiteren Untersuchungen ausgewählt. Dabei wurden die folgenden Kriterien zugrunde gelegt:

- Lage innerhalb bebauter Gebiete
- weitestgehend regelkonforme Gestaltung (Merkblatt 1998 [28], Merkblatt 2006 [29])
- Jahr der Verkehrsfreigabe vor 2008
- Lage in unterschiedlichen Bundesländern
- Unterschiedliche Siedlungsstrukturen (großstädtisch, dörflich)
- Unterschiedliche Randnutzungen (z. B. Zentrum, Wohngebiet, Gewerbegebiet)
- Unterschiedliche Führungsformen für Radfahrer und Fußgänger
- Unterschiedliche Verkehrsbelastungsniveaus mit Kfz-, Rad- und Fußverkehr

Ergänzend ist anzumerken, dass einige Kreisverkehre nicht berücksichtigt werden konnten, da von Seiten der Baulastträger oder der zuständigen Polizeibehörden keine Bereitschaft zur Zusammenarbeit bestand.

5.2.3 Merkmale der ausgewählten Knotenpunkte

Verteilung nach Bundesländern

Die 100 Kreisverkehre verteilen sich auf zehn Bundesländer. Der Großteil der Kreisverkehre (60 Anlagen) ist dabei in Nordrhein-Westfalen verortet. Danach folgen die Bundesländer Baden-Württemberg mit 11 Anlagen und Niedersachsen mit acht Anlagen.

Abbildung 13 zeigt die Aufteilung der Anlagen auf die einzelnen Bundesländer.

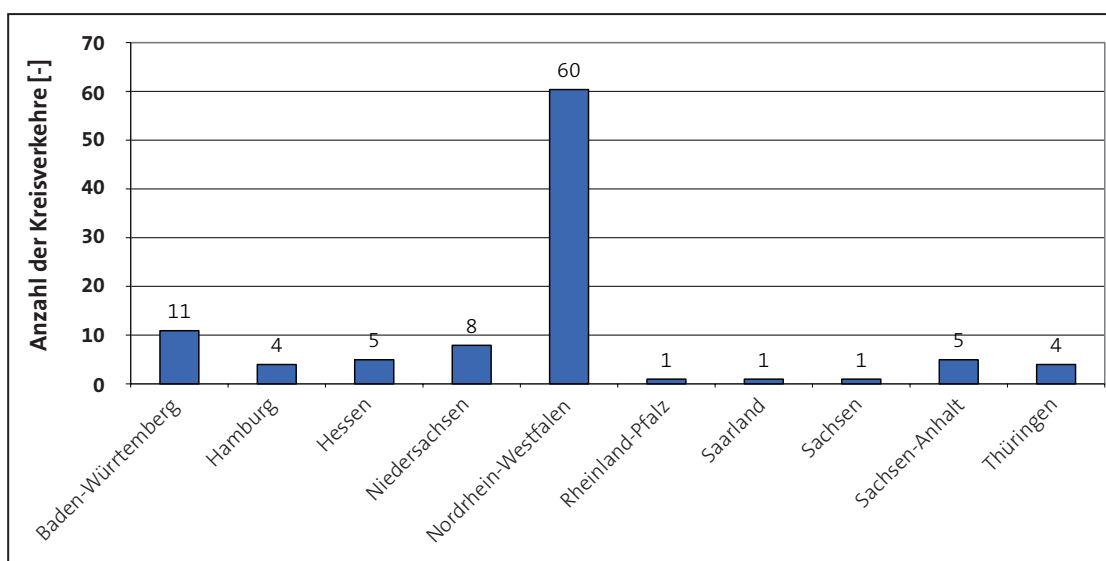


Abbildung 13: Verteilung Kreisverkehre nach Bundesländern

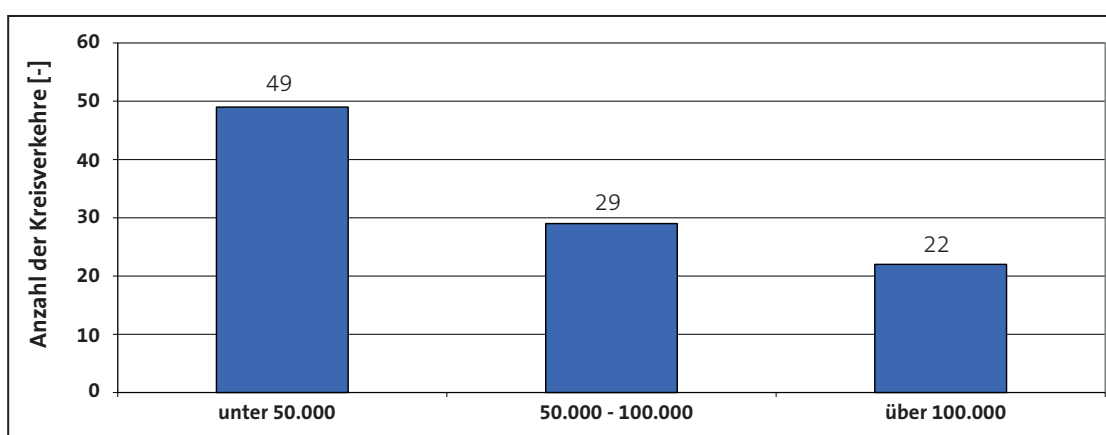


Abbildung 14: Kreisverkehre nach Stadtgröße [Einwohner]

Siedlungsstruktur

Auftragsgemäß wurden ausschließlich Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete untersucht. Der Großteil der Kreisverkehre liegt mit 49 Anlagen in Städten und Gemeinden mit unter 50.000 Einwohnern. 22 Kreisverkehre liegen in Großstädten mit über 100.000 Einwohnern.

Abbildung 14 zeigt die Anzahl der Kreisverkehre nach Stadtgröße.

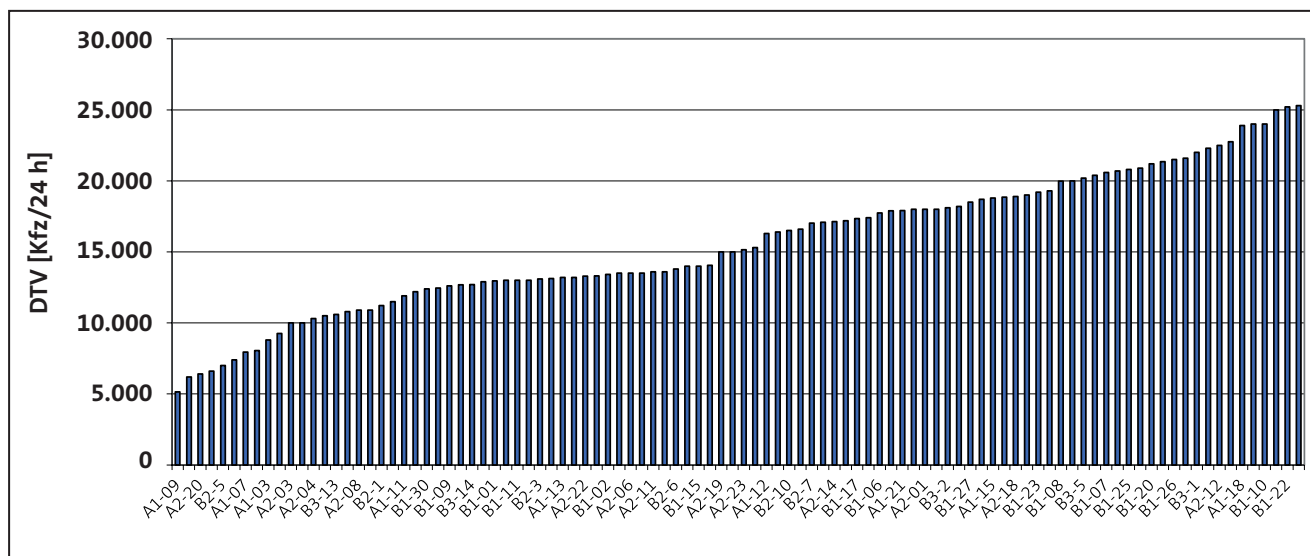


Abbildung 15: Kfz Verkehrsbelastungen in Kfz/24 h

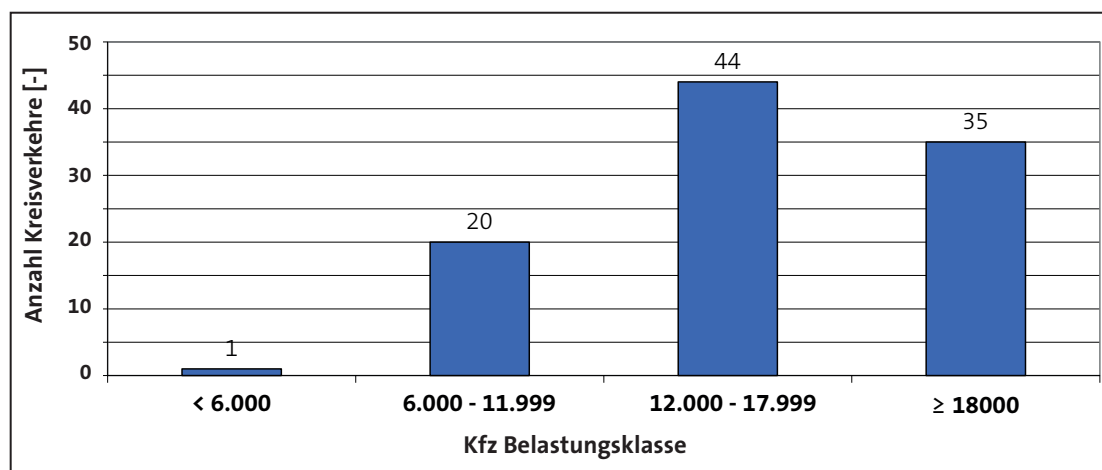


Abbildung 16: Kreisverkehre nach Kfz-Belastungsklassen [Kfz/24 h]

Verkehrsbelastungen Kfz

Bei der Auswahl der Kreisverkehre wurde besonderer Wert darauf gelegt, mittel und höher belastete Kreisverkehre zu berücksichtigen. Die Verkehrsbelastungen der untersuchten Anlagen reichen von etwa 5.000 Kfz/24 h bis über 25.000 Kfz/24 h.

Die Abbildung 15 zeigt die Verkehrsbelastungen an allen untersuchten Kreisverkehren.

Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Kreisverkehre nach Belastungsklassen. Der Schwerpunkt der untersuchten Kreisverkehre liegt mit 44 Anlagen im mittleren Belastungsbereich zwischen 12.000 und 18.000 Kfz/24 h. Aber auch die hoch belasteten Kreisverkehre mit über 18.000 Kfz/24 h sind mit insgesamt 35 Anlagen stark vertreten.

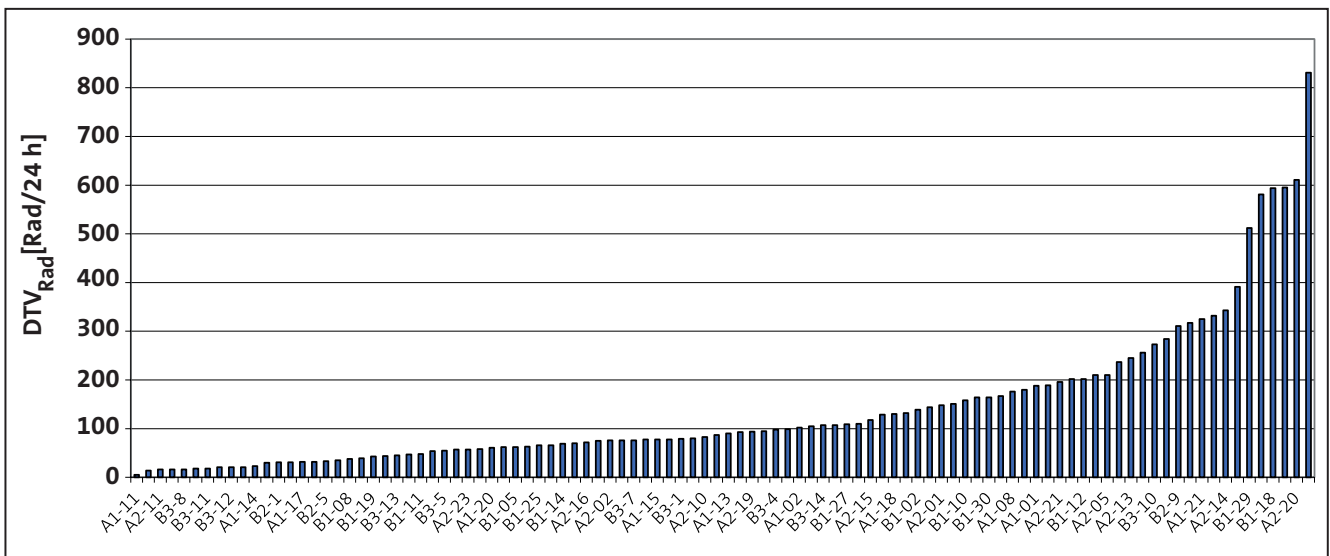


Abbildung 17: Radfahrer-Verkehrsbelastungen in Rad/24 h

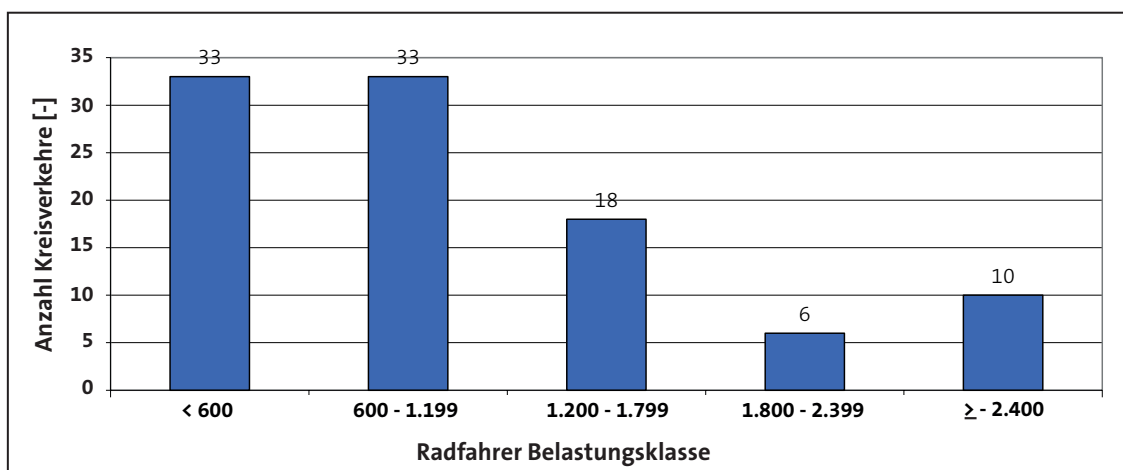


Abbildung 18: Kreisverkehre nach Radfahrer-Belastungsklassen

Verkehrsbelastungen Radfahrer

Abbildung 17 zeigt die Radverkehrsbelastungen an den untersuchten Kreisverkehren pro 24 h. Etwa ein Drittel der Kreisverkehre weist besonders hohe Radverkehrsbelastungen von über 1.200 Radfahrern pro 24 h auf. An zwei Anlagen wurden über 5.000 Radfahrer pro 24 h gezählt.

Abbildung 18 zeigt die Verteilung der Kreisverkehre nach Belastungsklassen.

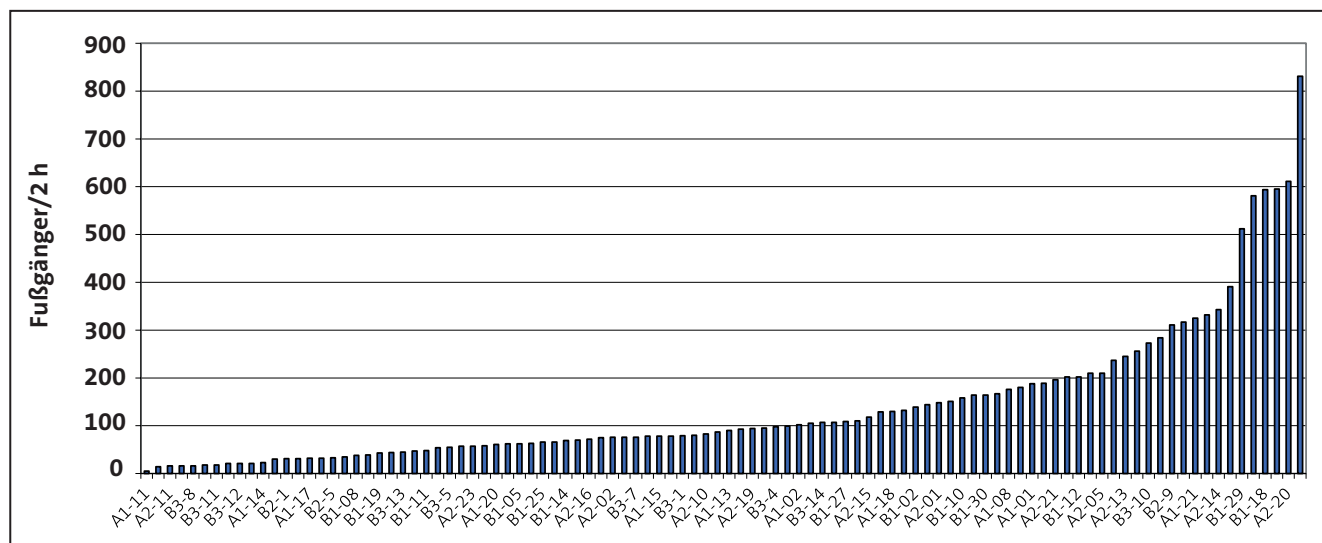


Abbildung 19: Querende Fußgänger pro 2 h

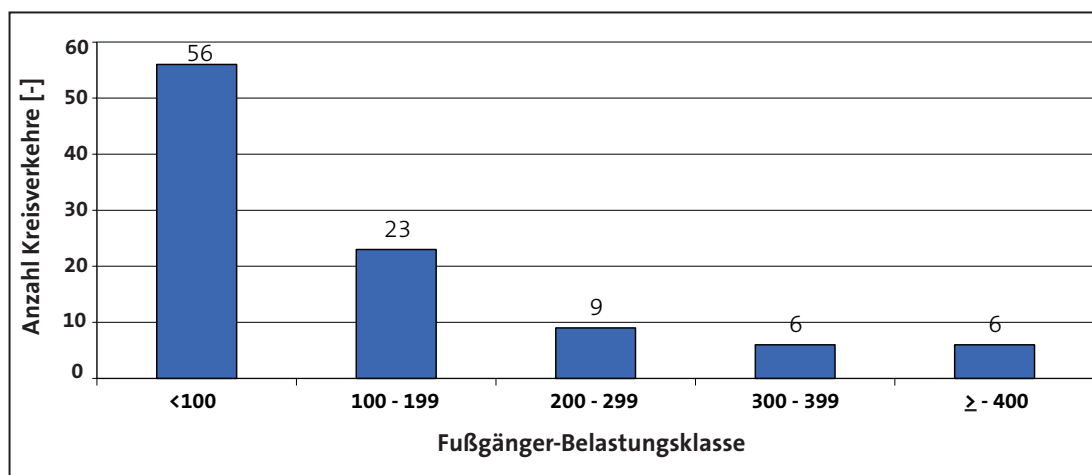


Abbildung 20: Kreisverkehre nach Fußgänger-Belastungsklassen [Fußgänger/2 h]

Verkehrsbelastungsniveau Fußgänger

Abbildung 19 zeigt die Anzahl der querenden Fußgänger an den untersuchten Kreisverkehren pro 2 h. Etwa die Hälfte der Kreisverkehre weist ein Belastungsniveau von mindestens 100 querenden Fußgängern pro 2 h auf. An einer Anlage wurden über 800 querende Fußgänger pro 2 h gezählt.

Abbildung 20 zeigt die Verteilung der Kreisverkehre nach Fußgänger-Belastungsklassen.

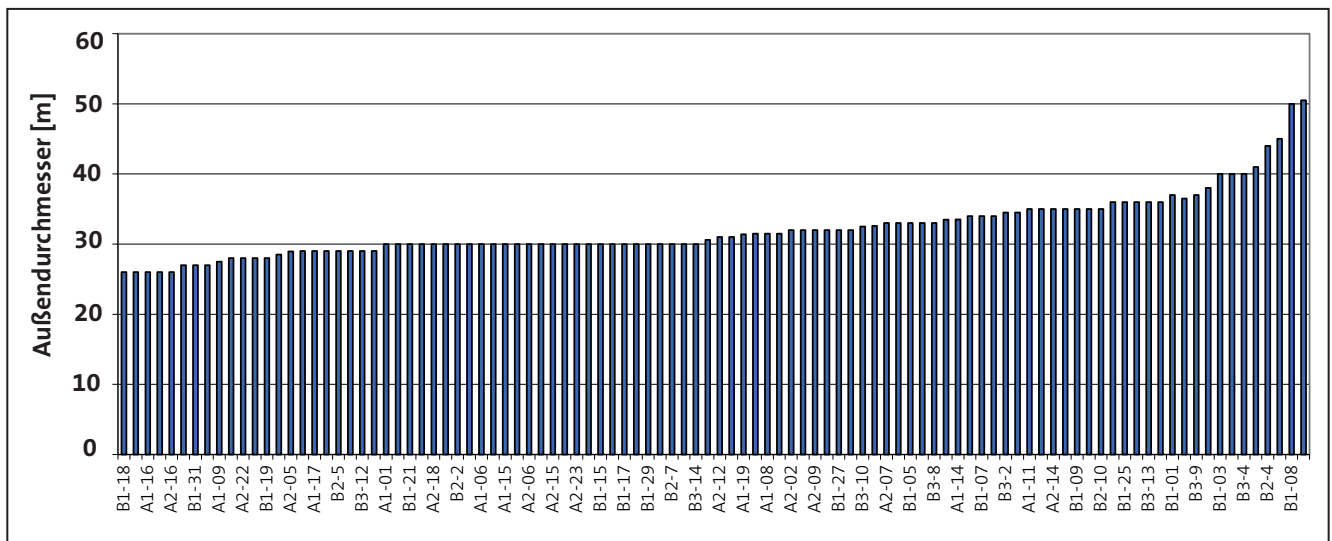


Abbildung 21: Außendurchmesser

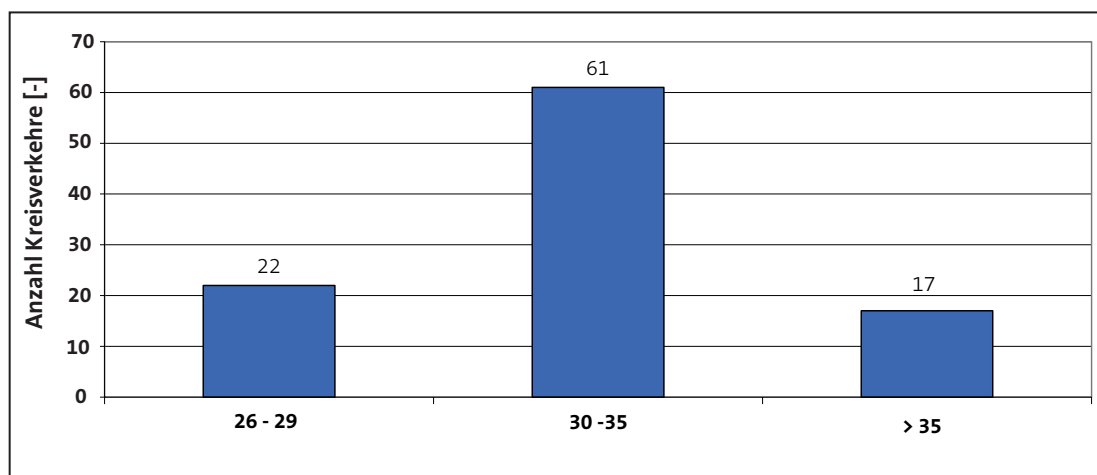


Abbildung 22: Kreisverkehre nach Außendurchmesserklassen

Außendurchmesser

Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete sollten einen Außendurchmesser zwischen 26 m und 40 m haben. Der Großteil der untersuchten Kreisverkehre (95 Anlagen) liegt innerhalb dieses Bereichs. In bestimmten Fällen, z.B. bei mehr als vier Knotenpunktarmen oder bei spitzwinkligen Einmündungen, ist zur Sicherstellung der Befahrbarkeit ein größerer Außendurchmesser zu wählen. Von den untersuchten Kreisverkehren weisen 17 Anlagen einen größeren Außendurchmesser als 35 m auf.

Abbildung 22 zeigt die Verteilung der Kreisverkehre nach Außendurchmesserklassen.

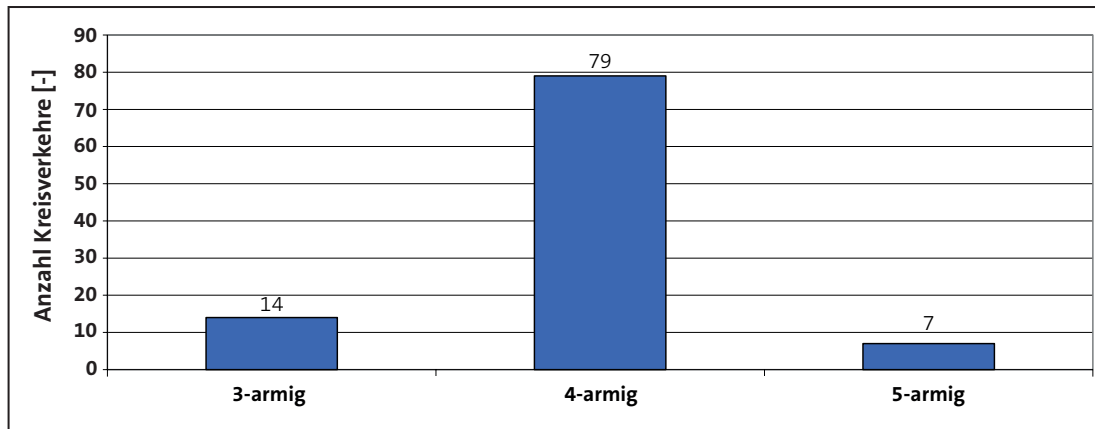


Abbildung 23: Kreisverkehre nach Anzahl der Knotenpunktarme

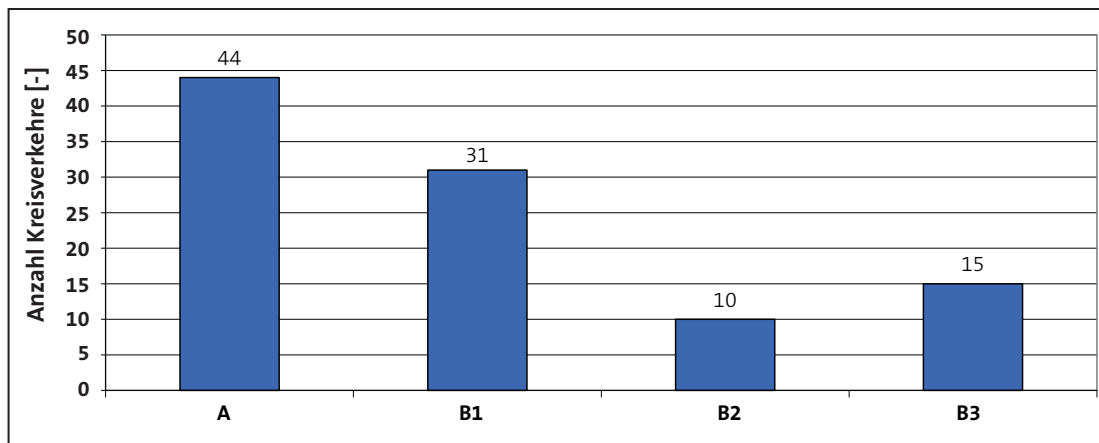


Abbildung 24: Kreisverkehre nach Führungsformen Radverkehr

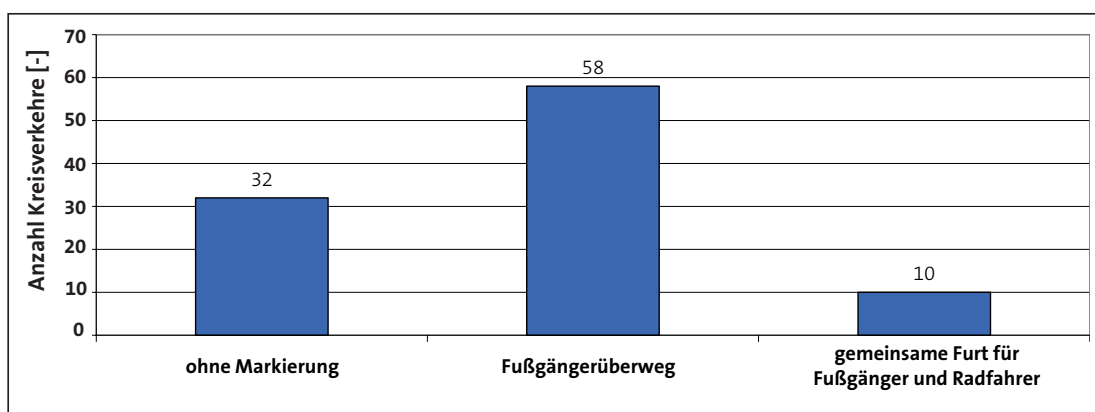


Abbildung 25: Kreisverkehre nach Ausbildung der Fußgängerquerungsstellen

Anzahl der Knotenpunktarme

Von den untersuchten Kreisverkehren sind 79 Anlagen 4-armig, 14 Anlagen 3-armig und sieben Anlagen 5-armig.

Führungsformen Radverkehr

Für die Untersuchung wurden die Kreisverkehre in die folgenden vier Führungsformen unterteilt:

- Mischverkehr mit und ohne Radverkehrsanlagen in den Knotenpunktarmen (Kategorie A)
- Umlaufende Radwege mit bevorrechtigter Radfahrerfurt (Kategorie B1)
- Umlaufende Radwege mit gemeinsamer Furt für Fußgänger und Radfahrer (Kategorie B2)
- Umlaufende Radwege mit vorfahrtrechtlicher Unterordnung der Radfahrer an den Querungsstellen (Kategorie B3)

Abbildung 24 zeigt die Aufteilung der Kreisverkehre auf die Führungsformen.

Ausbildung der Fußgängerquerungsstellen

An 58 Kreisverkehren sind Fußgängerüberwege und an 10 Anlagen sind gemeinsame Furten für Radfahrer und Fußgänger angelegt. An den übrigen 32 Anlagen werden Fußgänger ohne weitergehende Markierungen über die Knotenpunktarme geführt (Abbildung 25).

5.3 Datenerhebung

Im Rahmen der Datenerhebung wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:

▪ Kontaktaufnahme mit Baulastträger

Es wurde jeweils Kontakt mit den Baulastträgern aufgenommen. Dabei wurden für die Untersuchung relevante Daten zur Knotenpunktgeometrie und zur Verkehrsfreigabe abgefragt. In der Regel wurde vom Baulastträger ein maßstabsgerechter Ausbauplan zur Verfügung gestellt. Sofern hinreichend aktuelle Ver-

kehrsnachfragedaten vorlagen, wurden diese ebenfalls vom Baulastträger zur Verfügung gestellt.

▪ Ortsbesichtigung mit Feststellung der Lage- und Umfeldparameter

Im Rahmen von Ortsbesichtigungen wurden Lage- und Umfeldparameter erhoben. Darüber hinaus wurde abschließend die Eignung der Kreisverkehre für die Untersuchung bewertet.

▪ Zusammenstellung der Unfalldaten

Für die ausgewählten Kreisverkehre wurden die polizeilichen Unfallprotokolle der Jahre 2008 bis 2010 besorgt. In Nordrhein-Westfalen war hierzu eine Genehmigung des zuständigen Ministeriums erforderlich. In Absprache mit den Polizeibehörden wurde jeweils vereinbart, alle Unfälle zu berücksichtigen, die nach Einschätzung der Polizei einen Bezug zum jeweiligen Kreisverkehr hatten. Bei der Durchsicht der Unfallprotokolle durch den Forschungsnehmer wurde anhand des Unfallgeschehens eine erneute Zuordnung der Unfälle zu den Kreisverkehren vorgenommen. Unfälle, die nach Einschätzung des Forschungsnehmers keinen unmittelbaren Bezug zum Kreisverkehr aufwiesen, wurden aussortiert.

▪ Erhebung der geometrischen Parameter

Die maßgebenden geometrischen Parameter wurden anhand der von den Straßenbaulastträgern zur Verfügung gestellten Planunterlagen ermittelt. Sofern in Ausnahmefällen keine Planunterlagen zur Verfügung gestellt wurden, erfolgte die Ermittlung anhand von Luftbildern.

▪ Zusammenstellung der Verkehrsnachfragedaten

An den Knotenpunkten, für die von Seiten der Straßenbaulastträger keine hinreichend aktuellen Verkehrsnachfragedaten zur Verfügung gestellt werden konnten, wurden Verkehrszählungen durchgeführt. Die Verkehrszählungen an den etwa 80 Knotenpunkten wurden an Werktagen außerhalb der Ferien in den Monaten April bis Juni 2011 durchgeführt.

Abbildung 26 zeigt die Vorgehensweise bei der Datenerhebung.

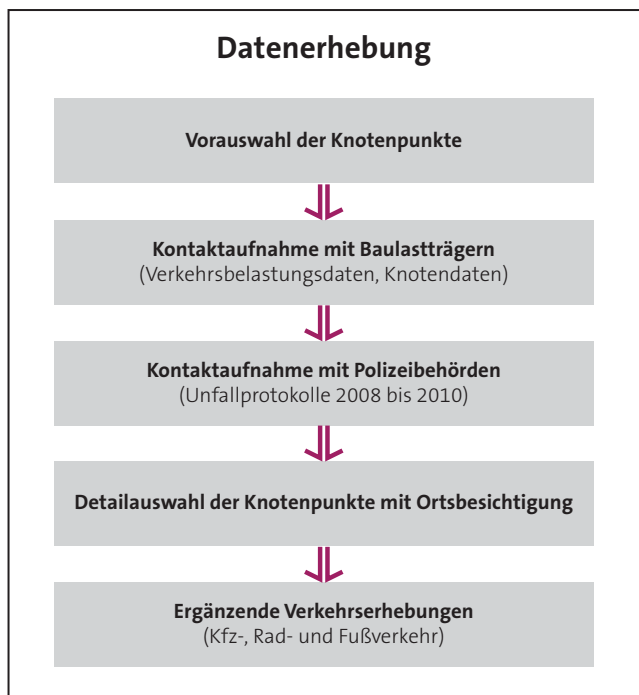


Abbildung 26: Vorgehensweise bei der Datenerhebung

5.4 Analyse der Unfallstruktur

5.4.1 Alle Unfälle

Insgesamt wurden an den 100 Kreisverkehren im Zeitraum von 2008 bis 2010 1.015 Unfälle polizeilich registriert.

Unfallschwere

Die Unfallschwere wird durch die folgenden sechs Unfallkategorien beschrieben:

- **Unfallkategorie 1:** Unfall mit Getöteten
- **Unfallkategorie 2:** Unfall mit Schwerverletzten
- **Unfallkategorie 3:** Unfall mit Leichtverletzten
- **Unfallkategorie 4:** Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden
- **Unfallkategorie 5:** Sonstiger Sachschadensunfall
- **Unfallkategorie 6:** Sonstiger Sachschadensunfall mit Alkoholeinwirkung

In Abbildung 27 ist die Aufteilung der Unfälle auf die Unfallkategorien dargestellt. Dabei zeigt sich, dass es sich bei etwa 68% der Unfälle um sonstige Sachschadens-

unfälle (Unfallkategorie 5) handelt. Bei 28% der Unfälle wurden Personen verletzt (Unfallkategorien 1 bis 3). Lediglich bei einem Unfall wurde eine Person getötet. Bei 23 Unfällen (2%) wurden Personen schwer verletzt (Unfallkategorie 2).

Verunglückte

Von den bei Unfällen verunglückten Verkehrsteilnehmern wurden 92% leicht und 8% schwer verletzt. Bei den 1.015 Unfällen wurde lediglich ein Verkehrsteilnehmer getötet.

Unfalltypen

Der Unfalltyp kennzeichnet den Verkehrsvorgang bzw. die Konfliktsituation woraus der Unfall entstanden ist. Es werden die folgenden sieben Unfalltypen unterschieden:

- **Unfalltyp 1** Fahr Unfall
- **Unfalltyp 2** Abbiege-Unfall
- **Unfalltyp 3** Einbiegen-/Kreuzen-Unfall
- **Unfalltyp 4** Überschreiten-Unfall
- **Unfalltyp 5** Unfall durch ruhenden Verkehr
- **Unfalltyp 6** Unfall im Längsverkehr
- **Unfalltyp 7** Sonstiger Unfall

Abbildung 29 zeigt die Verteilung der Unfälle auf die Unfalltypen. Dabei wird deutlich, dass der Unfalltyp 3 mit insgesamt 47% aller Unfälle und der Unfalltyp 6 mit insgesamt 37% aller Unfälle mit Abstand die häufigsten Unfalltypen darstellen. Von Bedeutung sind zudem mit etwa 10% aller Unfälle die Fahr Unfälle (Unfalltyp 1).

Die Differenzierung nach dem dreistelligen Unfalltypen-katalog zeigt die folgenden Besonderheiten:

- Innerhalb des Unfalltyps 1 (Fahr Unfall) wurden die meisten Unfälle (75 von 104 Unfällen) in den Unfallprotokollen dem Unfalltyp 199 (sonstige Fahr Unfälle) zugeordnet. Die Analyse der Unfallhergänge zeigt, dass es sich hier zumeist um Auffahr Unfälle auf die Kreisinsel, auf die Fahrbahnteiler oder auf feste Einbauten am Fahrbahnrand handelte.

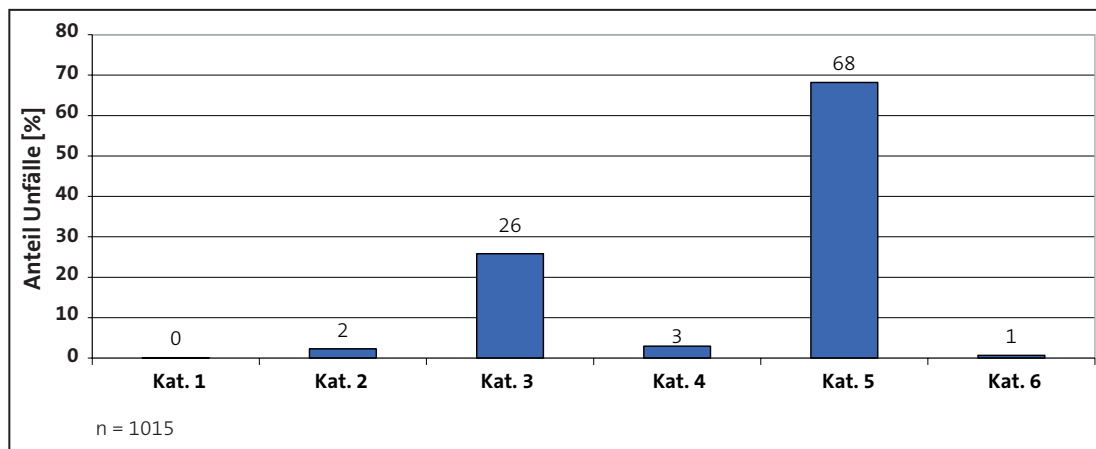


Abbildung 27: Unfälle nach Unfallkategorien

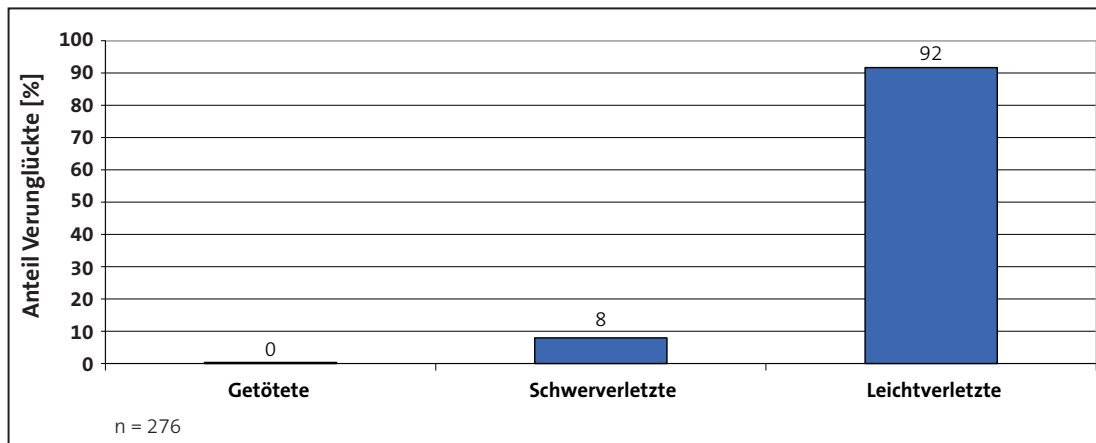


Abbildung 28: Unfälle nach Verunglückten

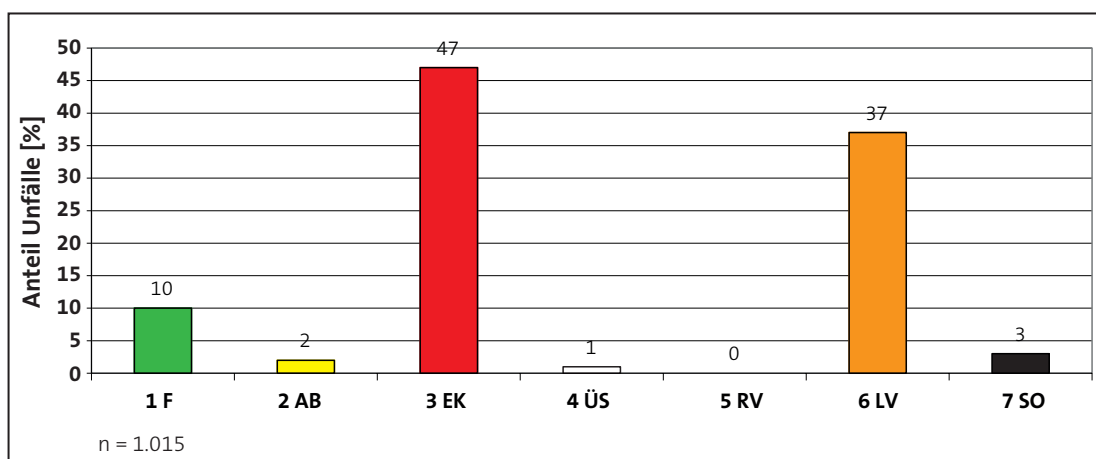


Abbildung 29: Unfälle nach Unfalltyp

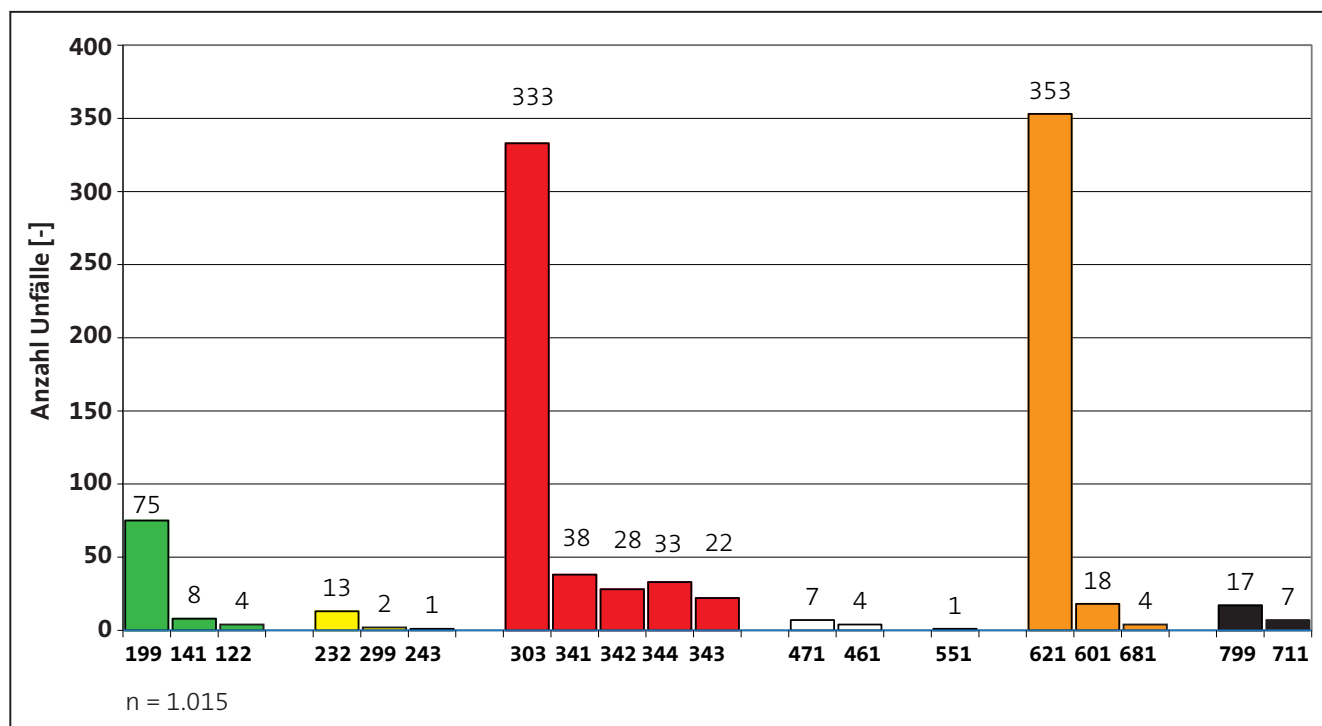


Abbildung 30: Differenzierung der Unfalltypen nach dreistelligem Unfalltypenkatalog

- Beim Unfalltyp 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfall) dominiert mit 333 Unfällen (32,8% aller Unfälle) der Unfalltyp 303. Hierbei handelt es sich um Vorfahrtmissachtungen durch aus der wartepflichtigen Zufahrt in die Kreisfahrbahn einfahrenden Fahrzeuge. Unfälle zwischen Fahrzeugen und Radfahrern an Querungsstellen (Unfalltypen 341, 342, 343 und 344) wurden in insgesamt 121 Fällen registriert. Sie machen somit 11,9% aller Unfälle aus.
- Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) ereignen sich überwiegend als Unfalltyp 621 (Auffahren auf Wartepflichtigen). Dies geschieht in den Zufahrten, im Bereich der Kreisfahrbahn oder in den Ausfahrten vor den Querungsstellen.

In der Abbildung 30 werden die jeweils häufigsten Unfalltypen aufgezeigt.

Unfallbeteiligte

Insgesamt waren 1.967 Personen an den Unfällen beteiligt. Dabei werden nur die beteiligten Fahrzeugführer oder Fußgänger berücksichtigt. Beifahrer werden hingegen nicht berücksichtigt. Bei den Unfallbeteiligten handelt es sich zu 84 % um Führer von Pkw, Lkw oder Bussen, zu 4 % um Führer motorisierter Zweiräder, zu 10 % um Radfahrer und zu 1 % um Fußgänger.

Abbildung 31 zeigt die Unfallbeteiligung.

Straßenzustand

Etwa 29 % der Unfälle ereigneten sich bei nasser oder feuchter Fahrbahn, 9 % bei Glatteis und 56 % bei trockener Fahrbahn.

Lichtverhältnisse

Etwa 4 % der Unfälle ereigneten sich bei Dämmerung, 24 % bei Dunkelheit und 69 % bei Tageslicht.

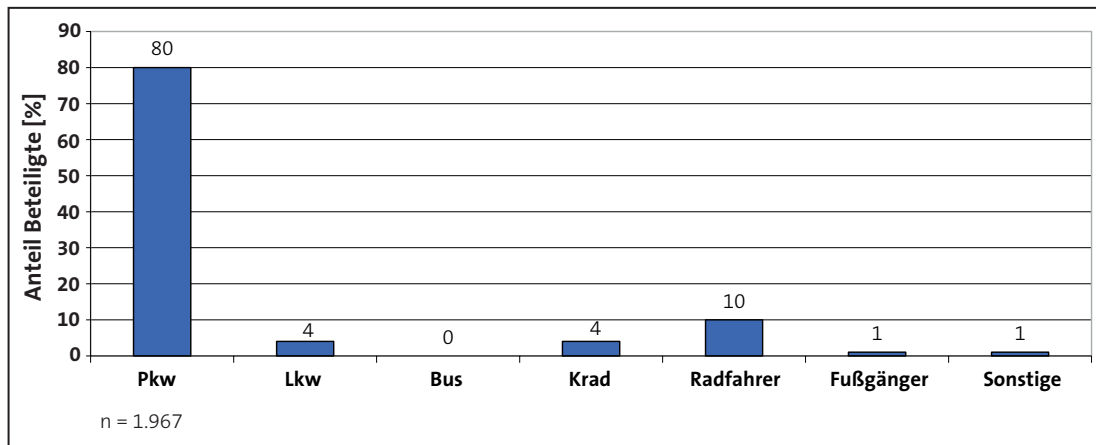


Abbildung 31: Unfallbeteiligung

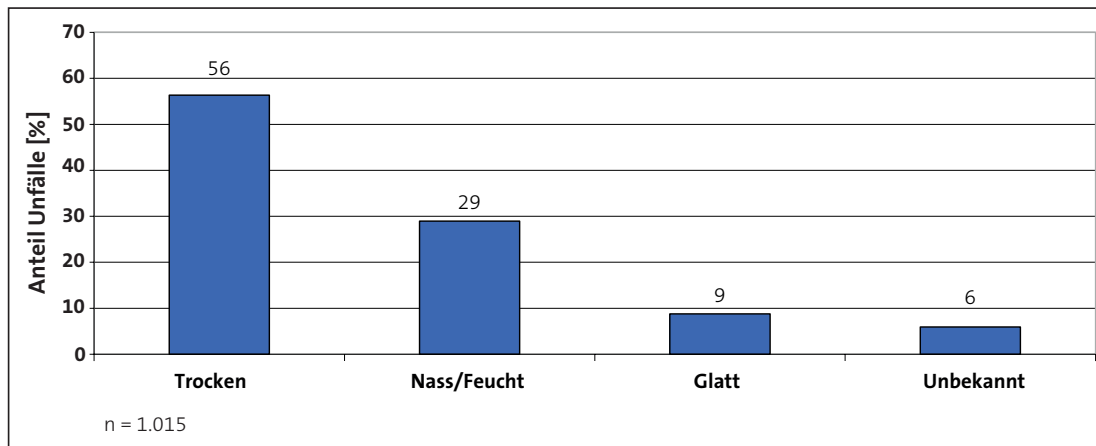


Abbildung 32: Unfälle nach Straßenzustand

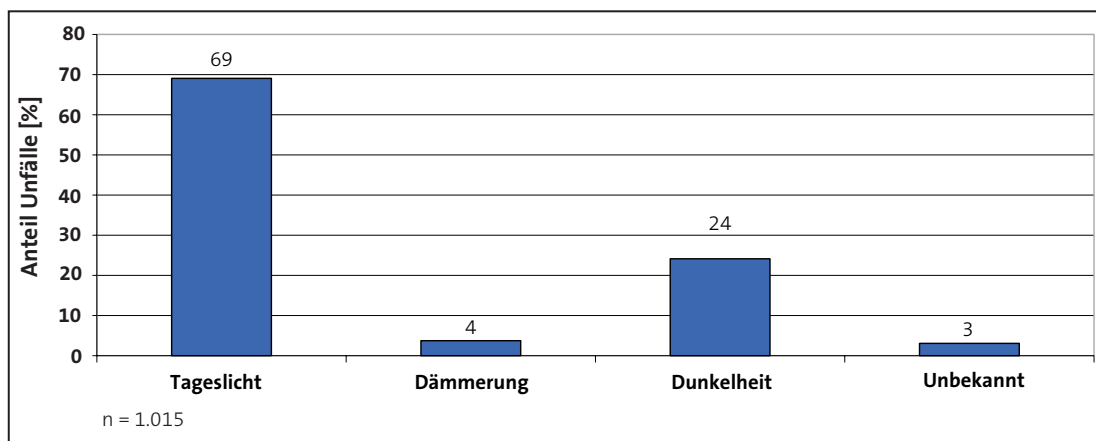


Abbildung 33: Unfälle nach Lichtverhältnissen

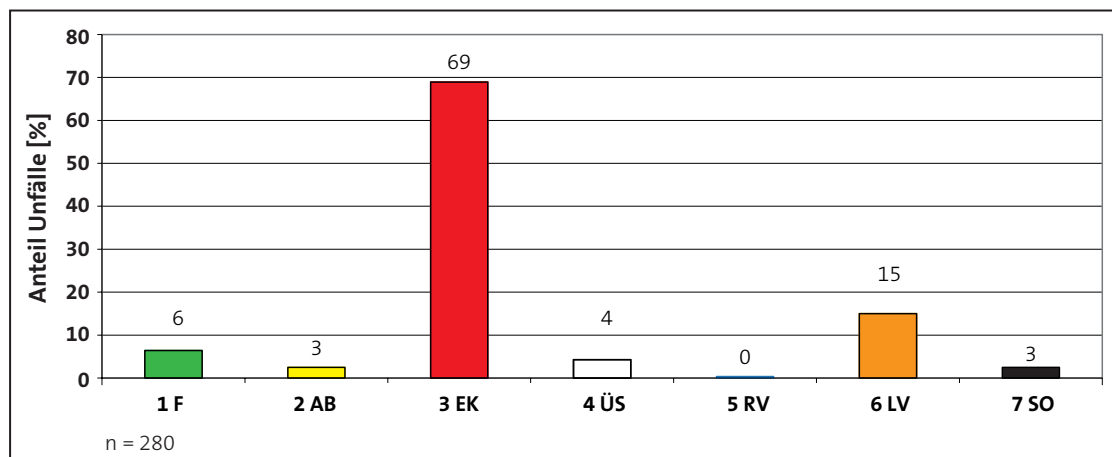


Abbildung 34: Unfälle mit Personenschaden nach Unfalltyp

5.4.2 Unfälle mit Personenschaden

Insgesamt wurden an den 100 Kreisverkehren im Untersuchungszeitraum 280 Unfälle mit Personenschaden polizeilich registriert. In den Unfallprotokollen sind diese Unfälle mit den Unfallkategorien 1 bis 3 klassifiziert.

Die folgenden Auswertungen beziehen sich ausschließlich auf Unfälle mit Personenschaden.

Unfalltypen

Abbildung 34 zeigt die Verteilung der Unfälle auf die Unfalltypen. Dabei wird deutlich, dass der Unfalltyp 3 mit insgesamt 69 % aller Unfälle und der Unfalltyp 6 mit insgesamt 15 % aller Unfälle mit Abstand die häufigsten Unfalltypen darstellen. Innerhalb des Unfalltyps 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfall) stellt der Unfalltyp 303 mit 31,1 % aller Unfälle wiederum den häufigsten Unfalltyp dar. In der Summe noch bedeutender sind mit insgesamt 35,0 %

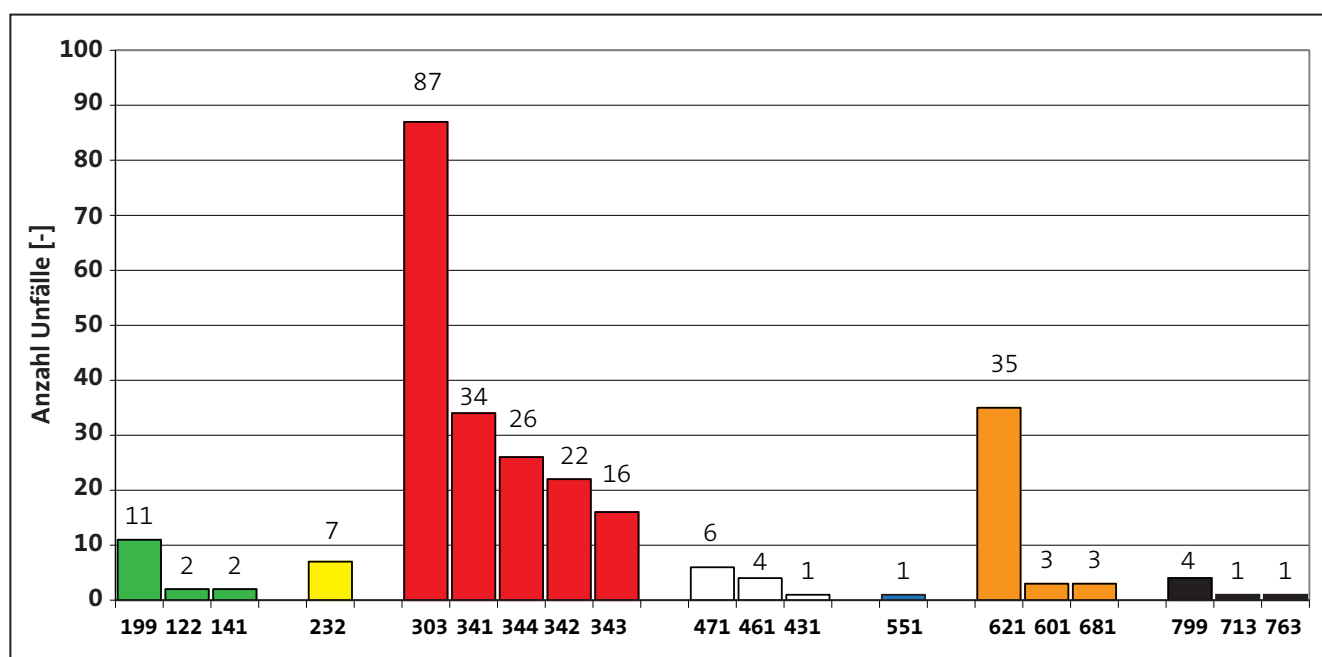


Abbildung 35: Differenzierung der Unfalltypen (Personenschaden)

aller Unfälle jedoch Unfälle zwischen Fahrzeugen und Radfahrern an den Querungsstellen (Unfalltypen 341, 342, 343 und 344).

Abbildung 35 zeigt die jeweils häufigsten Unfalltypen.

Unfallbeteiligte

Insgesamt waren 550 Personen an den Unfällen beteiligt. Dabei werden nur die beteiligten Fahrzeugführer oder Fußgänger berücksichtigt. Beifahrer werden hingegen nicht berücksichtigt. Bei den Unfallbeteiligten handelt es sich zu 58 % um Führer von Pkw, Lkw oder Bussen, zu 11 % um Führer motorisierter Zweiräder, zu 28 % um Radfahrer und zu 3 % um Fußgänger.

Abbildung 36 zeigt die Unfallbeteiligung.

Straßenzustand

Etwa 28 % der Unfälle ereigneten sich bei nasser oder feuchter Fahrbahn, 3 % bei Glatteis und 66 % bei trockener Fahrbahn.

Lichtverhältnisse

Etwa 4 % der Unfälle ereigneten sich bei Dämmerung, 20 % bei Dunkelheit und 75 % bei Tageslicht.

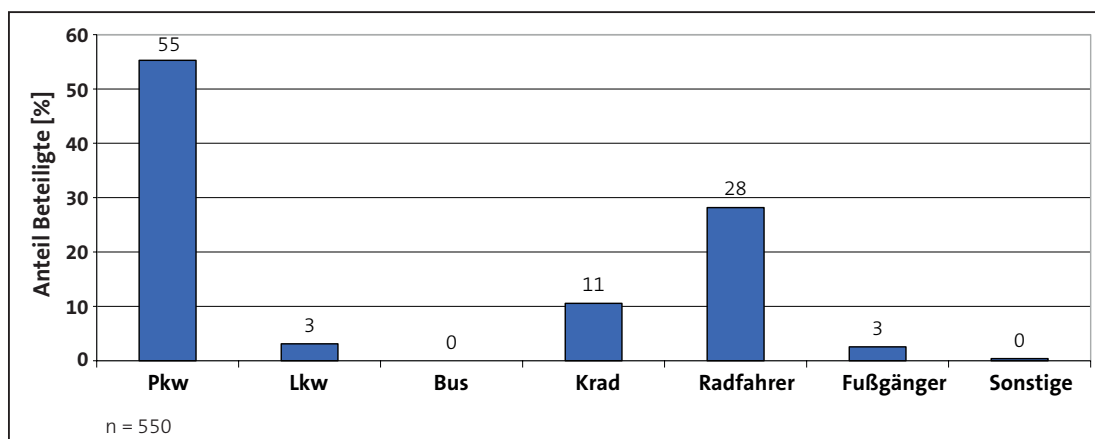


Abbildung 36: Unfallbeteiligung (Unfälle mit Personenschaden)

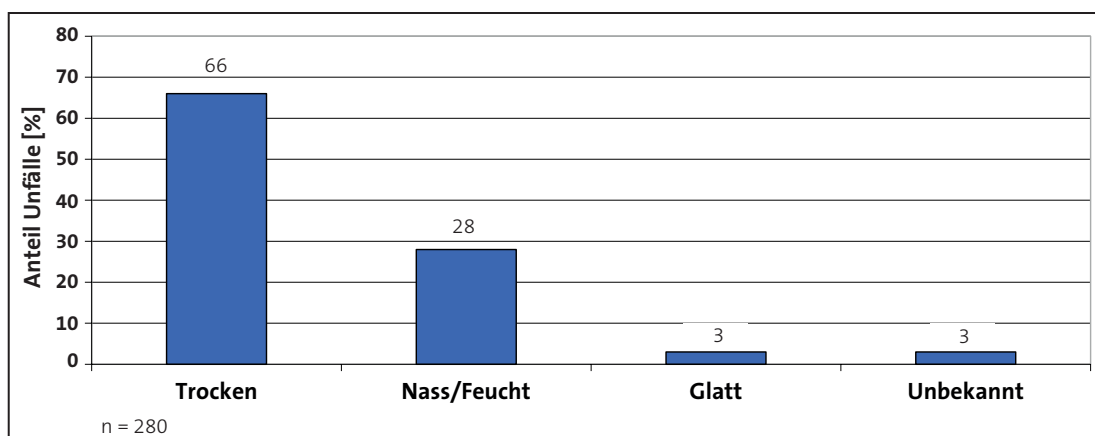


Abbildung 37: Unfälle nach Straßenzustand (Unfälle mit Personenschaden)

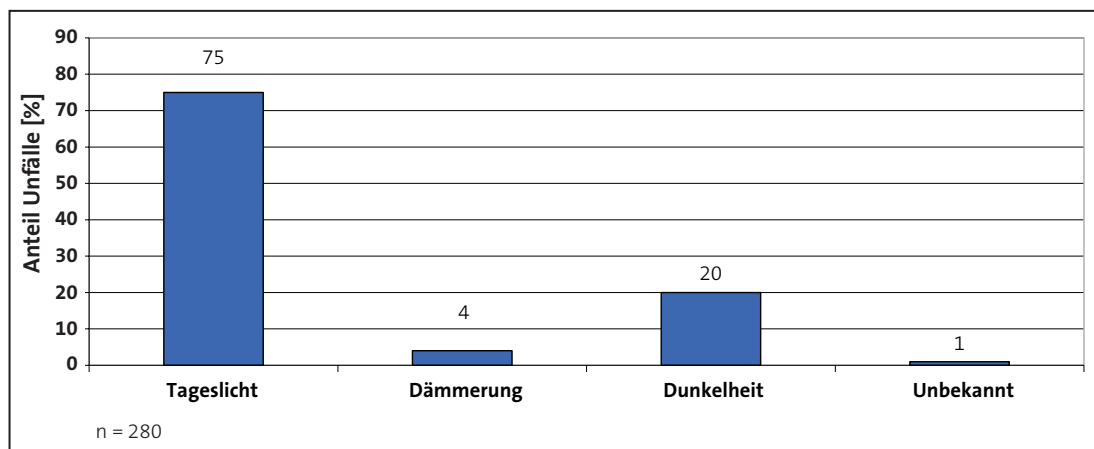


Abbildung 38: Unfälle nach Lichtverhältnissen (Unfälle mit Personenschaden)

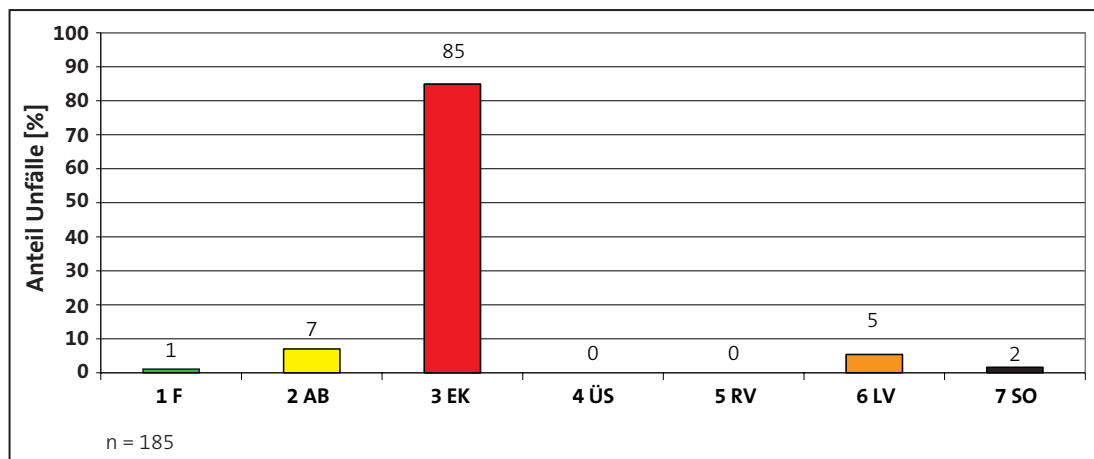


Abbildung 39: Unfälle mit Radfahrerbeteiligung nach Unfalltyp

5.4.3 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung

Insgesamt wurden an den 100 Kreisverkehren im Zeitraum von 2008 bis 2010 185 Unfälle mit Radfahrerbeteiligung polizeilich registriert. Die folgenden Auswertungen beziehen sich ausschließlich auf Unfälle mit Radfahrerbeteiligung.

Unfalltypen

Abbildung 39 zeigt die Verteilung der Unfälle auf die Unfalltypen. Dabei wird deutlich, dass der Unfalltyp 3 mit insgesamt 85 % aller Unfälle den mit Abstand häufigsten Unfalltyp darstellt. Von Bedeutung sind zudem Abbiegeunfälle (Unfalltyp 2) mit 7 % aller Unfälle und Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) mit 5 % aller Unfälle.

Die Einteilung der Unfälle nach dem dreistelligen Unfalltypenkatalog liefert die folgenden Erkenntnisse:

- Bezogen auf den Unfalltyp 3 dominieren die Unfälle zwischen Kraftfahrern und an den Querungsstellen querenden Radfahrern. Diese Unfälle der Typen 341, 342, 343 und 344 machen insgesamt 64,9 % aller Unfälle mit Radfahrerbeteiligung aus. Unfälle des Typs 303 (Vorfahrtmissachtung durch in den Kreis einfahrende Fahrzeuge) stellen mit 14,6 % aller Unfälle die zweithäufigste Unfallursache dar.
- Innerhalb der Abbiegeunfälle (Unfalltyp 2) dominiert der Unfalltyp 232 mit 6,5 % aller Unfälle. Dabei werden Radfahrer, die auf der Kreisfahrbahn fahren, durch in die Ausfahrt abbiegende Kraftfahrzeuge geschnitten.

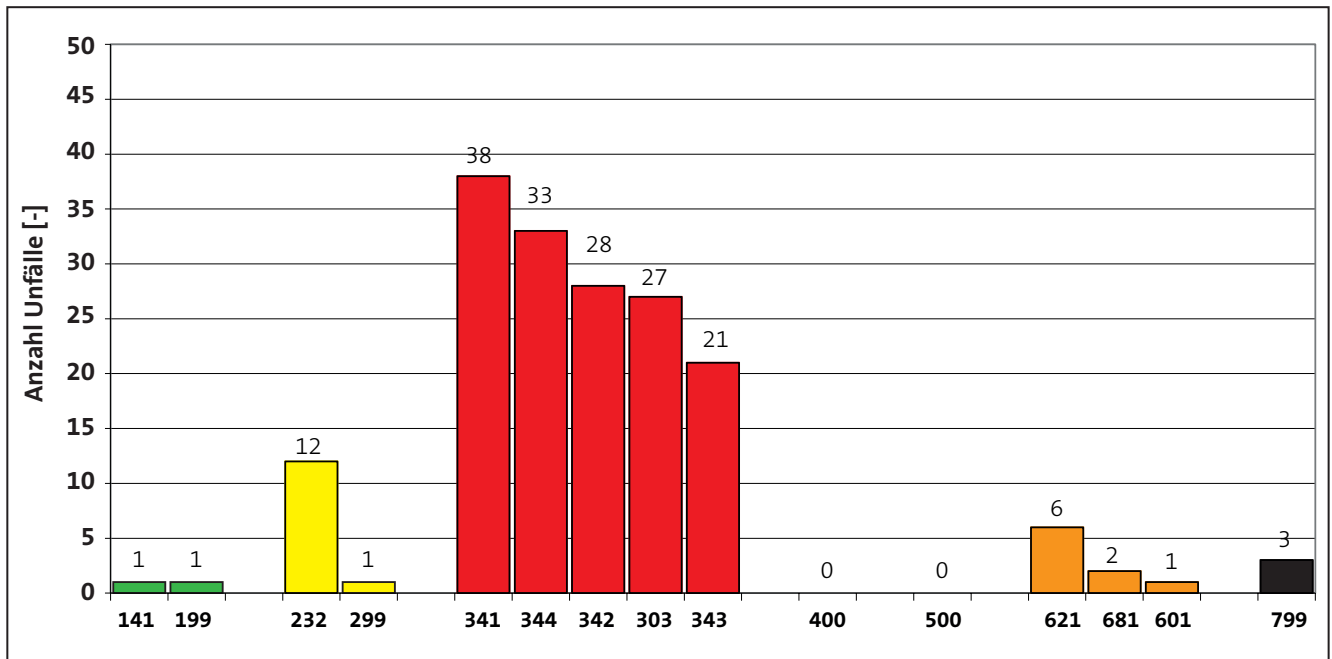


Abbildung 40: Differenzierung der Unfalltypen mit Radfahrerbeteiligung

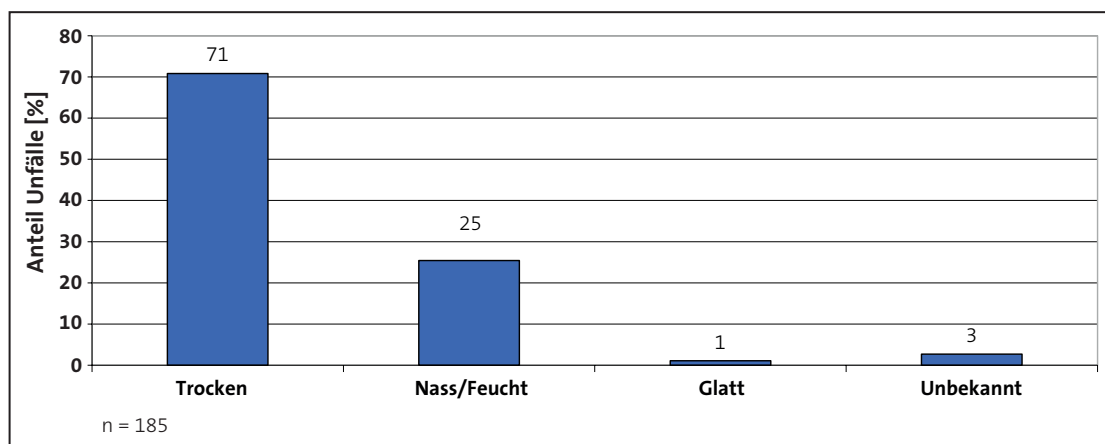


Abbildung 41: Unfälle nach Straßenzustand (Unfälle mit Radfahrerbeteiligung)

Abbildung 40 zeigt die jeweils häufigsten Unfalltypen.

Straßenzustand

Etwa 25 % der Unfälle ereigneten sich bei nasser oder feuchter Fahrbahn, 1 % bei Glatteis und 71 % bei trockener Fahrbahn.

Lichtverhältnisse

Etwa 5 % der Unfälle ereigneten sich bei Dämmerung, 16 % bei Dunkelheit und 79 % bei Tageslicht.

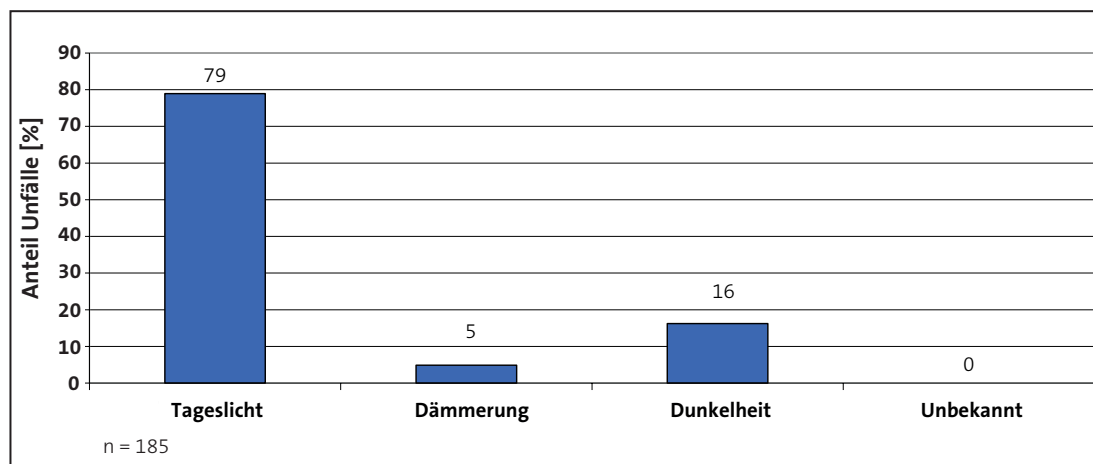


Abbildung 42: Unfälle nach Lichtverhältnissen (Unfälle mit Radfahrerbeteiligung)

5.4.4 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung

Insgesamt ereigneten sich an den 100 Kreisverkehren im Untersuchungszeitraum lediglich 15 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung, bei denen allerdings durchweg Personen verletzt wurden. Insgesamt wurden fünf Personen schwer und 11 Personen leicht verletzt.

Die meisten Unfälle (13 Unfälle) ereigneten sich zwischen Kraftfahrzeugen und Fußgängern. Bei zwei Unfällen kam es zur Kollision zwischen Radfahren und Fußgängern.

11 Unfälle ereigneten sich an den Querungsstellen. Hier von ereigneten sich acht Unfälle bei der Querung der Ausfahrt vom Kreisverkehr und drei Unfälle bei der Querung der Zufahrt. Von den 11 Unfällen an den Querungsstellen ereigneten sich neun Unfälle an Fußgängerüberwegen.

Die beiden Unfälle zwischen Radfahren und Fußgängern ereigneten sich außerhalb der Querungsstellen im Zuge der umlaufenden Geh- und Radwege.

5.4.5 Vergleichende Betrachtung

Bei der vergleichenden Betrachtung wird das Unfallgeschehen für die drei Unfallkollektive:

- alle Unfälle
 - Unfälle mit Personenschaden und
 - Unfälle mit Radfahrerbeteiligung
- miteinander verglichen.

Unfalltypen

Abbildung 43 zeigt den Vergleich der Aufteilung der Unfälle auf die Unfalltypen. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede bei den Unfalltypen 1, 2, 3 und 6.

Insgesamt wird die herausragende Position des Unfalltyps 3 bei den Unfällen mit Personenschaden und bei den Unfällen mit Radfahrerbeteiligung deutlich.

Der (bezogen auf alle Unfälle) hohe Anteil der Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) ist bei Unfällen mit Personenschaden bereits deutlich geringer. Bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung ist dieser Unfalltyp nur noch nachrangig.

Während Unfälle des Typs 2 (Abbiegeunfälle) bezogen auf alle Unfälle nur eine untergeordnete Rolle spielen, erreichen sie bei den Unfällen mit Radfahrerbeteiligung mit 7 % eine beachtenswerte Größenordnung.

Verortung der Unfälle

Zur Verortung der Unfälle im Kreisverkehr wurden die folgenden Unfallorte mit dazugehörigen Unfalltypen definiert:

- **A:** Vorfahrt missachten bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn
- **B:** Abkommen von der Fahrbahn und Auffahrt auf Kreisinsel, auf die Fahrbahnteiler oder Gegenstände außerhalb der Kreisfahrbahn

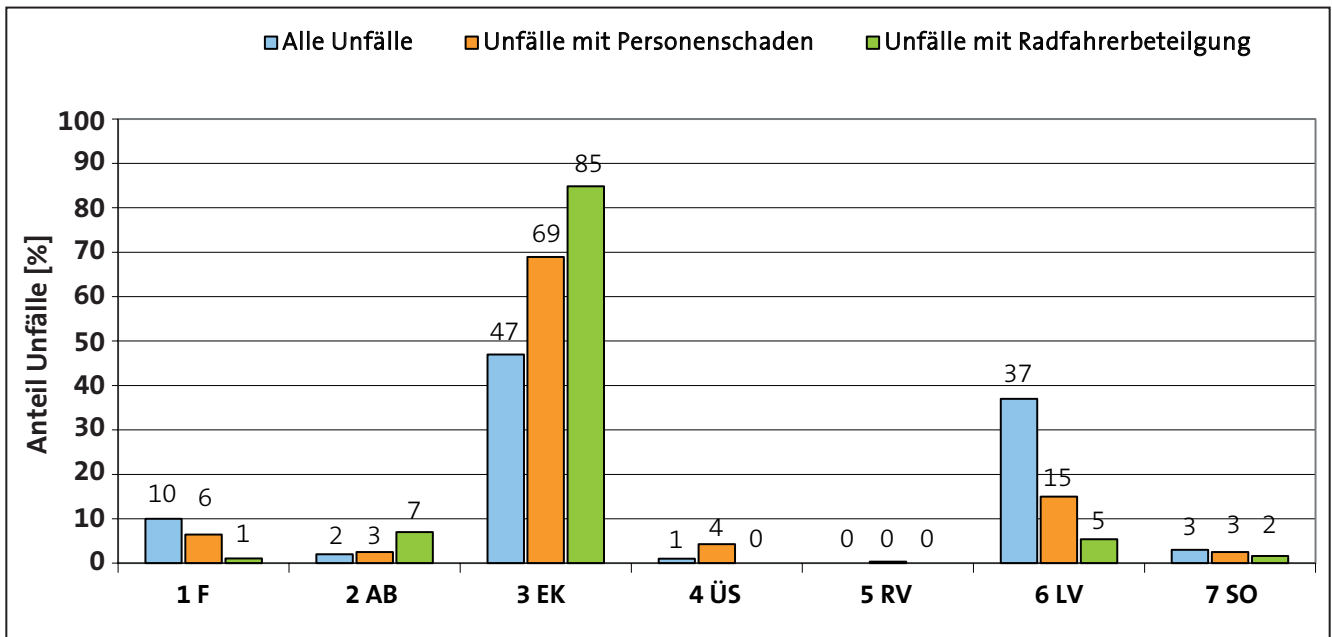


Abbildung 43: Vergleich nach Unfalltyp

- **C:** Auffahrunfälle in der Zufahrt
- **D:** Auffahrunfälle in der Kreisfahrbahn oder beim Verlassen der Kreisfahrbahn
- **E:** Unfall zwischen Kfz und Rad an der Querungsstelle der Zufahrt
- **F:** Unfall zwischen Kfz und Rad an der Querungsstelle der Ausfahrt
- **G:** Unfall zwischen Kfz und Rad auf der Kreisfahrbahn vor der Ausfahrt aus dem Kreis

- **H:** Unfall zwischen Kfz und Fußgänger an der Querungsstelle der Ausfahrt
- **I:** Unfall zwischen Kfz und Fußgänger an der Querungsstelle der Zufahrt

In der Abbildung 44 sind die häufigsten Unfalltypen am Kreisverkehr verortet.

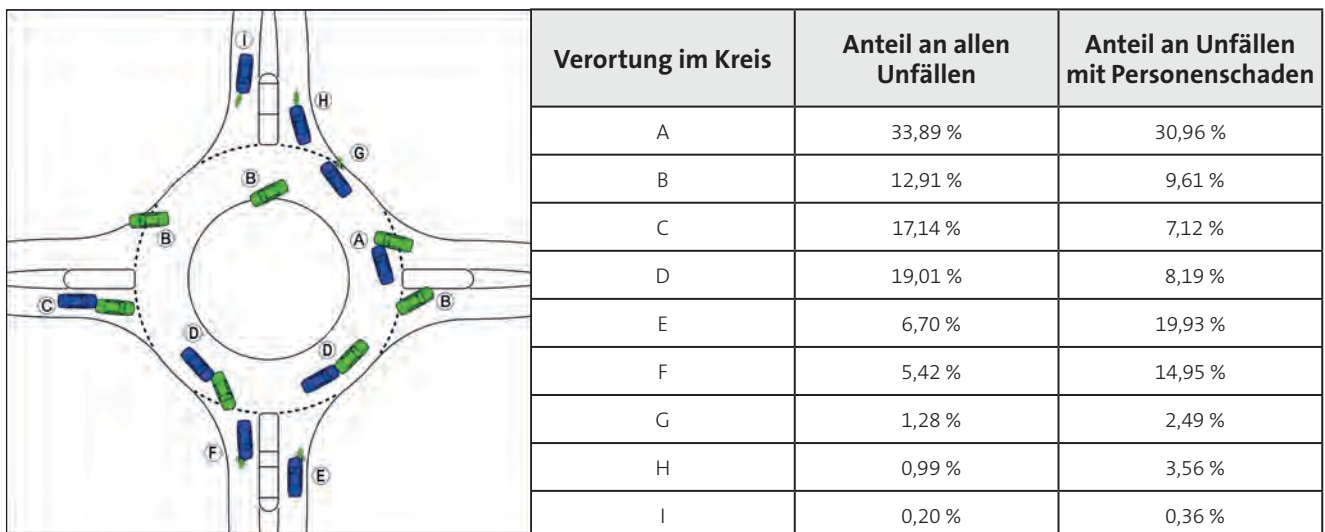


Abbildung 44: Verortung der Unfälle

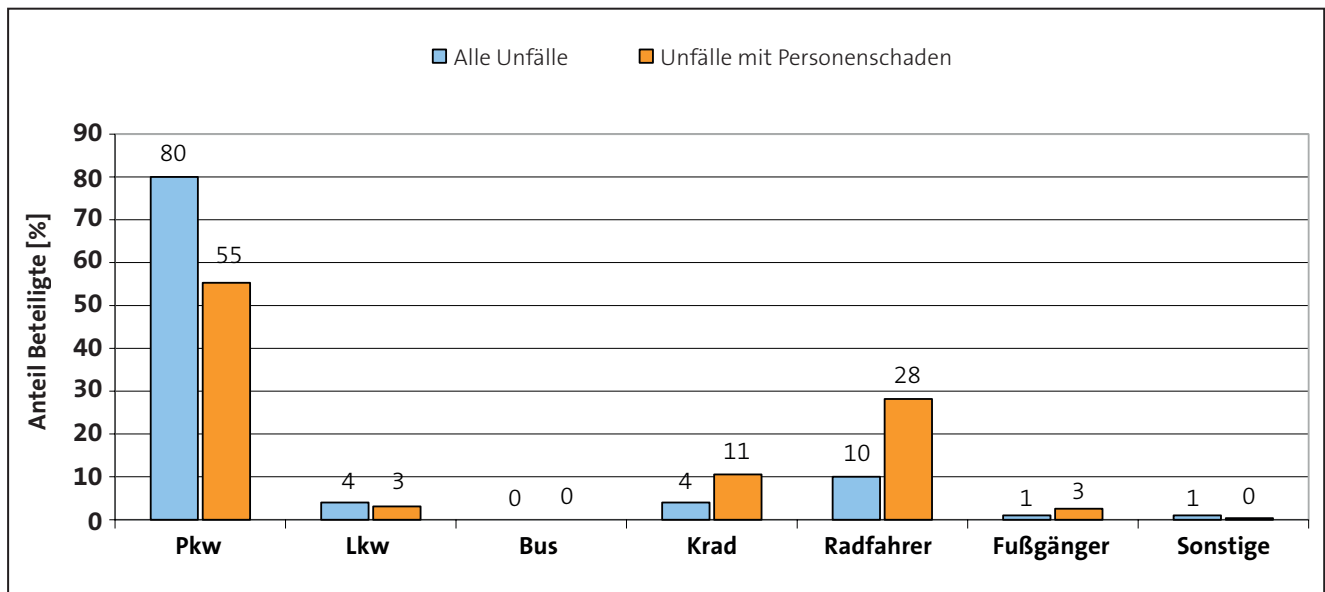


Abbildung 45: Vergleich nach Unfallbeteiligung

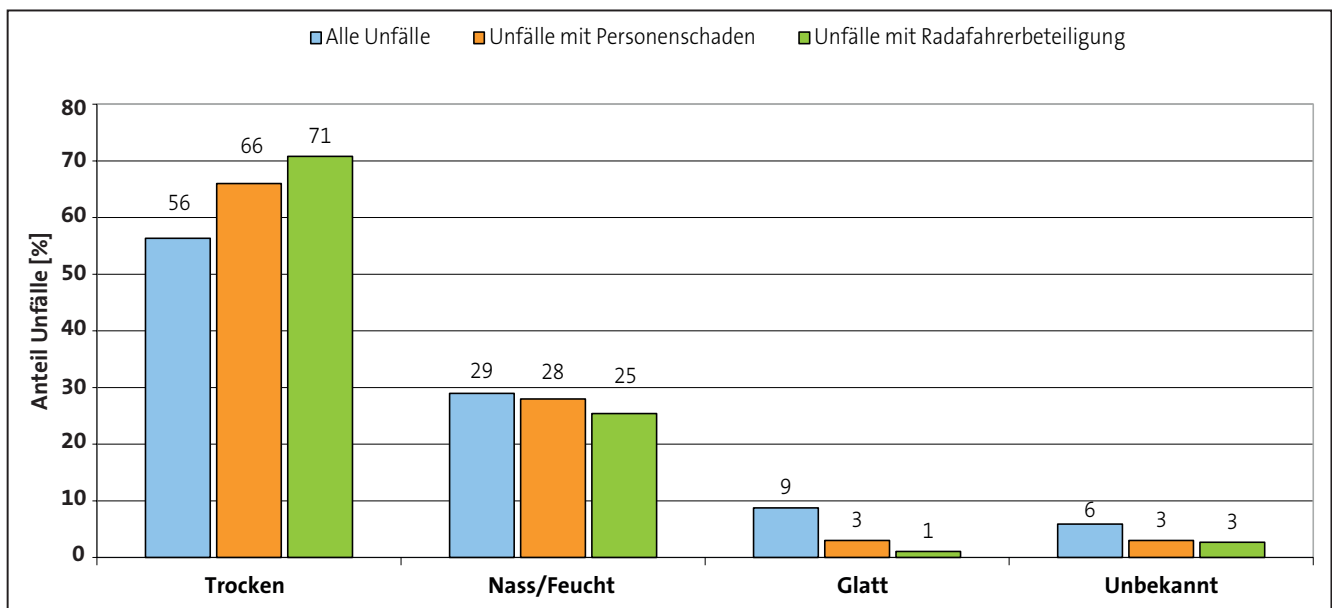


Abbildung 46: Vergleich nach Straßenzustand

Unfallbeteiligung

Der Vergleich der Unfallbeteiligung bei allen Unfällen und bei den Unfällen mit Personenschaden zeigt deutliche Unterschiede. Während der Anteil der beteiligten Radfahrer bezogen auf alle Unfälle bei 10 % liegt, macht er bezogen auf Unfälle mit Personenschaden 28 % aus.

Abbildung 45 zeigt den Vergleich der Unfallbeteiligung.

Straßenzustand

Der Vergleich bezogen auf den Straßenzustand zeigt, dass Unfälle mit Radfahrern überproportional häufig bei trockener Witterung auftreten. Hier ist ein Zusammenhang mit der stärkeren Nutzung des Verkehrsmittels Fahrrad bei trockener Witterung zu vermuten.

Abbildung 46 zeigt den Vergleich nach Straßenzustand.

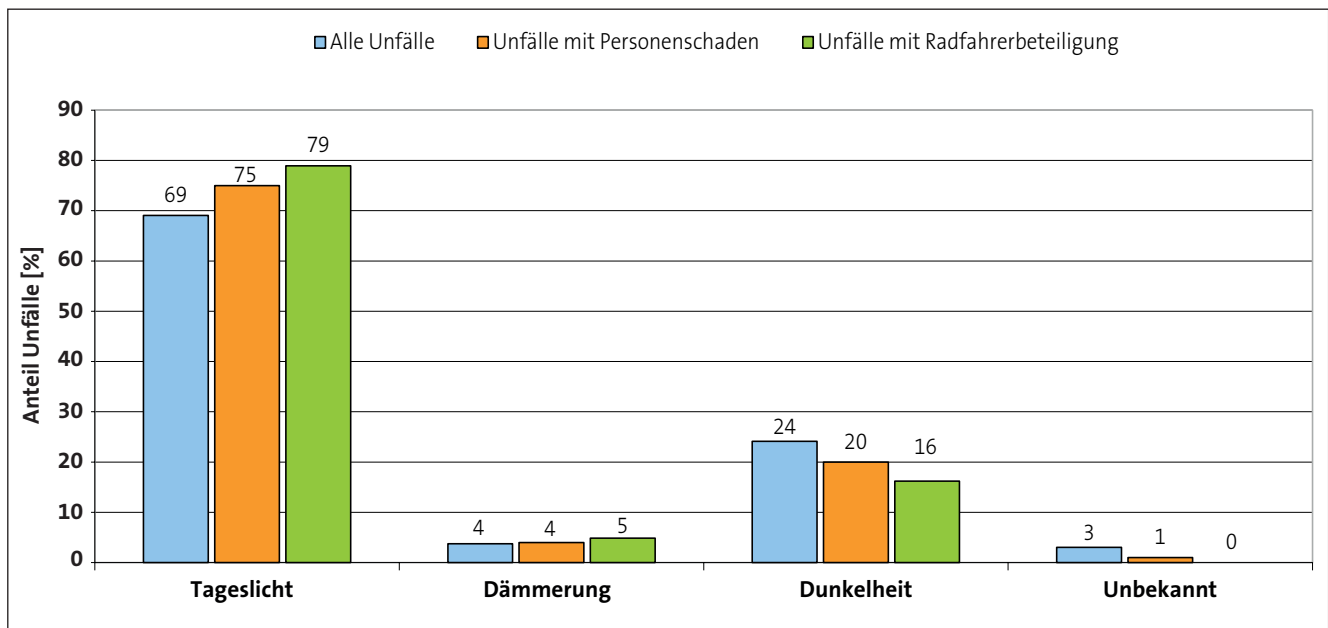


Abbildung 47: Vergleich nach Lichtverhältnissen

Lichtverhältnisse

Der Vergleich bezogen auf die Lichtverhältnisse zeigt, dass Unfälle mit Radfahrerbeteiligung bei Dunkelheit im Vergleich zu allen Unfällen weniger häufig auftreten.

Abbildung 47 zeigt den Vergleich bezogen auf die Lichtverhältnisse.

5.5 Bewertung der Verkehrssicherheit

5.5.1 Beschreibung der Unfallkenngrößen

Die Beurteilung der Verkehrssicherheit erfolgt auf der Grundlage der folgenden Unfallkenngrößen:

▪ Unfalldichte (UD)

Die Unfalldichte beschreibt die durchschnittliche Anzahl der Unfälle im betrachteten Untersuchungszeitraum.

$$UD = \frac{U}{T} \text{ [Unf./a]}$$

mit:

UD = Unfalldichte

U = Anzahl der Unfälle innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallrate (UR)

Bei der Unfallrate wird die Anzahl der Unfälle auf das Verkehrsaufkommen bezogen (Unfälle pro 10^6 Kfz). Sie errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UR = \frac{U \times 10^6}{DTV \times 365 \times T} \text{ [Unf./} 10^6 \text{ Kfz]}$$

mit:

UR = Unfallrate

U = Anzahl der Unfälle innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes

DTV = Summe des zuführenden Kfz-Verkehrs pro 24 h

T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallrate Radverkehr (UR_R)

Die eigentliche Unfallrate berücksichtigt ausschließlich die Kfz-Verkehrsbelastungen am Knotenpunkt. Es besteht die Vermutung, dass die Radverkehrsstärke an einem Kreisverkehr auch das Unfallgeschehen mit

Radfahrerbeteiligung beeinflusst. Es wurde daher eine Unfallrate in die Untersuchungen einbezogen, die ausschließlich die Unfälle mit Radfahrerbeteiligung berücksichtigt und das Unfallgeschehen ausschließlich auf das Radverkehrsaufkommen bezieht. Um in etwa die gleiche Größenordnung zu erhalten, wie bei der klassischen Unfallrate wird die Unfallrate auf 10^5 Radfahrer bezogen. Sie errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UR_R = \frac{U_R \times 10^5}{DTV_R \times 365 \times T} \text{ [Unf./}10^5 \text{ Rad]}$$

mit:

- UR_R = Unfallrate Radverkehr
- U_R = Anzahl der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
- DTV_R = Summe des Radverkehrs pro 24 h
- T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallrate kombiniert Multiplikation (UR_{KM})

Um das Kfz-Verkehrsaufkommen und das Radverkehrsaufkommen gleichermaßen zu berücksichtigen, wird zusätzlich eine kombinierte Berücksichtigung beider Verkehrsbelastungen vorgenommen. In Anlehnung an [7] erfolgt eine Multiplikation der Verkehrsbelastungen. Um die Werte in einer vergleichbarer Größenordnung zu halten wird die Zehnerpotenz im Zähler auf 10^9 hochgesetzt.

Die kombinierte Unfallrate errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UR_{KM} = \frac{U \times 10^9}{DTV_{Kfz} \times DTV_R \times 356 \times T} \text{ [Unf./}10^9 \text{ Kfz} \times \text{Rad]}$$

mit:

- UR_{KM} = kombinierte Unfallrate
- U = Anzahl der Unfälle innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
- DTV_{Kfz} = Summe des zuführenden Kfz-Verkehrs pro 24 h
- DTV_R = Summe des Radverkehrs pro 24 h
- T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallrate kombiniert Addition (UR_{KA})

Alternativ wurde eine kombinierte Unfallrate mit Addition der Kfz- und Radverkehrsbelastungen nach der folgenden Gleichung errechnet.

$$UR_{KA} = \frac{U \times 10^6}{DTV_{Kfz} \times DTV_R \times 356 \times T} \text{ [Unf./}10^6 \text{ (Kfz} + \text{Rad)}]}$$

mit:

- UR_{KA} = kombinierte Unfallrate
- U = Anzahl der Unfälle innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
- DTV_{Kfz} = Summe des zuführenden Kfz-Verkehrs pro 24 h
- DTV_R = Summe des Radverkehrs pro 24 h
- T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallkostendichte

Die Unfallkostendichte beschreibt die durchschnittlich jährlichen volkswirtschaftlichen Kosten die im Untersuchungszeitraum am Knotenpunkt entstehen. Sie errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$UKD = \frac{UK}{T} \text{ [€/a]}$$

mit:

- UKD = Unfallkostendichte
- UK = Unfallkosten innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
- T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallkostenrate

Bei der Unfallkostenrate werden die volkswirtschaftlichen Kosten durch Straßenverkehrsunfälle auf das Verkehrsaufkommen bezogen (€ pro 10^3 Kfz). Sie errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UKR = \frac{10^3 \times UK}{DTV \times 356 \times T} \text{ [€/}10^3 \text{ Kfz]}$$

mit:

- UKR = Unfallkostenrate
- UK = Unfallkosten innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes

DTV = Summe des zuführenden Kfz-Verkehrs pro 24 h
T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallkostenrate Radverkehr (UKR_R)

Die eigentliche Unfallkostenrate berücksichtigt ausschließlich die Kfz-Verkehrsbelastungen am Knotenpunkt. Es wird angenommen, dass die Radverkehrsstärke an einem Kreisverkehr auch das Unfallgeschehen mit Radfahrerbeteiligung beeinflusst. Es wurde daher eine Unfallkostenrate in die Untersuchungen einbezogen, die ausschließlich die Unfälle mit Radfahrerbeteiligung berücksichtigt und das Unfallgeschehen ausschließlich auf das Radverkehrsaufkommen bezieht. Um in etwa die gleiche Größenordnung zu erhalten, wie bei der klassischen Unfallkostenrate wird die Unfallrate auf 10^2 Radfahrer bezogen. Sie errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UKR_R = \frac{10^2 \times UK_R}{DTV_R \times 356 \times T} \quad [\text{€}/10^3 \text{ Kfz}]$$

mit:

UKR_R = Unfallkostenrate Radverkehr
 UK_R = Unfallkosten der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
 DTV_R = Summe des Radverkehrs pro 24 h
T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallkostenrate kombiniert Multiplikation (UKR_{kM})

Um das Kfz-Verkehrsaufkommen und das Radverkehrsaufkommen gleichermaßen zu berücksichtigen, wird zusätzlich eine kombinierte Berücksichtigung beider Verkehrsbelastungen vorgenommen. In Anlehnung an [7] erfolgt eine Multiplikation der Verkehrsbelastungen. Um die Werte in einer vergleichbarer Größenordnung zu halten wird die Zehnerpotenz im Zähler auf 10^6 hochgesetzt.

Die kombinierte Unfallkostenrate errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UKR_{kM} = \frac{10^6 \times UK}{DTV_{Kfz} \times DTV_R \times 356 \times T} \quad [\text{€}/10^6 \text{ Kfz} \times \text{Rad}]$$

mit:

UKR_{kM} = kombinierte Unfallkostenrate
 UK_K = Unfallkosten innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
 DTV_{Kfz} = Summe des zuführenden Kfz-Verkehrs pro 24 h
 DTV_R = Summe des Radverkehrs pro 24 h
T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

▪ Unfallkostenrate kombiniert Addition (UKR_{kA})

Eine Alternative zur Berücksichtigung des Kfz- und Radverkehrsaufkommens stellt die Addition der Kfz- und Radverkehrsbelastungen dar.

Die daraus errechnete kombinierte Unfallkostenrate errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$UKR_{kA} = \frac{10^3 \times UK}{DTV_{Kfz} \times DTV_R \times 356 \times T} \quad [\text{€}/10^3 (\text{Kfz} + \text{Rad})]$$

mit:

UKR_{kA} = kombinierte Unfallkostenrate
 UK_K = Unfallkosten innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes
 DTV_{Kfz} = Summe des zuführenden Kfz-Verkehrs pro 24 h
 DTV_R = Summe des Radverkehrs pro 24 h
T = Länge des Untersuchungszeitraumes in Jahren

5.5.2 Unfallrate

Unfallrate (UR)

Die mittlere Unfallrate für alle Knotenpunkte liegt bei 0,60 Unfällen/($10^6 \times \text{Kfz}$).

Abbildung 48 zeigt die Unfallraten der einzelnen Knotenpunkte. Tabelle 3 zeigt die statistischen Kennwerte.

Unfallrate Radverkehr (UR_R)

Die mittlere Unfallrate für alle Knotenpunkte bezogen auf den Radverkehr liegt bei 0,15 Unfällen/($10^5 \times \text{Rad}$).

Abbildung 49 zeigt die Unfallraten der einzelnen Knotenpunkte. Tabelle 4 zeigt die statistischen Kennwerte.

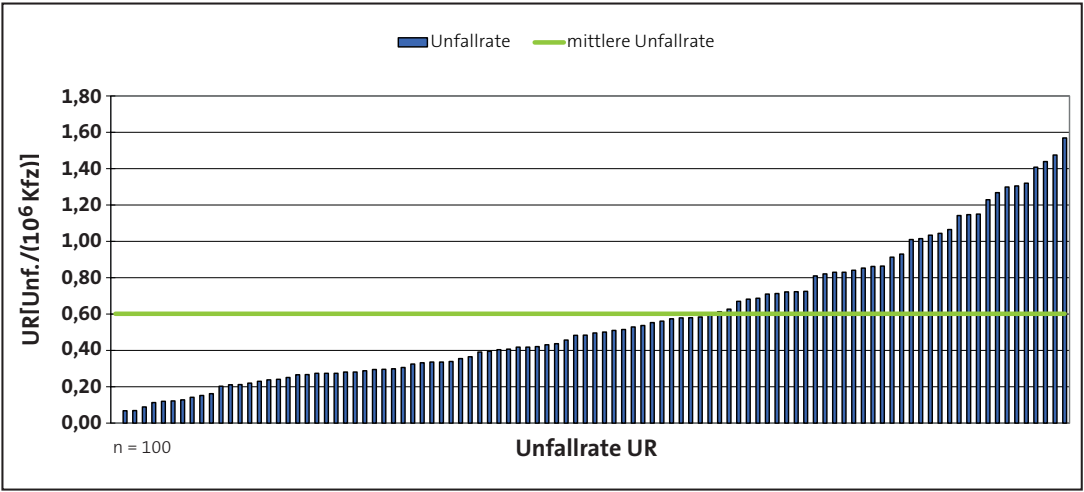


Abbildung 48: Unfallrate UR [Unf. / (10⁶ × Kfz)]

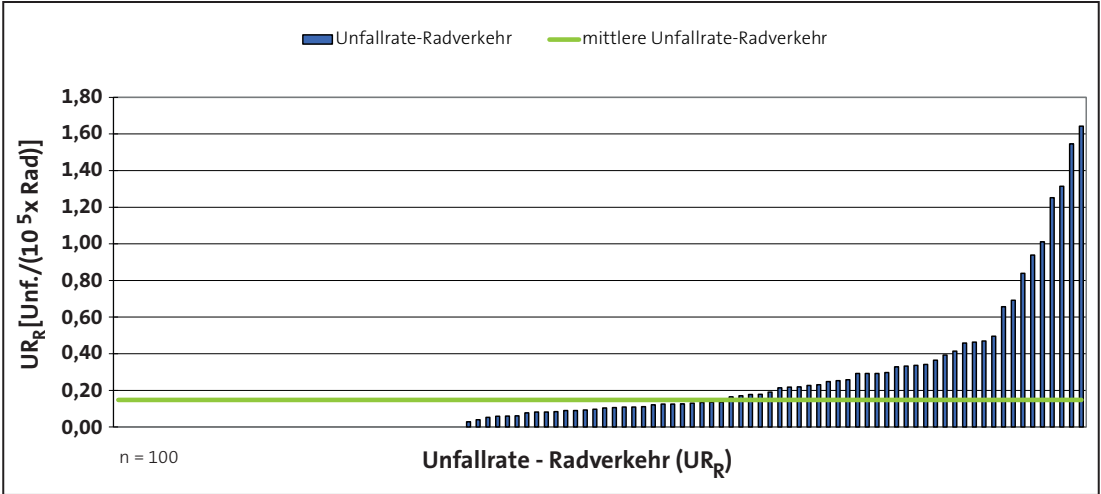


Abbildung 49: Unfallrate UR_R [Unf. / (10⁵ × Rad)]

Tabelle 3: Unfallrate UR - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallrate	0,60 Unfälle / (10 ⁶ × Kfz)
Standardabweichung	0,37
Variationskoeffizient	0,62
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	0,53 ≤ μ ≤ 0,67

Tabelle 4: Unfallrate UR_R - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallrate	0,15 Unfälle / (10 ⁵ × Kfz)
Standardabweichung	0,33
Variationskoeffizient	2,20
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	0,08 ≤ μ ≤ 0,22

Es zeigt sich, dass die Einzelwerte wesentlich stärker um den Mittelwert streuen, als bei der konventionellen Unfallrate. Dies wird durch den vergleichsweise hohen Variationskoeffizienten verdeutlicht.

Unfallrate kombiniert (UR_{kM})

Die mittlere kombinierte Unfallrate (Multiplikation der Verkehrsbelastungen) für alle Knotenpunkte liegt bei 0,48 Unfällen / (10⁹ × Kfz × Rad).

Abbildung 50 zeigt die Unfallraten der einzelnen Knotenpunkte. Tabelle 5 zeigt die statistischen Kennwerte.

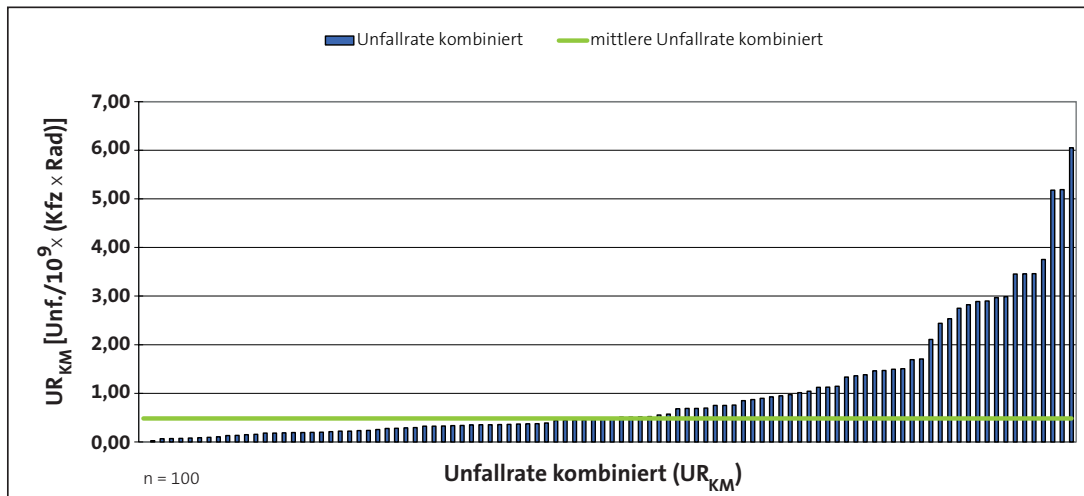


Abbildung 50: Unfallrate UR_{kM} [Unf. / ($10^9 \times \text{Kfz} \times \text{Rad}$)]

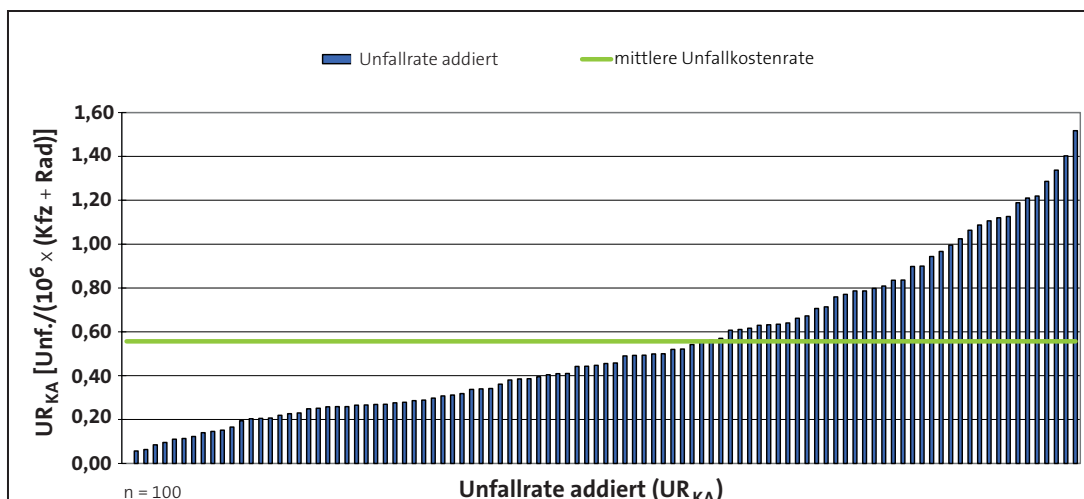


Abbildung 51: Unfallrate UR_{kA} [Unf. / ($10^6 \times (\text{Kfz} + \text{Rad})$)]

Tabelle 5: Unfallrate UR_{kM} - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallrate	0,48 Unfälle/($10^9 \times \text{Kfz} \times \text{Rad}$)
Standardabweichung	1,33
Variationskoeffizient	2,77
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,22 \leq \mu \leq 0,74$

Auch hier zeigt sich eine starke Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert. Dies wird durch den vergleichsweise hohen Variationskoeffizienten verdeutlicht.

Unfallrate kombiniert (UR_{kA})

Die mittlere kombinierte Unfallrate (Addition der Verkehrsbelastungen) für alle Knotenpunkte liegt bei 0,56 Unfällen / ($10^6 \times (\text{Kfz} + \text{Rad})$).

Abbildung 51 zeigt die Unfallraten der einzelnen Knotenpunkte. Tabelle 6 zeigt die statistischen Kennwerte.

Tabelle 6: Unfallrate UR_{kA} - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallrate	0,56 Unfälle/($10^6 \times (\text{Kfz} + \text{Rad})$)
Standardabweichung	0,35
Variationskoeffizient	0,63
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,49 \leq \mu \leq 0,63$

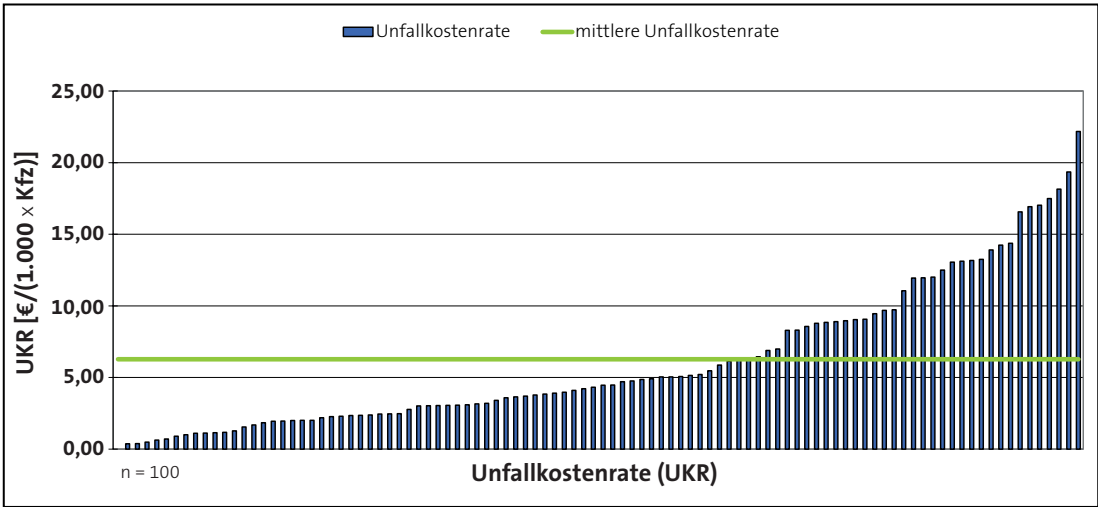


Abbildung 52: Unfallkostenrate (UKR) [€ / (10³ × Kfz)]

Tabelle 7: Unfallrate UKR - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallkostenrate	6,28 € / (10 ³ × Kfz)
Standardabweichung	5,04
Variationskoeffizient	0,80
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	5,28 ≤ μ ≤ 7,28

Bewertung der Eignung der Unfallkenngrößen

Die Berechnungen zeigen, dass die Verwendung der Unfallkenngrößen:

- Unfallrate (UR) und
- Unfallrate kombiniert Addition (UR_{kA})

bei der Beurteilung der Verkehrssicherheit von Kreisverkehren sinnvoll verwendet werden können.

Wegen der erheblichen Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert ist die Verwendung der Unfallkenngrößen:

- Unfallrate Radverkehr (UR_R) und
 - Unfallrate kombiniert Multiplikation (UR_{kM})
- bei der vorliegenden Fragestellung nicht sinnvoll.

5.5.3 Unfallkostenrate

Unfallkostenrate (UKR)

Die mittlere Unfallkostenrate für alle Knotenpunkte liegt bei 6,28 € / (10³ × Kfz).

Abbildung 52 zeigt die Unfallkostenraten der einzelnen Knotenpunkte. Tabelle 7 zeigt die statistischen Kennwerte.

Unfallkostenrate Radverkehr (UKR_R)

Die mittlere Unfallkostenrate bezogen auf den Radverkehr liegt bei 2,42 € / (10² × Rad).

Abbildung 53 zeigt die Unfallkostenraten der einzelnen Knotenpunkte.

Es zeigt sich eine sehr starke Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert. Tabelle 8 zeigt die statistischen Kennwerte.

Unfallkostenrate kombiniert (UKR_{kM})

Die mittlere kombinierte Unfallkostenrate (Multiplikation der Verkehrsbelastungen) für alle Knotenpunkte liegt bei 5,04 € / (10⁶ × Kfz × Rad).

Abbildung 54 zeigt die Unfallkostenraten der einzelnen Knotenpunkte.

Es zeigt sich eine sehr starke Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert. Tabelle 9 zeigt die statistischen Kennwerte.

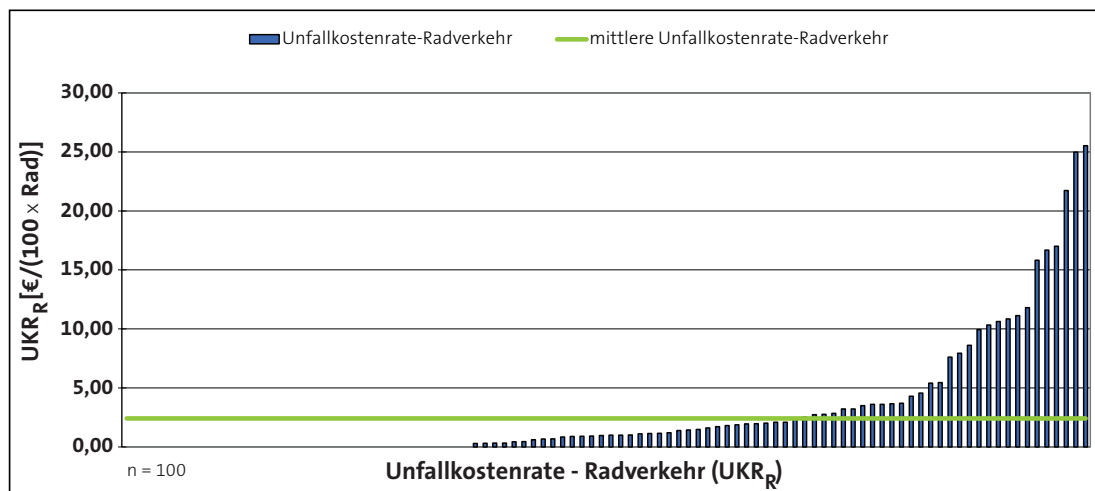


Abbildung 53: Unfallkostenrate UKR_R [€ / ($10^2 \times \text{Rad}$)]

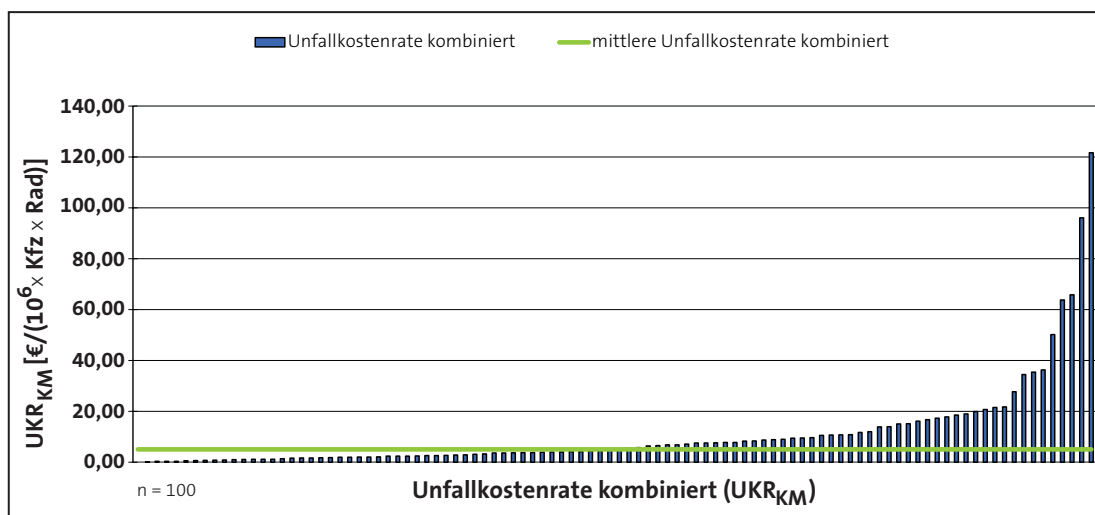


Abbildung 54: Unfallkostenrate UKR_{KM} [€ / ($10^6 \times \text{Kfz} \times \text{Rad}$)]

Tabelle 8: Unfallrate UKR_R - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallkostenrate	2,42 € / ($10^2 \times \text{Rad}$)
Standardabweichung	6,14
Variationskoeffizient	2,54
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$1,20 \leq \mu \leq 3,64$

Tabelle 9: Unfallrate UKR_{KM} - Statistische Kennwerte

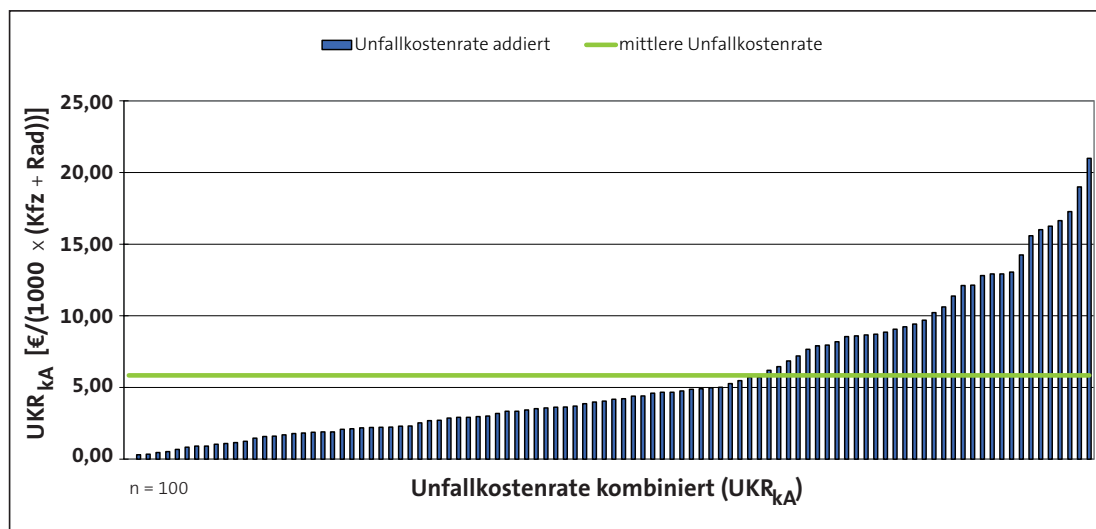
Mittlere Unfallkostenrate	5,04 € / ($10^6 \times \text{Kfz} \times \text{Rad}$)
Standardabweichung	19,47
Variationskoeffizient	3,86
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$1,18 \leq \mu \leq 8,90$

Unfallkostenrate kombiniert (UKR_{KA})

Die mittlere kombinierte Unfallkostenrate (Addition der Verkehrsbelastungen) für alle Knotenpunkte beträgt $5,84 \text{ € / } (10^3 \times (\text{Kfz} + \text{Rad}))$.

Abbildung 55 zeigt die Unfallkostenraten der einzelnen Knotenpunkte.

Tabelle 10 zeigt die statistischen Kennwerte.

Abbildung 55: Unfallkostenrate UKR_{kA} [$\text{€} / (10^3 \times (\text{Kfz} + \text{Rad}))$]Tabelle 10: Unfallrate UKR_{kA} - Statistische Kennwerte

Mittlere Unfallkostenrate	5,84 € / ($10^3 \times (\text{Kfz} + \text{Rad})$)
Standardabweichung	4,80
Variationskoeffizient	0,95
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$4,10 \leq \mu \leq 6,00$

Tabelle 11: Bestimmtheitsmaße

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Bestimmtheitsmaß
DTV (Kfz/24h)	Unfallrate	0,07
DTV (Kfz/24h)	Unfallkostenrate	0,02
DTV (Kfz/24h)	Unfalldichte	0,33
DTV (Kfz/24h)	Unfallkostendichte	0,21

Bewertung der Eignung der Unfallkenngrößen

Die Berechnungen zeigen, dass die Verwendung der Unfallkenngrößen:

- Unfallkostenrate (UKR) und
 - Unfallkostenrate kombiniert Addition (UKR_{kA})
- bei der Beurteilung der Verkehrssicherheit von Kreisverkehren sinnvoll verwendet werden können.

Aufgrund der erheblichen Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert ist die Verwendung der Unfallkenngrößen:

- Unfallkostenrate Radverkehr (UKR_R) und
 - Unfallkostenrate kombiniert Multiplikation (UKR_{kM})
- bei der vorliegenden Fragestellung nicht sinnvoll.

5.6 Verkehrsstärke und Unfallgeschehen

5.6.1 Kfz-Verkehrsbelastungen

Der Zusammenhang zwischen den Kfz-Verkehrsbelastungen und den Unfallkenngrößen wurde mittels Regressionsrechnungen analysiert.

Tabelle 11 zeigt die errechneten Bestimmtheitsmaße. Lediglich zwischen Unfalldichte und Verkehrsbelastungen sowie zwischen Unfallkostendichte und Verkehrsbelastungen zeigt sich ein linearer Zusammenhang.

In den Abbildungen 56 und 57 sind die Zusammenhänge zwischen den Kfz-Verkehrsbelastungen und der Unfalldichte bzw. der Unfallkostendichte grafisch dargestellt.

5.6.2 Radverkehrsbelastungen

Es wurde geprüft, inwieweit ein Zusammenhang zwischen den Radverkehrsbelastungen und den Unfallkenngrößen der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung besteht.

Tabelle 12 zeigt die errechneten Bestimmtheitsmaße.

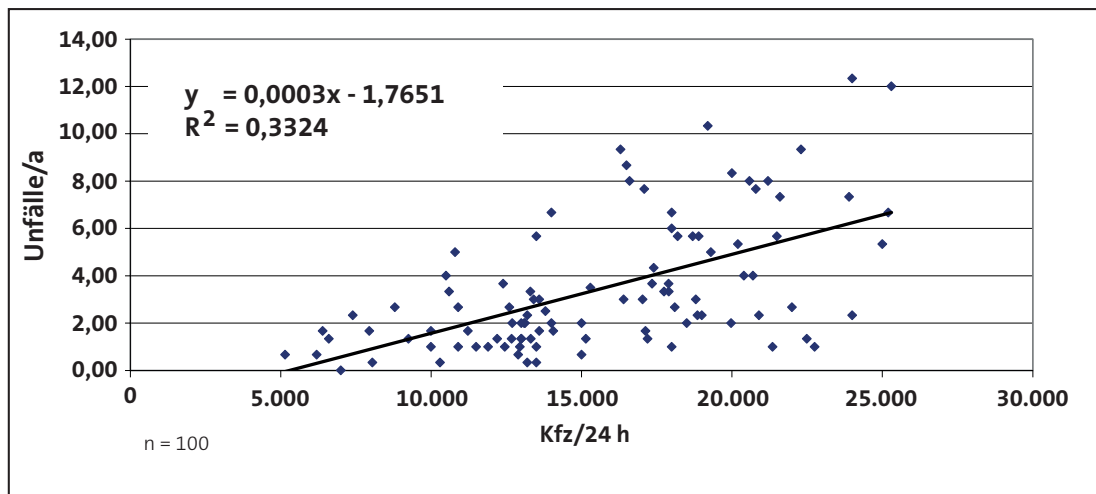


Abbildung 56: Verkehrsbelastungen und Unfalldichte

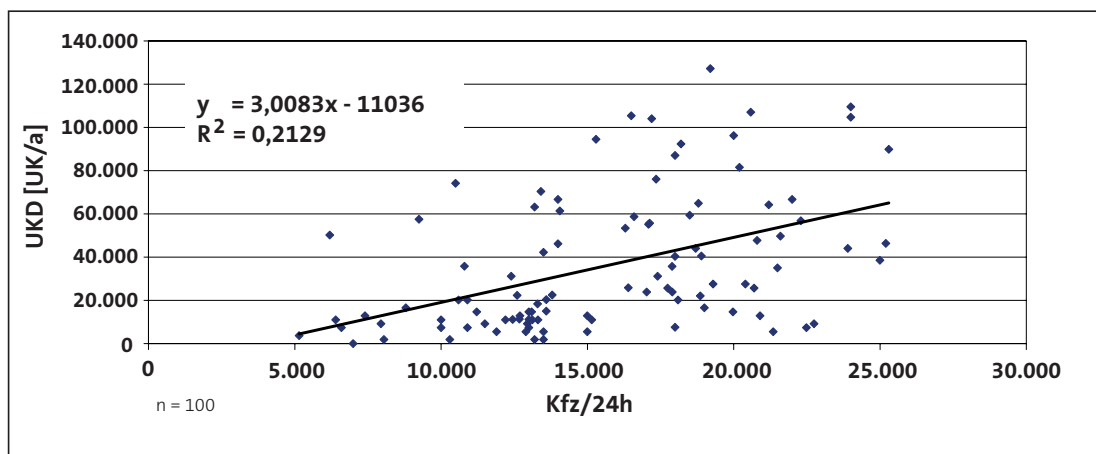


Abbildung 57: Verkehrsbelastungen und Unfallkostendichte

Lediglich zwischen der Unfalldichte und den Radverkehrsbelastungen ist ein linearer Zusammenhang erkennbar.

Die Abbildung 58 zeigt den Verlauf der Regressionsgerade.

Der Struktur der Punktwolke legte die Vermutung nahe, dass der Verlauf der Regressionsgeraden sehr stark durch einen Kreisverkehr bestimmt wird. Hierbei handelt es sich um den Kreisverkehr in Ahaus mit hohen Radverkehrsstärken aber auch zahlreichen Unfällen mit Radfahrerbeteiligung. Daher wurde zusätzlich untersucht, inwieweit ein Zusammenhang zwischen den Radverkehrsbelastungen und der Unfalldichte der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung besteht, wenn der Kreisverkehr in Ahaus nicht mit einbezogen wird. Das Bestimmtheits-

Tabelle 12: Bestimmtheitsmaße

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Bestimmtheitsmaß
DTV (Rad/24h)	Unfallrate Radverkehrsunfälle	0,04
DTV (Rad/24h)	Unfallkostenrate Radverkehrsunfälle	0,02
DTV (Rad/24h)	Unfalldichte Radverkehrsunfälle	0,36
DTV (Rad/24h)	Unfallkostendichte Radverkehrsunfälle	0,13

maß sinkt von 0,36 auf 0,12 und es besteht kaum noch ein linearer Zusammenhang. Die Abbildung 59 zeigt den Verlauf der Regressionsgerade.

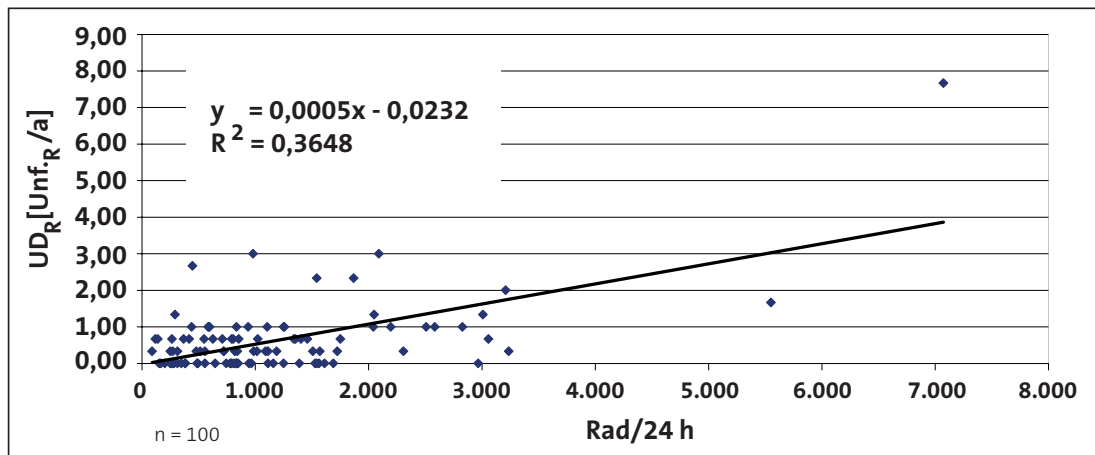


Abbildung 58: Zusammenhang zwischen Radverkehrsbelastungen und Unfalldichte (Unfälle mit Radfahrerbeteiligung)

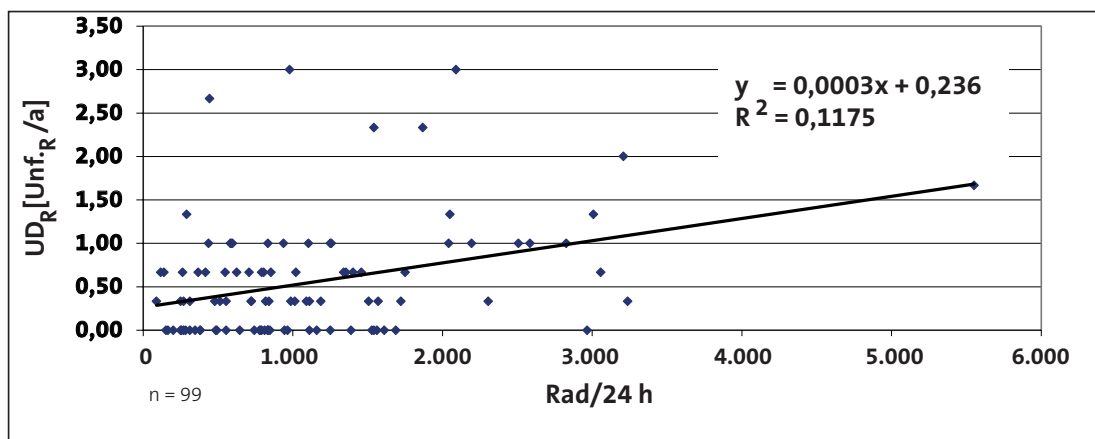


Abbildung 59: Zusammenhang zwischen Radverkehrsbelastungen und Unfalldichte (Unfälle mit Radfahrerbeteiligung ohne Ahaus)

5.6.3 Kombinierte Verkehrsbelastungen

Die in 5.6.1 und 5.6.2 dokumentierten Berechnungen zeigen, dass keine linearen Zusammenhänge zwischen den Kfz- und Radverkehrsbelastungen einerseits und den Unfallraten und Unfallkostenraten andererseits bestehen. Daher wurden bei den weiteren Untersuchungen nur noch Unfalldichten und Unfallkostendichten betrachtet.

Tabelle 13 zeigt die errechneten Bestimmtheitsmaße.

Die Berechnungen zeigen, dass bezogen auf Unfälle, der stärkste lineare Zusammenhang zwischen der Unfalldichte und den mittels Addition kombinierten Kfz- und Radverkehrsbelastungen besteht.

Abbildung 60 zeigt den Zusammenhang.

Zusätzlich wurde auch hier eine Berechnung ohne Berücksichtigung des Kreisverkehrs in Ahaus durchgeführt. Es zeigt sich, dass weiterhin ein linearer Zusammenhang zwischen der kombinierten Verkehrsbelastung (Kfz + Rad) und der Unfalldichte besteht.

Abbildung 61 zeigt den Verlauf der Regressionsgeraden.

Bezogen auf die Unfälle mit Radfahrerbeteiligung besteht der stärkste lineare Zusammenhang zwischen der Unfalldichte und den miteinander multiplizierten Verkehrsbelastungen Kfz und Rad.

Abbildung 62 zeigt den Zusammenhang.

Tabelle 13: Bestimmtheitsmaße

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Bestimmtheitsmaß
DTV (Kfz × Rad/24h)	Unfalldichte (alle Unfälle)	0,16
DTV (Kfz × Rad/24h)	Unfallkostendichte (alle Unfälle)	0,09
DTV (Kfz × Rad/24h)	Unfalldichte (Radverkehrsunfälle)	0,50
DTV (Kfz × Rad/24h)	Unfallkostendichte (Radverkehrsunfälle)	0,17
DTV (Kfz + Rad/24h)	Unfalldichte (alle Unfälle)	0,35
DTV (Kfz + Rad/24h)	Unfallkostendichte (alle Unfälle)	0,22
DTV (Kfz + Rad/24h)	Unfalldichte (Radverkehrsunfälle)	0,23
DTV (Kfz + Rad/24h)	Unfallkostendichte (Radverkehrsunfälle)	0,10

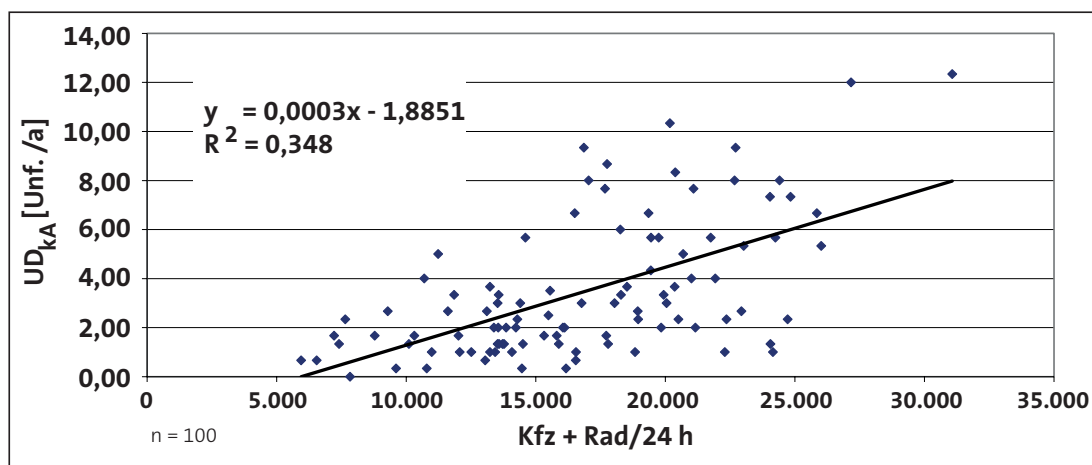


Abbildung 60: Zusammenhang zwischen den kombinierten Verkehrsbelastungen (Kfz + Rad / 24 h) und der Unfalldichte (alle Unfälle)

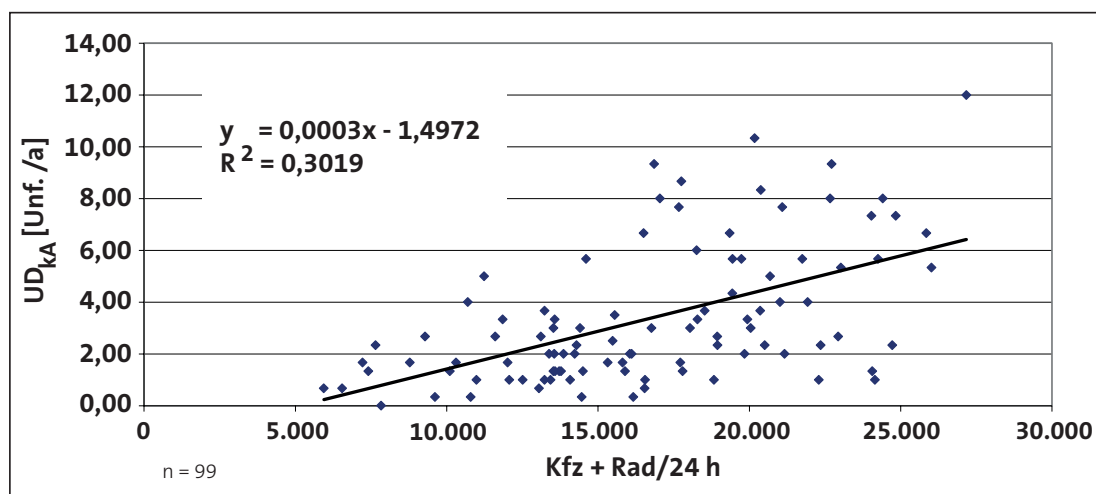


Abbildung 61: Zusammenhang zwischen den kombinierten Verkehrsbelastungen (Kfz + Rad / 24 h) und der Unfalldichte (alle Unfälle ohne Ahaus)

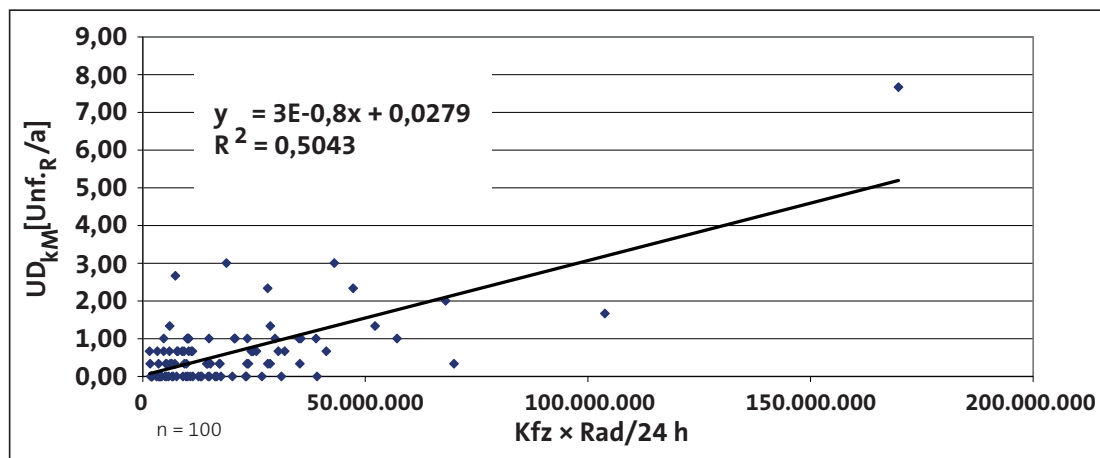


Abbildung 62: Zusammenhang zwischen den kombinierten Verkehrsbelastungen (Kfz x Rad / 24 h) und der Unfalldichte (Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung)

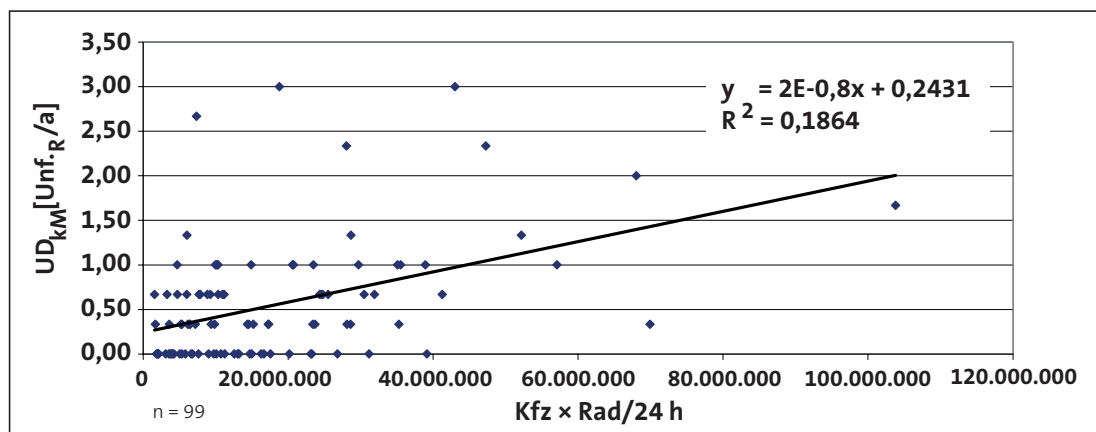


Abbildung 63: Zusammenhang zwischen den kombinierten Verkehrsbelastungen (Kfz x Rad / 24 h) und der Unfalldichte (alle Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung ohne Ahaus)

Sofern bei dieser Betrachtung der Kreisverkehr in Ahaus nicht berücksichtigt wird, sinkt das Bestimmtheitsmaß auf 0,19. Der lineare Zusammenhang ist nur noch schwach.

Abbildung 63 zeigt den Verlauf der Regressionsgerade.

5.6.4 Bewertung

Hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen den Verkehrsbelastungen und den Unfallkenngrößen kommt die Untersuchung zu den folgenden Ergebnissen:

- Es ist kein linearer Zusammenhang zwischen den Kfz-Verkehrsbelastungen und den Unfallraten und Unfallkostenraten nachweisbar.
- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Unfalldichte und den Kfz-Verkehrsbelastungen (Bestimmtheitsmaß 0,33) sowie ein schwächerer Zusammenhang zwischen der Unfallkostendichte und den Kfz-Verkehrsbelastungen (Bestimmtheitsmaß 0,21).
- Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den Radverkehrsbelastungen und den Unfallraten (UR_R) und Unfallkostenraten (UKR_R) Radverkehr.
- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Unfalldichte Radverkehr und den Radverkehrsbelastungen (Bestimmtheitsmaß 0,37). Dieser Zusammenhang wird jedoch sehr stark durch einen Kreisverkehr bestimmt. Sofern dieser Kreisverkehr nicht berücksich-

Tabelle 14: Bestimmtheitsmaße

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Bestimmtheitsmaß
Außendurchmesser [m]	Unfallrate (alle Unfälle)	0,002
Außendurchmesser [m]	Unfallkostenrate (alle Unfälle)	0,000
Außendurchmesser [m]	Unfalldichte (alle Unfälle)	0,001
Außendurchmesser [m]	Unfallkostendichte (alle Unfälle)	0,001

Tabelle 15: Unfallrate nach Außendurchmesser - Statistische Kennwerte

	26 bis 29 m	30 bis 35 m	über 35 m
Anzahl der Kreisverkehre	22	61	17
Mittlere Unfallrate	0,58 Unf. / 10 ⁶ Kfz	0,58 Unf. / 10 ⁶ Kfz	0,68 Unf. / 10 ⁶ Kfz
Standardabweichung	0,35	0,39	0,38
Variationskoeffizient	0,60	0,67	0,56
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,43 \leq \mu \leq 0,73$	$0,48 \leq \mu \leq 0,68$	$0,48 \leq \mu \leq 0,88$

tigt wird, besteht nur noch ein schwacher linearer Zusammenhang (Bestimmtheitsmaß 0,12).

- Es ist ein linearer Zusammenhang zwischen dem Produkt der Kfz- und Radverkehrsbelastungen und der Unfalldichte Radverkehr nachweisbar (Bestimmtheitsmaß 0,50). Auch hier wird der Zusammenhang stark durch einen Kreisverkehr geprägt. Sofern dieser Kreisverkehr nicht berücksichtigt wird, besteht nur noch ein schwacher linearer Zusammenhang (Bestimmtheitsmaß 0,19).
- Bezogen auf alle Unfälle besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Summe der Kfz- und Radverkehrsbelastungen und der Unfalldichte (Bestimmtheitsmaß 0,35).

kenngößen ergeben. Hierzu wurde die folgende Klasseneinteilung festgelegt:

- 26 m bis 29 m
- 30 m bis 35 m
- über 35 m.

Dabei zeigt sich bei Außendurchmessern über 35 m eine tendenziell höhere Unfallrate. Die Berechnung der Konfidenzintervalle zeigt jedoch, dass sich die Konfidenzintervalle deutlich überschneiden und die Abweichungen nicht signifikant sind.

Tabelle 15 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 64 sind die mittleren Unfallraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

Bezogen auf die Unfallkostenrate sind in den Außendurchmesserklassen keine signifikanten Unterschiede erkennbar.

Tabelle 16 zeigt die statistischen Kennwerte.

In der Abbildung 65 sind die mittleren Unfallkostenraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

5.7 Knotenpunktgeometrie und Unfallgeschehen

5.7.1 Außendurchmesser

Zwischen dem Außendurchmesser und den Unfallkenngrößen ist kein linearer Zusammenhang erkennbar.

Tabelle 14 zeigt die errechneten Bestimmtheitsmaße.

Anschließend wurde geprüft, inwieweit sich für einzelne Außendurchmesserklassen unterschiedliche Unfall-

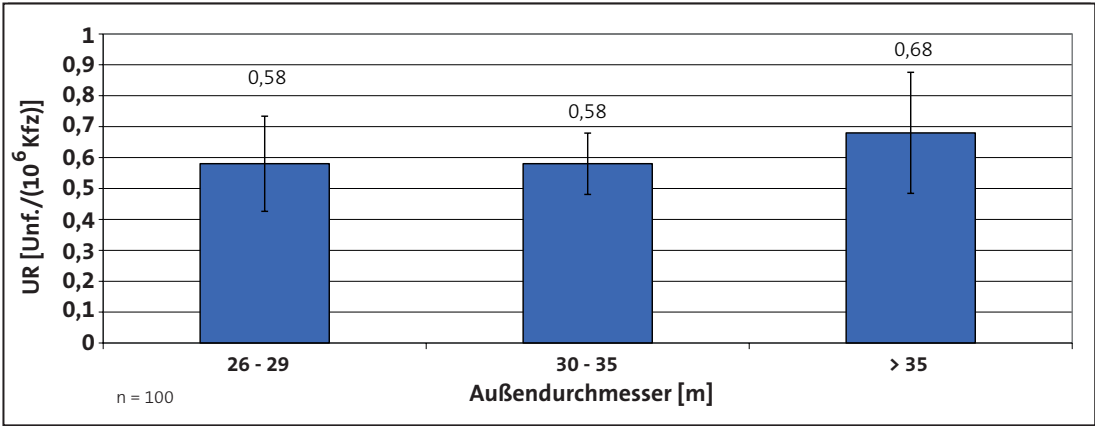


Abbildung 64: Unfallrate nach Außendurchmesser

Tabelle 16: Unfallrate nach Außendurchmesser- Statistische Kennwerte

	26 bis 29 m	30 bis 35 m	über 35 m
Anzahl der Kreisverkehre	22	61	17
Mittlere Unfallrate	6,76 € / 1.000 Kfz	6,13 € / 1.000 Kfz	6,21 € / 1.000 Kfz
Standardabweichung	5,07	5,23	4,61
Variationskoeffizient	75 %	85 %	74 %
Konfidenzintervall Konfidenzniveau 0,95)	4,51 ≤ μ ≤ 9,01	4,78 ≤ μ ≤ 7,48	3,84 ≤ μ ≤ 8,58

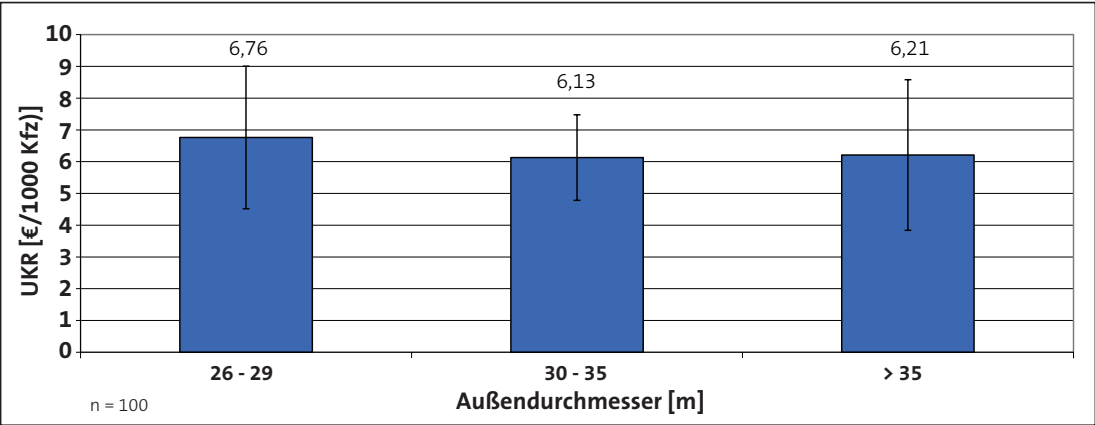


Abbildung 65: Unfallkostenrate nach Außendurchmesser

5.7.2 Anzahl der Knotenpunktarme

Es wurde geprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Knotenpunktarme und den Unfallkenngrößen gibt.

Bei 5-armigen Kreisverkehren zeigt sich tendenziell eine höhere Unfallrate. Die Betrachtung der Konfidenzinter-

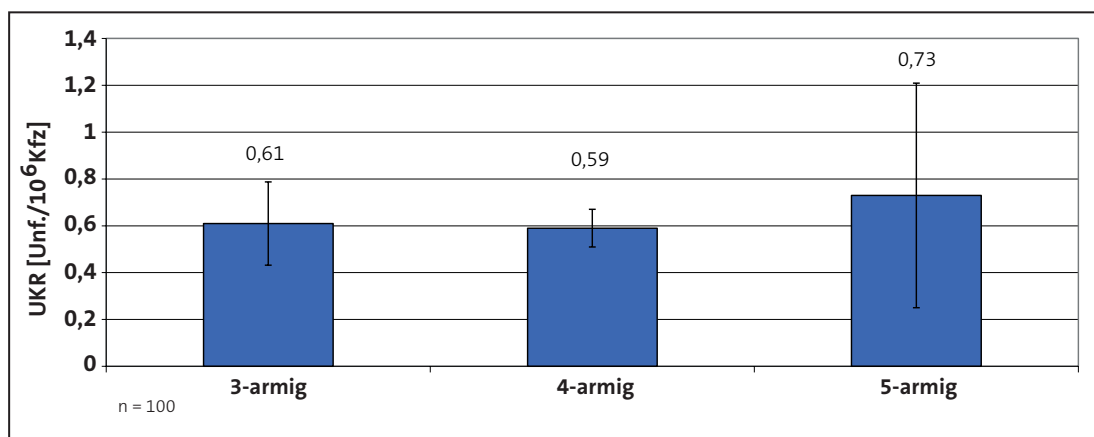
valle zeigt jedoch, dass die Abweichung als nicht signifikant einzustufen ist.

Tabelle 17 zeigt die statistischen Kennwerte.

In der Abbildung 66 sind die mittleren Unfallraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

Tabelle 17: Unfallrate nach Anzahl der Knotenpunktarme - Statistische Kennwerte

	3-armig	4-armig	5-armig
Anzahl der Kreisverkehre	14	79	7
Mittlere Unfallrate	0,61 Unf. / 10^6 Kfz	0,59 Unf. / 10^6 Kfz	0,73 Unf. / 10^6 Kfz
Standardabweichung	0,42	0,36	0,52
Variationskoeffizient	69 %	60 %	71 %
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,37 \leq \mu \leq 0,85$	$0,51 \leq \mu \leq 0,67$	$0,27 \leq \mu \leq 1,19$

**Abbildung 66: Unfallrate nach Anzahl der Knotenpunktarme****Tabelle 18: Unfallkostenrate nach Anzahl der Knotenpunktarme - Statistische Kennwerte**

	3-armig	4-armig	5-armig
Anzahl der Kreisverkehre	14	79	7
Mittlere Unfallrate	4,02 € / 1.000 Kfz	6,21 € / 1.000 Kfz	10,51 € / 1.000 Kfz
Standardabweichung	2,66	5,14	4,48
Variationskoeffizient	66 %	83 %	46 %
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$2,54 \leq \mu \leq 5,50$	$5,05 \leq \mu \leq 7,37$	$6,63 \leq \mu \leq 14,39$

Die Betrachtung der Unfallkostenraten zeigt eine noch deutlichere Abweichung der 5-armigen Kreisverkehre. Die Unfallkostenrate liegt deutlich über den Werten für 3- und 4-armige Kreisverkehre. Da sich die Konfidenzintervalle der Unfallkostenrate bei 3-armigen und 5-armigen Kreisverkehren nicht überdecken, kann mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % eine Verschiedenheit der mittleren Unfallkostenraten angenommen werden.

Tabelle 18 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 67 sind die mittleren Unfallkostenraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

5.7.3 Ablenkung der einfahrenden Kraftfahrzeuge

Ein wichtiges Konstruktionsprinzip von Kreisverkehren ist die Ablenkung der in den Kreisverkehr einfahrenden Fahrzeuge durch die Kreisinself. Gemäß Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] sollte die Ablenkung das zweifache der Fahrstreifenbreite der Zufahrt nicht unterschreiten.

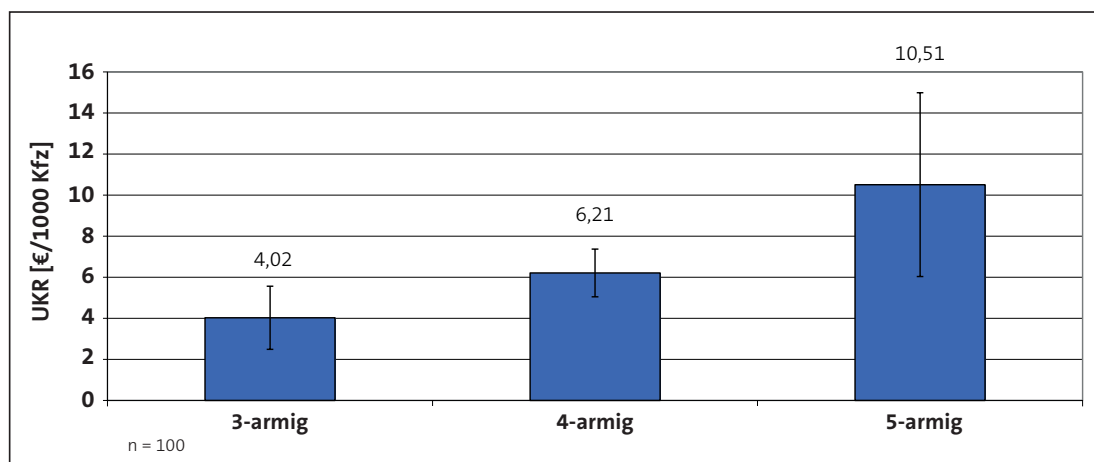


Abbildung 67: Unfallkostenrate nach Anzahl der Knotenpunktarme

Tabelle 19: Unfalldichte (Unfalltyp 303) nach Ablenkmaß in der Zufahrt - Statistische Kennwerte

	Ablenkmaß $\leq 1 \times b_z$	Ablenkmaß $> 1 \times b_z$
Anzahl Knotenpunktarme	22	366
Mittlere Unfalldichte (Unfalltyp 303)	0,38 Unfälle/a	0,30 Unfälle/a
Standardabweichung	0,37	0,44
Variationskoeffizient	0,97	1,47
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,22 \leq \mu \leq 0,54$	$0,25 \leq \mu \leq 0,35$

Es wird vermutet, dass eine unzureichende Ablenkung mit daraus resultierenden höheren Geschwindigkeiten insbesondere zur Erhöhung der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle führt. Im Folgenden wurde geprüft, inwieweit ein Zusammenhang zwischen dem Ablenkmaß in einer Zufahrt und der Anzahl der Unfälle des Unfalltyps 303 in dieser Zufahrt besteht. Für jede Kreisverkehrszufahrt wurde das Ablenkmaß aus den Planunterlagen gemessen. Anschließend wurde für jede Zufahrt die Anzahl der Unfälle des Typs 303 ermittelt. Die Untersuchungen zeigen, dass beim vorliegenden Datenkollektiv kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden kann. Bei den Kreisverkehrszufahrten mit sehr geringem Ablenkmaß von maximal einer Zufahrtsbreite zeigt sich zwar eine tendenziell höhere Unfalldichte, allerdings sind die Unterschiede statistisch nicht signifikant.

Tabelle 19 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 68 sind die mittleren Unfalldichten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

Anschließend wurde geprüft, inwieweit das Ablenkmaß in der zurückliegenden Kreisverkehrszufahrt einen Einfluss auf die Unfälle des Typs 303 in der folgenden Kreisverkehrszufahrt hat. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass eine geringe Ablenkung in der zurückliegenden Zufahrt zu höheren Geschwindigkeiten auf der Kreisfahrbahn und somit zu höheren Unfallrisiken führt. Zwar zeigen sich deutliche Unterschiede in den Mittelwerten bei einem Ablenkmaß unter $1,5 b_z$ und über $1,5 b_z$, doch sind diese Unterschiede aufgrund der Überlappung der Konfidenzintervalle nicht signifikant.

Tabelle 20 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 69 sind die mittleren Unfalldichten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

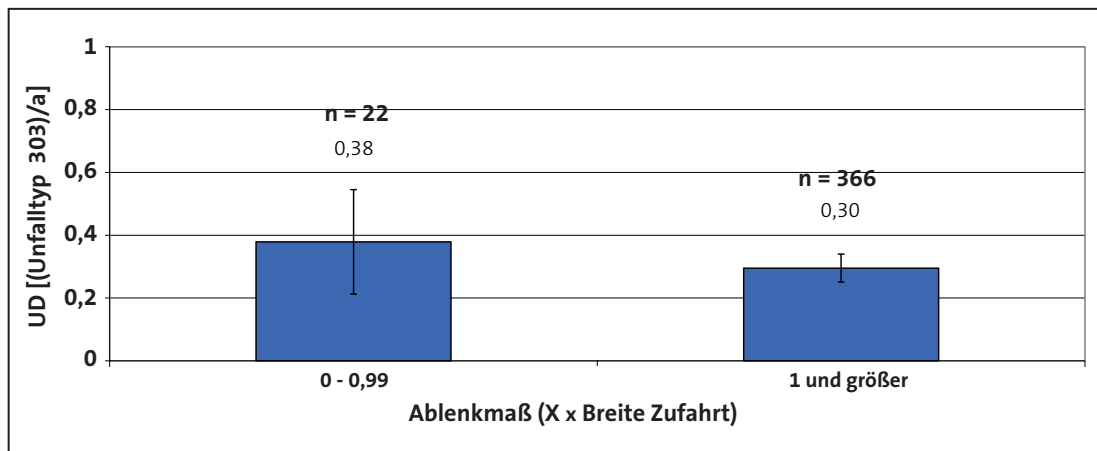


Abbildung 68: Unfalldichte (Unfalltyp 303) nach Ablenkmaß

Tabelle 20: Unfalldichte (Unfalltyp 303) nach Ablenkmaß in der zurückliegenden Zufahrt - Statistische Kennwerte

	Ablenkmaß $\leq 1,5 \times b_z$	Ablenkmaß $1,5 - 2,5 \times b_z$	Ablenkmaß $> 2,5 \times b_z$
Anzahl der Kreisverkehre	64	143	169
Mittlere Unfallrate	0,43 Unfälle/a	0,28 Unfälle/a	0,28 Unfälle/a
Standardabweichung	0,47	0,45	0,40
Variationskoeffizient	1,09	1,61	1,43
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,31 \leq \mu \leq 0,55$	$0,21 \leq \mu \leq 0,35$	$0,22 \leq \mu \leq 0,34$

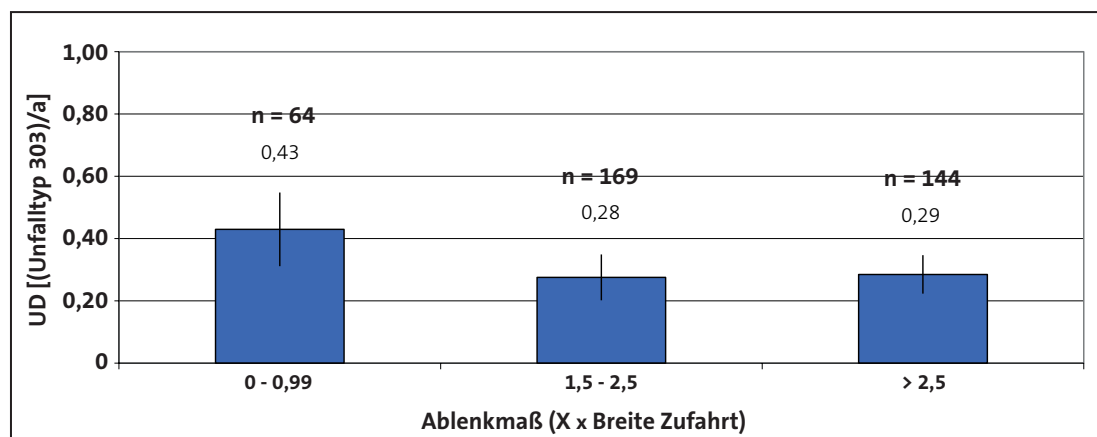


Abbildung 69: Unfalldichte (Unfalltyp 303) nach Ablenkmaß

5.7.4 Bewertung

Die Untersuchung kommt zu den folgenden Ergebnissen:

- Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Außen- durchmesser und den Unfallkenngrößen.
- Es ist ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Kno-

tenpunktarme und der Unfallkostenrate nachweisbar. So weisen 5-armige Kreisverkehre eine signifikant höhere Unfallkostenrate als 3-armige Kreisverkehre auf.

- Zwar konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ablenkmaß und der Anzahl der Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle festgestellt werden. Die Unfalldaten

zeigen jedoch tendenziell einen Einfluss der Ablenkung in der zurückliegenden Zufahrt auf das Unfallgeschehen. Dabei ist grundsätzlich anzumerken, dass es sich bei den untersuchten Kreisverkehren um im wesentlichen Merkblatt konform gestaltete Kreisverkehre handelt. Eine merkliche Unterschreitung des Ablenkmaßes liegt dabei nur in wenigen Zufahrten vor.

5.8 Radverkehrsführung und Unfallgeschehen

5.8.1 Differenzierung nach Führungsformen des Radverkehrs

Im Rahmen der Untersuchung wurden die folgenden Führungsformen unterschieden:

- Mischverkehr mit und ohne Radverkehrsanlagen in den Knotenpunktarmen (Kategorie A)
- umlaufende Radwege mit bevorrechtigter Radfahrerfurt (Kategorie B1)
- umlaufende Radwege mit gemeinsamer Furt für Fußgänger und Radfahrer (Kategorie B2)
- umlaufende Radwege mit vorfahrtrechtlicher Unterordnung der Radfahrer an den Querungsstellen (Kategorie B3).

5.8.2 Verkehrsbelastungen

Abbildung 70 zeigt die mittleren Kfz-Verkehrsstärken an den einzelnen Kreisverkehrskategorien.

Die Kreisverkehre der Kategorie B1 weisen dabei mit im Mittel 17.753 Kfz/24h die höchsten Kfz-Verkehrsstärken auf. Die geringsten Kfz-Verkehrsstärken treten mit im Mittel 13.913 Kfz/24h an Kreisverkehren der Kategorie A auf.

Auch bezogen auf die Radverkehrsbelastungen weisen die untersuchten Kreisverkehre der Kategorie B1 mit im Mittel 1.512 Rad/24h die höchsten Belastungen auf. Die geringsten Radverkehrsstärken wurden mit im Mittel 750 Rad/24h an den Kreisverkehren der Kategorie B2 beobachtet.

5.8.3 Unfallrate

Unfallrate UR

Die Berechnung der Unfallrate (alle Unfälle bezogen auf die Kfz-Verkehrsstärken) zeigt für die Kreisverkehre der Kategorie A mit 0,46 Unfällen/10⁶Kfz den niedrigsten Wert. Die höchsten Werte ergeben sich mit 0,80 Unfällen/10⁶Kfz für die Kreisverkehre der Kategorie B2 und mit 0,75 Unfällen/10⁶Kfz für die Kreisverkehre der Kategorie B1.

Die Betrachtung der Konfidenzintervalle zeigt, dass lediglich die Abweichung zwischen den Unfallraten der Kategorien A und B1 auf einem Konfidenzniveau von 0,95 statistisch signifikant sind. Zwischen den übrigen Kategorien kommt es jeweils zu einer Überschneidung der Konfidenzintervalle.

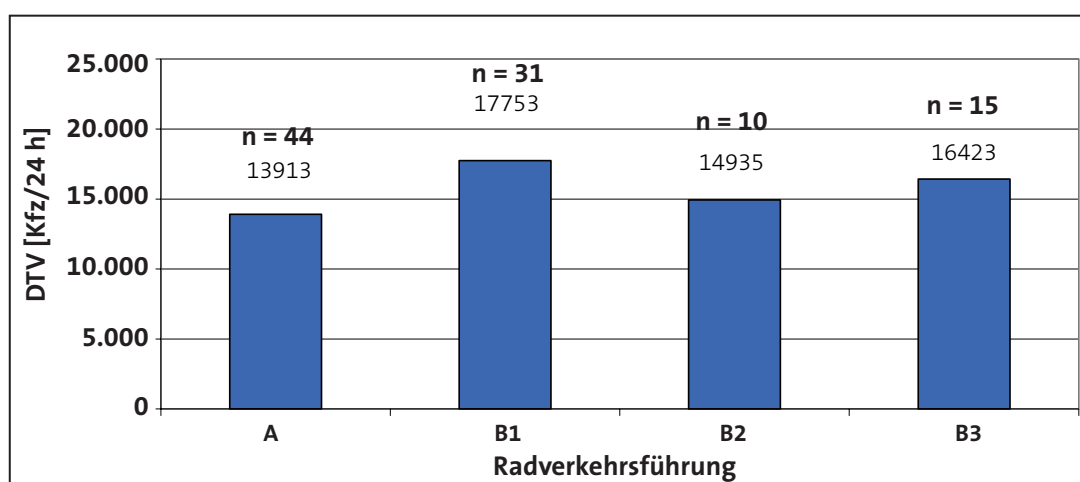


Abbildung 70: Mittlere Kfz-Verkehrsbelastungen [Kfz/24 h] nach Radverkehrsführung

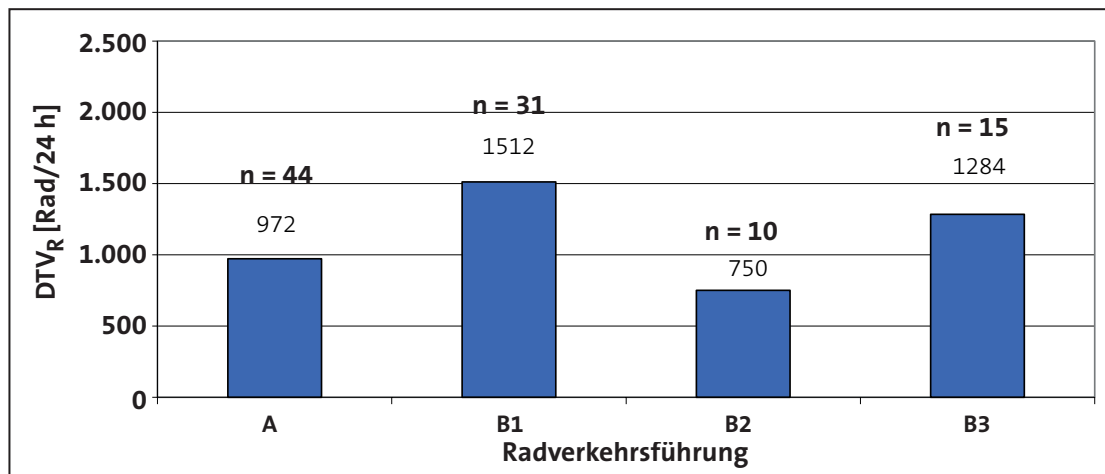


Abbildung 71: Mittlere Radverkehrsbelastungen [Kfz/24 h] nach Radverkehrsführung

Tabelle 21: Mittlere Unfallrate UR nach Radverkehrsführung - Statistische Kennwerte

	Kategorie A	Kategorie B1	Kategorie B2	Kategorie B3
Anzahl der Kreisverkehre	44	31	10	15
Mittlere Unfallrate	0,46 Unf. / 10 ⁶ Kfz	0,75 Unf. / 10 ⁶ Kfz	0,80 Unf. / 10 ⁶ Kfz	0,53 Unf. / 10 ⁶ Kfz
Standardabweichung	0,33	0,39	0,46	0,29
Variationskoeffizient	0,71	0,52	0,57	0,55
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,36 \leq \mu \leq 0,56$	$0,61 \leq \mu \leq 0,89$	$0,47 \leq \mu \leq 1,13$	$0,37 \leq \mu \leq 0,69$

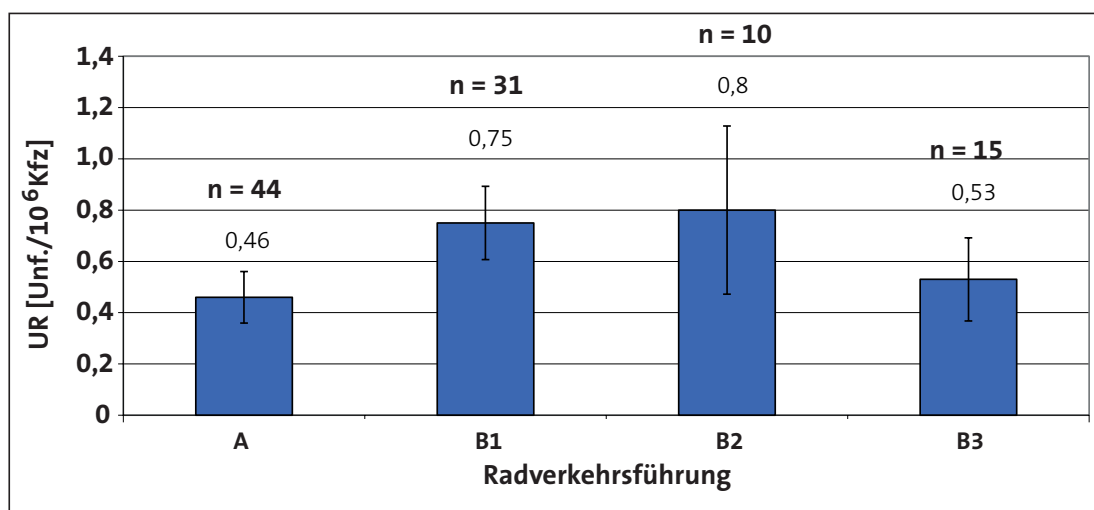


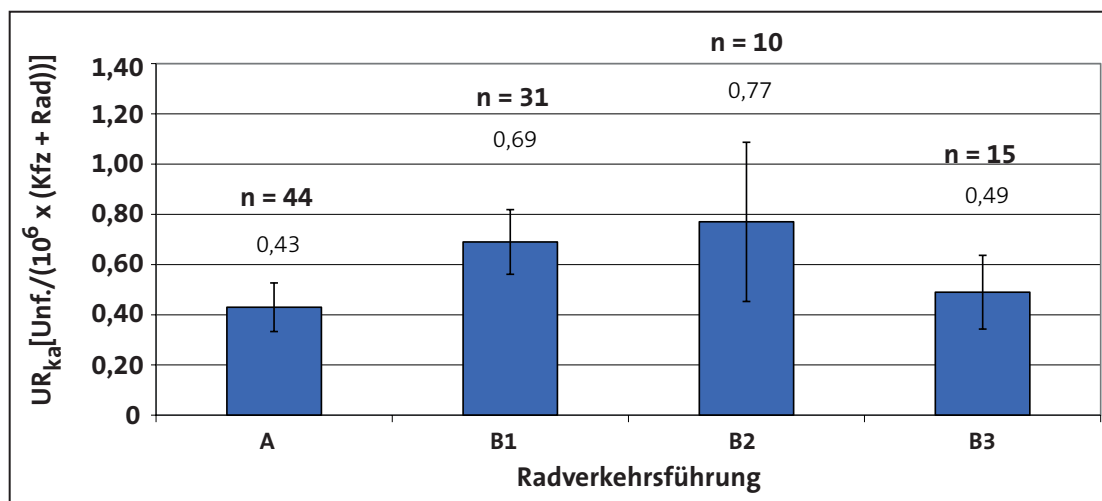
Abbildung 72: Mittlere Unfallrate UR nach Radverkehrsführung

Tabelle 21 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 72 sind die mittleren Unfallraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

Tabelle 22: Mittlere Unfallrate UR_{kA} nach Radverkehrsführung - Statistische Kennwerte

	Kategorie A	Kategorie B1	Kategorie B2	Kategorie B3
Anzahl der Kreisverkehre	44	31	10	15
Mittlere Unfallrate UR_{kA}	0,43 Unf./ $10^6 \times (Kfz + Rad)$	0,69 Unf./ $10^6 \times (Kfz + Rad)$	0,77 Unf./ $10^6 \times (Kfz + Rad)$	0,49 Unf./ $10^6 \times (Kfz + Rad)$
Standardabweichung	0,32	0,35	0,44	0,26
Variationskoeffizient	0,74	0,51	0,58	0,54
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$0,33 \leq \mu \leq 0,53$	$0,56 \leq \mu \leq 0,82$	$0,45 \leq \mu \leq 1,09$	$0,34 \leq \mu \leq 0,64$

Abbildung 73: Mittlere Unfallrate UR_{kA} nach Radverkehrsführung

Unfallrate kombiniert UR_{kA}

Die Berechnung der Unfallrate (alle Unfälle bezogen auf die Summe der Kfz- und Radverkehrsstärken) zeigt für die Kreisverkehre der Kategorie A mit 0,43 Unfällen/ $(10^6 \times (Kfz + Rad))$ den niedrigsten Wert. Die höchsten Werte ergeben sich mit 0,77 Unfällen/ $(10^6 \times (Kfz + Rad))$ für die Kreisverkehre der Kategorie B2 und mit 0,69 Unfällen/ $(10^6 \times (Kfz + Rad))$ für die Kreisverkehre der Kategorie B1.

Die Betrachtung der Konfidenzintervalle zeigt, dass lediglich die Abweichung zwischen den Unfallraten der Kategorien A und B1 auf einem Konfidenzniveau von 0,95 signifikant sind.

Tabelle 22 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 73 sind die mittleren Unfallraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

5.8.4 Unfallkostenrate

Unfallkostenrate UKR

Die Berechnungen zeigen Unterschiede zwischen den Unfallkostenraten. Die niedrigste Unfallkostenrate weisen Kreisverkehre der Kategorie B3 mit 4,48 € / 1.000 Kfz auf sowie Kreisverkehre der Kategorie A mit 5,47 € / 1.000 Kfz auf. Die Unfallkostenraten der Kategorien B2 und B3 liegen mit 7,46 € / 1.000 Kfz bzw. 8,26 € / 1.000 Kfz zwar höher, doch sind die Unterschiede aufgrund der Überlappung der Konfidenzintervalle auf einem Konfidenzniveau von 0,95 nicht signifikant.

Tabelle 23: Unfallkostenrate UKR nach Radverkehrsführung - Statistische Kennwerte

	Kategorie A	Kategorie B1	Kategorie B2	Kategorie B3
Anzahl der Kreisverkehre	44	31	10	15
Mittlere Unfallrate	5,47 € / 1.000 Kfz	7,46 € / 1.000 Kfz	8,26 € / 1.000 Kfz	4,48 € / 1.000 Kfz
Standardabweichung	5,20	4,78	6,61	2,84
Variationskoeffizient	0,95	0,64	0,80	0,63
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$3,89 \leq \mu \leq 7,05$	$5,71 \leq \mu \leq 9,21$	$3,54 \leq \mu \leq 12,98$	$2,91 \leq \mu \leq 6,05$

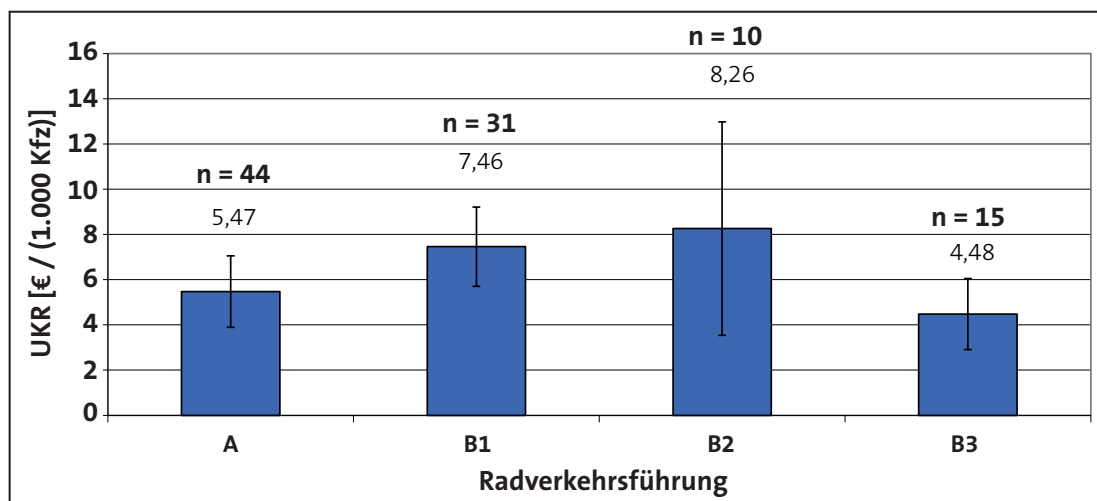


Abbildung 74: Mittlere Unfallkostenrate UKR nach Radverkehrsführung

Tabelle 23 zeigt die statistischen Kennwerte.

Tabelle 24 zeigt die statistischen Kennwerte.

In Abbildung 74 sind die mittleren Unfallkostenraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

In Abbildung 75 sind die mittleren Unfallkostenraten mit den Konfidenzintervallen grafisch dargestellt.

Unfallkostenrate kombiniert UKR_{kA}

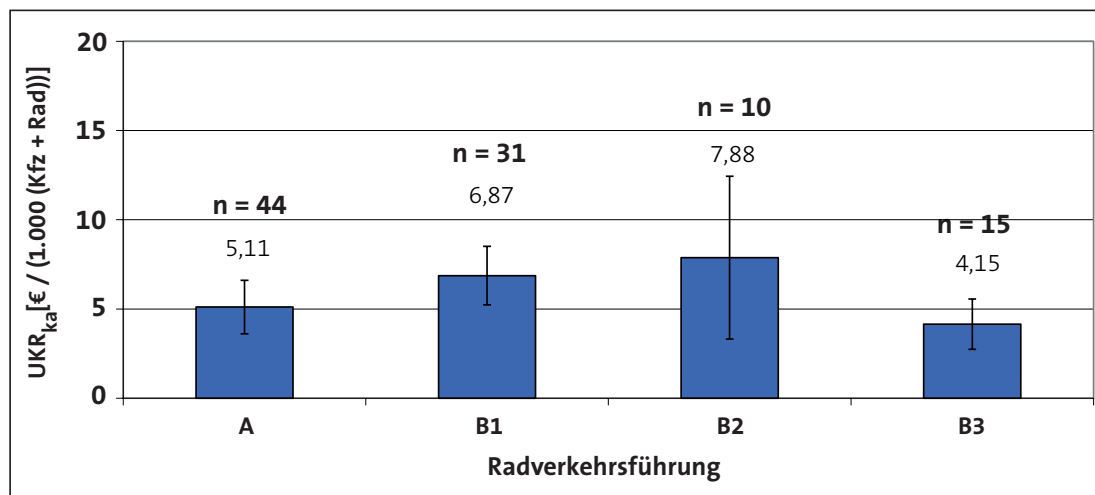
Bezogen auf die kombinierte Unfallkostenrate mit Addition der Verkehrsbelastungen Kfz und Rad weisen die Kategorien B3 mit 4,15 € / (1.000 (Kfz + Rad)) und A mit 5,11 € / (1.000 (Kfz + Rad)) die niedrigsten Werte auf. Die Unterschiede zu den Unfallkostenraten der anderen Kategorien sind aufgrund der Überlappung der Konfidenzintervalle jedoch auf einem Konfidenzniveau von 0,95 nicht signifikant.

5.8.5 Unfalltypen

In Abhängigkeit von der Art der Radverkehrsführung treten unterschiedliche Unfalltypen auf. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf Unfälle mit Radfahrer-beteiligung.

Tabelle 24: Unfallkostenrate UKR_{KA} nach Radverkehrsführung - Statistische Kennwerte

	Kategorie A	Kategorie B1	Kategorie B2	Kategorie B3
Anzahl der Kreisverkehre	44	31	10	15
Mittlere Unfallrate	5,11 € / 1.000 (Kfz + Rad)	6,87 € / 1.000 (Kfz + Rad)	7,88 € / 1.000 (Kfz + Rad)	4,15 € / 1.000 (Kfz + Rad)
Standardabweichung	4,92	4,47	6,38	2,54
Variationskoeffizient	0,96	0,65	0,81	0,61
Konfidenzintervall (Konfidenzniveau 0,95)	$3,61 \leq \mu \leq 6,61$	$5,23 \leq \mu \leq 8,51$	$3,31 \leq \mu \leq 12,41$	$2,74 \leq \mu \leq 5,56$

Abbildung 75: Mittlere Unfallkostenrate UKR_{KA} nach Radverkehrsführung

Mischverkehr mit und ohne Radverkehrsanlagen in den Knotenpunktarmen (Kategorie A)

Der Auswertung lagen die Daten von 48 Unfällen mit Radfahrerbeteiligung zugrunde. Bei 40 % der Unfälle handelte es sich um Einbiegen/Kreuzen-Unfälle (Unfalltyp 303). Dabei wurde in der Regel der Vorrang des bevorrechtigten Radfahrers auf der Kreisfahrbahn durch einfahrende Kraftfahrer missachtet. Etwa 19 % der Unfälle waren dem Unfalltyp Abbiegeunfälle (Unfalltyp 232) zuzuordnen. Dabei wurden Radfahrer auf der Kreisfahrbahn vor der Ausfahrt durch überholende Kraftfahrer geschnitten. Etwa 10 % der Unfälle ereigneten sich an den Querungsstellen für Fußgänger (Unfalltypen 341 bis 349).

Abbildung 76 verdeutlicht die Unfalltypen.

Umlaufende Radwege mit bevorrechtigter Radfahrerfurt (Kategorie B1)

Der Auswertung lagen die Daten von 115 Unfällen mit Radfahrerbeteiligung zugrunde. Etwa 88 % der Unfälle ereigneten sich an den Querungsstellen. Bei etwa 50 % aller Unfälle befuhren die Radfahrer die Querungsstelle entgegen dem Uhrzeigersinn (Unfalltypen 341 und 344). Bei etwa 38 % aller Unfälle wurde die Querungsstelle im Uhrzeigersinn gequert (Unfalltypen 342 und 343). Weitere 5 % der Unfälle ereigneten sich als Einbiegen/Kreuzen-Unfälle am Konfliktpunkt Einfahrt in die Kreisfahrbahn (Unfalltyp 303).

Abbildung 77 verdeutlicht die Unfalltypen.

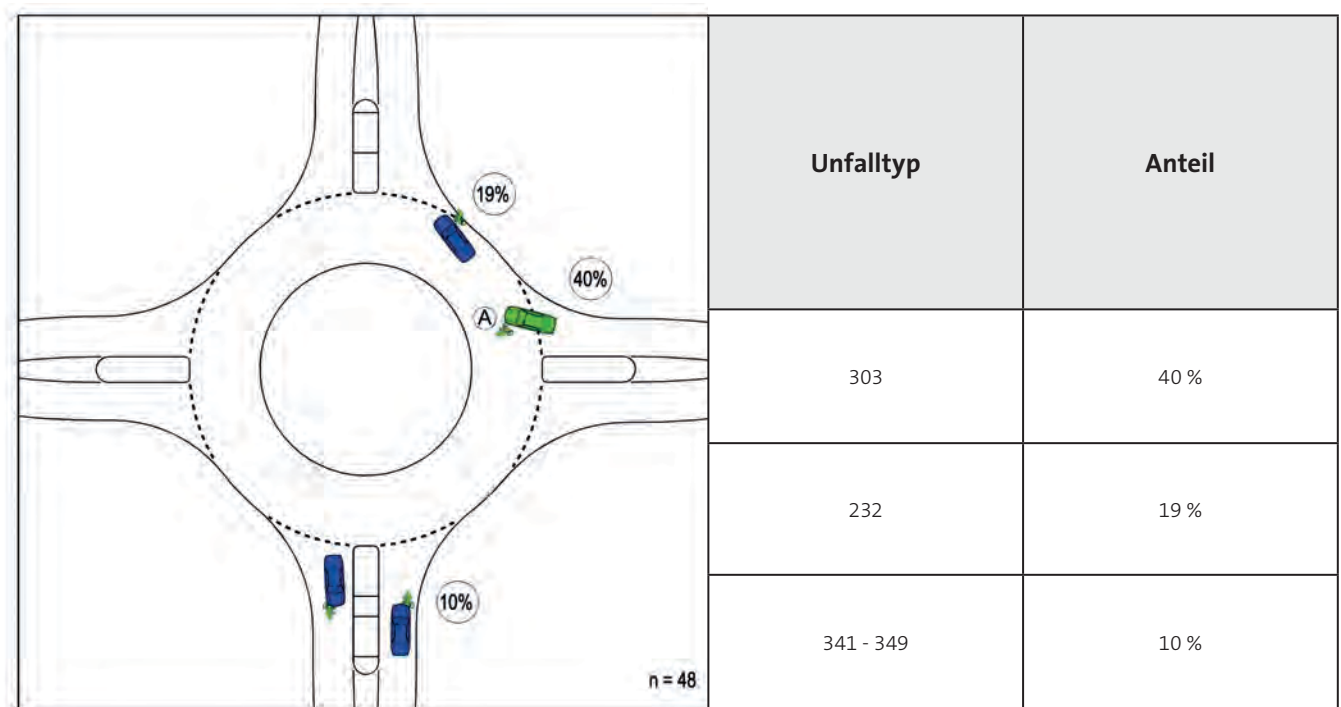


Abbildung 76: Unfalltypen - Kategorie A

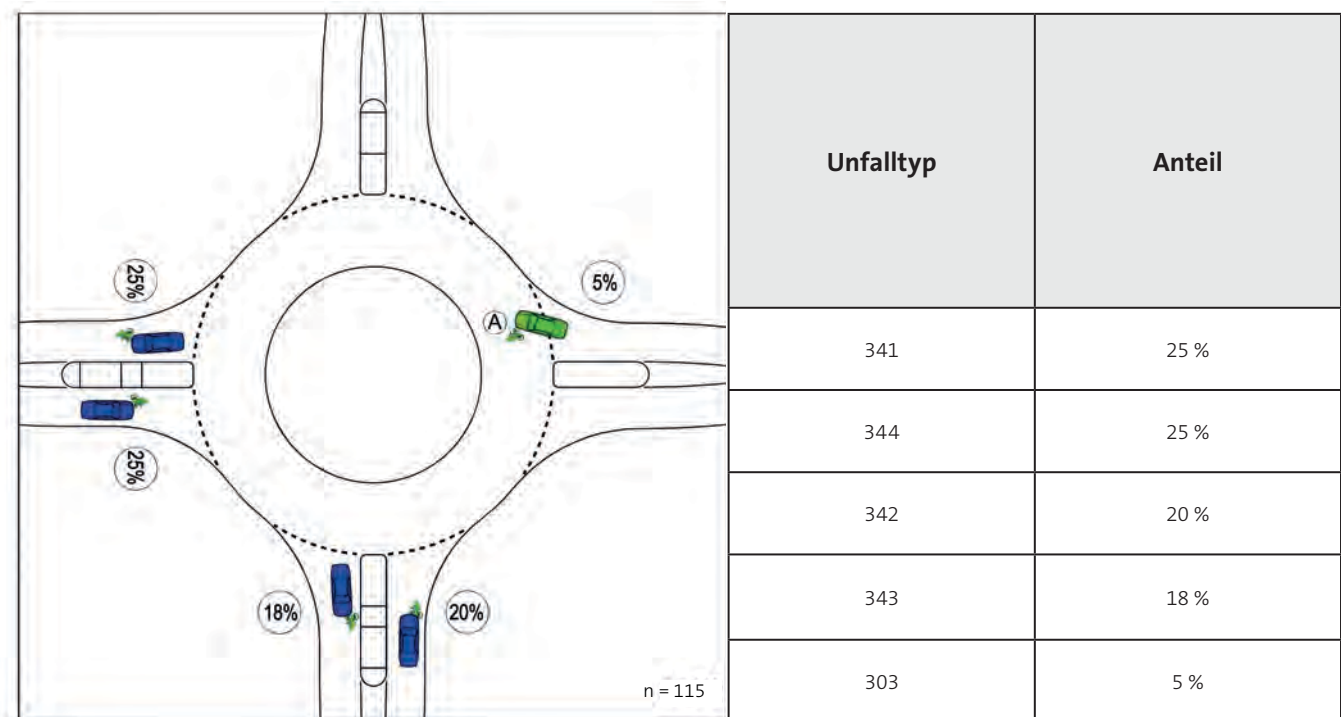


Abbildung 77: Unfalltypen - Kategorie B1

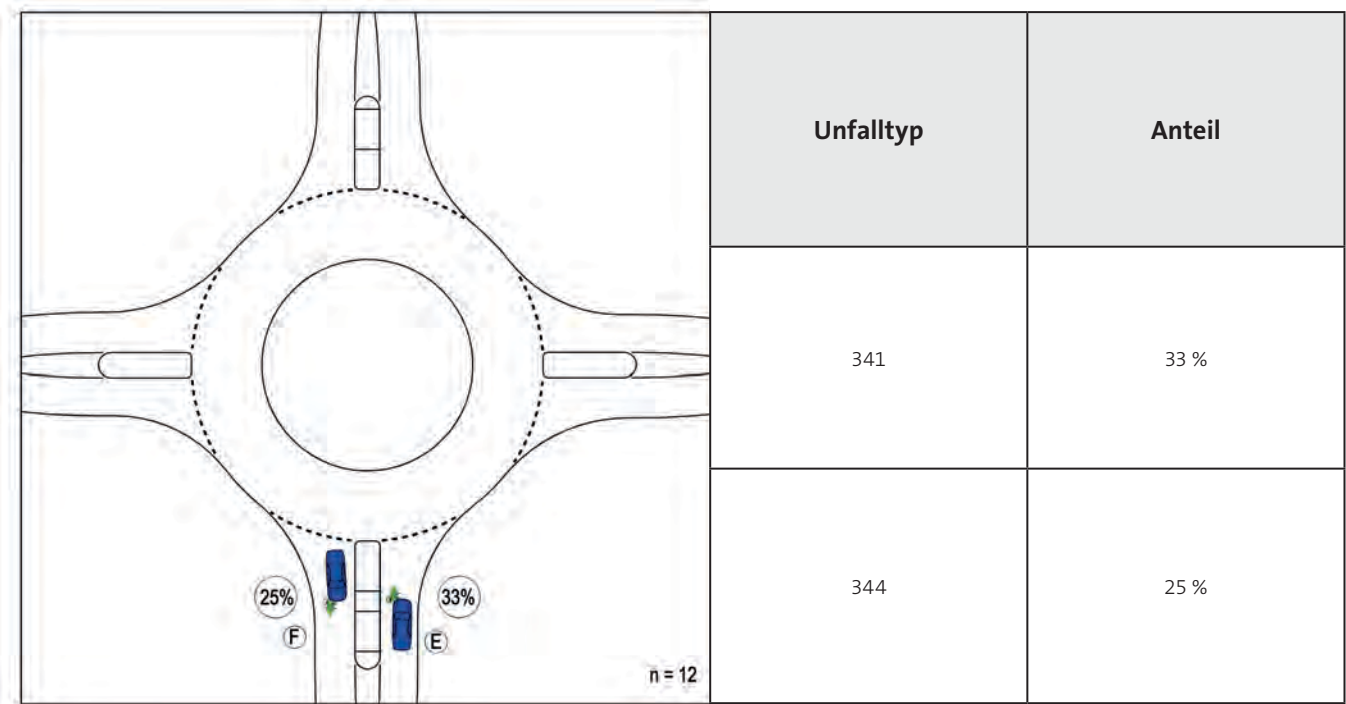


Abbildung 78: Unfalltypen - Kategorie B3

Tabelle 25: Vergleich der Unfallraten

	A	B1	B2	B3
Unfallrate UR	0,46	0,75	0,80	0,53
Unfallrate UR _{kA}	0,43	0,69	0,77	0,49

Tabelle 26: Vergleich der Unfallkostenraten

	A	B1	B2	B3
Unfallrate UR	5,47	7,46	8,26	4,48
Unfallrate UR _{kA}	5,11	6,87	7,88	4,15

Umlaufende Radwege mit vorfahrtrechtlicher Unterordnung der Radfahrer an den Querungsstellen (Kategorie B3)

Der Auswertung lagen die Daten von lediglich 12 Unfällen mit Radfahrerbeteiligung zugrunde. Hiervon ereigneten sich sieben Unfälle (58%) an den Querungsstellen. Bei allen Unfällen querten die Radfahrer in der vorgeschriebenen Fahrtrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn.

Abbildung 78 verdeutlicht die Unfalltypen.

5.8.6 Bewertung

In Tabelle 25 sind die Unfallraten für die vier Kreisverkehrskategorien vergleichend zusammengefasst.

Es zeigt sich insgesamt, dass die beiden Kategorien A und B3 die niedrigsten Unfallraten aufweisen. Allerdings sind nur die Unterschiede zwischen den Kategorien A und B1 auf einem Konfidenzniveau von 0,95 signifikant.

Bei der Betrachtung der Unfallkostenraten zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier weisen die Kategorien A und B3 die günstigsten Werte auf. Signifikante Unterschiede sind auf einem Konfidenzniveau von 0,95 jedoch nicht nachweisbar.

In Tabelle 26 sind die Unfallkostenraten für die vier Kreisverkehrskategorien vergleichend zusammengefasst.

6 Verkehrsverhaltensbeobachtungen

6.1 Methodik

Im Rahmen der Unfallanalyse wurden spezifische Unfallsbilder und Unfallkenngrößen in Abhängigkeit von der Führungsform für Radfahrer herausgearbeitet. Ausgehend von den unterschiedlichen Führungsformen des Radverkehrs sollen im Rahmen der Verhaltensbeobachtungen Zusammenhänge zwischen Führungsformen der Radfahrer und Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer aufgezeigt werden.

Darüber hinaus sind in Abhängigkeit von der Radverkehrsführung jeweils kritische Situationen zu identifizieren, die gegebenenfalls mit baulichen oder betrieblichen Eigenschaften der Kreisverkehre in Beziehung gesetzt werden können.

An insgesamt 10 Kreisverkehren wurde das Verkehrsgeschehen an einem Werktag im Zeitraum von 12:00 bis 17:00 Uhr mittels Videokameras erfasst. Die Positionen der Videokameras wurden dabei in Abhängigkeit von den örtlichen Voraussetzungen individuell festgelegt. Die einzelnen Kreisverkehre wurden jeweils mit mehreren Videokameras zeitgleich erfasst, um möglichst eine vollständige Erfassung der gesamten Kreisverkehrsanlagen zu gewährleisten. Dabei wurden möglichst unauffällige Kamerastandorte gewählt, um ein weitgehend unbeeinflusstes Verkehrsverhalten zu gewährleisten. Diese Voraussetzung führte bei einigen Kreisverkehren dazu, dass nicht für alle Knotenpunktarme geeignete Kamerastandorte vorlagen.

Die Auswertungen konzentrierten sich auf das Verhalten der Radfahrer sowie auf die Interaktion zwischen Radfahrern und anderen Verkehrsteilnehmern. Zur Beschreibung der Besonderheiten des Verkehrsablaufes wurden die folgenden Kenngrößen herangezogen:

- Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung
- Flächenbelegung durch Radfahrer auf der Kreisfahrbahn
- Regelverstöße
- auffällige Verhaltensweisen
- Interaktionen.

6.2 Auswahl der Untersuchungsstellen

6.2.1 Allgemeines

Bei der Auswahl der Untersuchungsstellen wurden nur Kreisverkehre mit nennenswertem Kfz- und Radverkehrsaufkommen berücksichtigt. Dabei wurden die folgenden Radverkehrsführungen betrachtet:

- Mischverkehr auf der Kreisfahrbahn (Kategorie A): drei Anlagen
- Umlaufende Radwege mit übergeordneten Radfahrerfurten (Kategorie B1): vier Anlagen
- Umlaufende Radwege mit Unterordnung der Radfahrer (Kategorie B3): drei Anlagen.

Kreisverkehre mit umlaufenden Radwegen und übergeordneten gemeinsamen Furten für Radfahrer und Fußgänger wurden hingegen nicht berücksichtigt, da keine geeigneten Kreisverkehre mit entsprechend hohem Kfz- und Radverkehrsaufkommen identifiziert werden konnten.

6.2.2 Kreisverkehre mit Mischverkehr auf der Kreisfahrbahn

Es wurden die folgenden drei Kreisverkehrsanlagen einbezogen:

- Herne (Bahnhofstraße)
- Gladbeck (Horster Straße)
- Gladbeck (Schützenstraße).

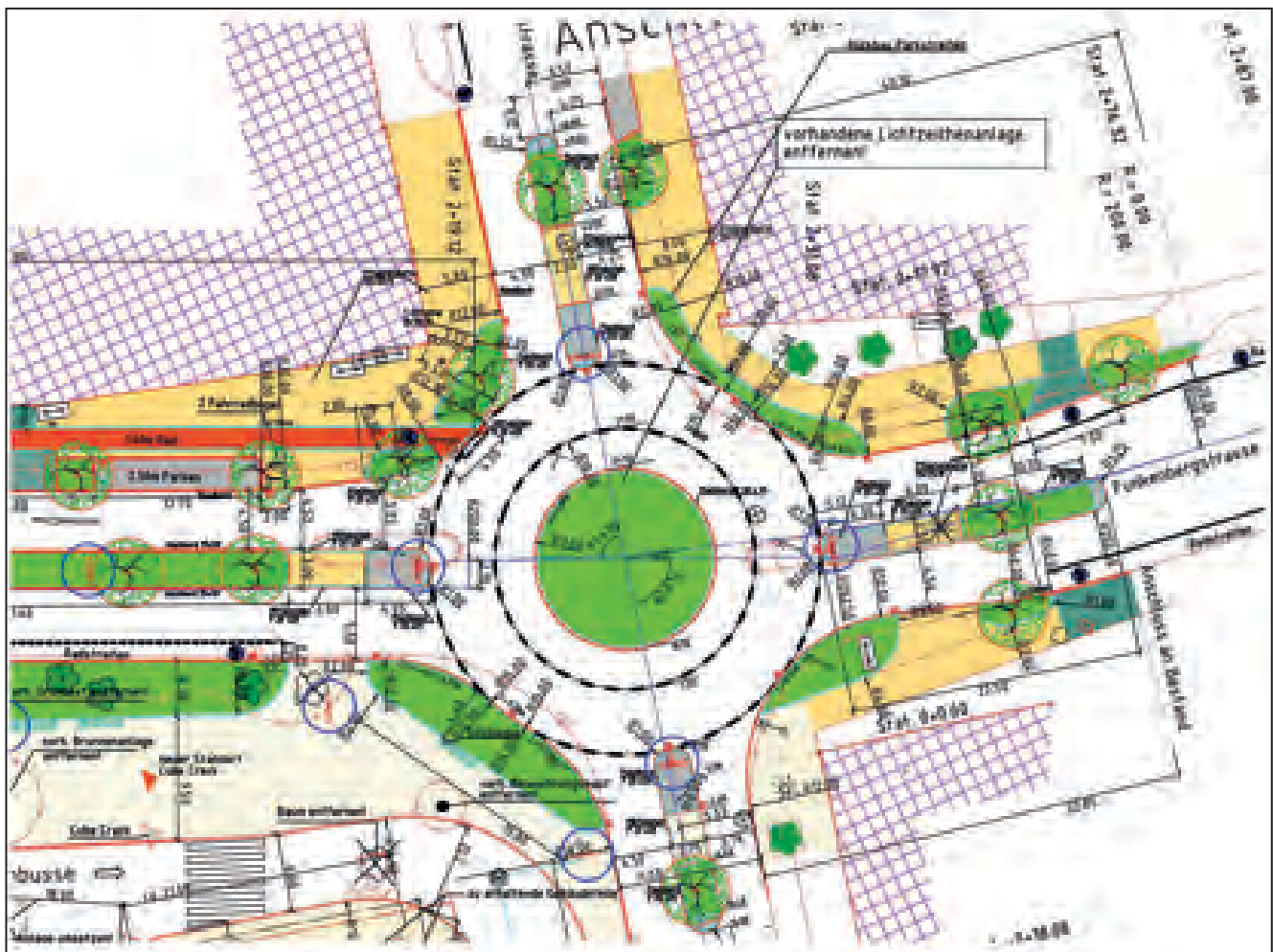


Abbildung 79 a: Kreisverkehr Herne (Bahnhofstraße)
[Quelle: Stadt Herne / Google]

Herne (Bahnhofstraße)

Dieser Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 30m. Der 8m breite Kreisring ist in eine 5m breite Kreisfahrbahn und einen 3m breiten Innenring unterteilt. Der Innenring ist lediglich mittels Markierung von der Kreisfahrbahn abgetrennt.

Der Kreisverkehr zeichnet sich durch ein mittleres Kfz-Belastungsniveau (DTV 13.500 Kfz/24 h) und durch nennenswerte Radverkehrsstärken (1.100 Radfahrer/24h) aus. Aufgrund der unmittelbaren Lage am Busbahnhof sind zudem erhebliche Fußgängerstärken (830 querende Fußgänger/2 h) zu beobachten.

In den Knotenpunktarmen sind jeweils Radverkehrsanlagen angelegt, die vor der Kreisfahrbahn auf die Fahrbahn überführt werden. In einem Knotenpunktarm ist einseitig ein baulich angelegter Radweg vorhanden, der unmittelbar von der Kreisfahrbahn heraus angefahren werden kann. Über alle Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt.

Im Erhebungszeitraum wurden insgesamt 17 Unfälle polizeilich registriert. An drei Unfällen waren Radfahrer beteiligt. In zwei Fällen wurde den auf der Kreisfahrbahn fahrenden bevorrechtigten Radfahrern durch einfahrende Kraftfahrer die Vorfahrt genommen. Beide

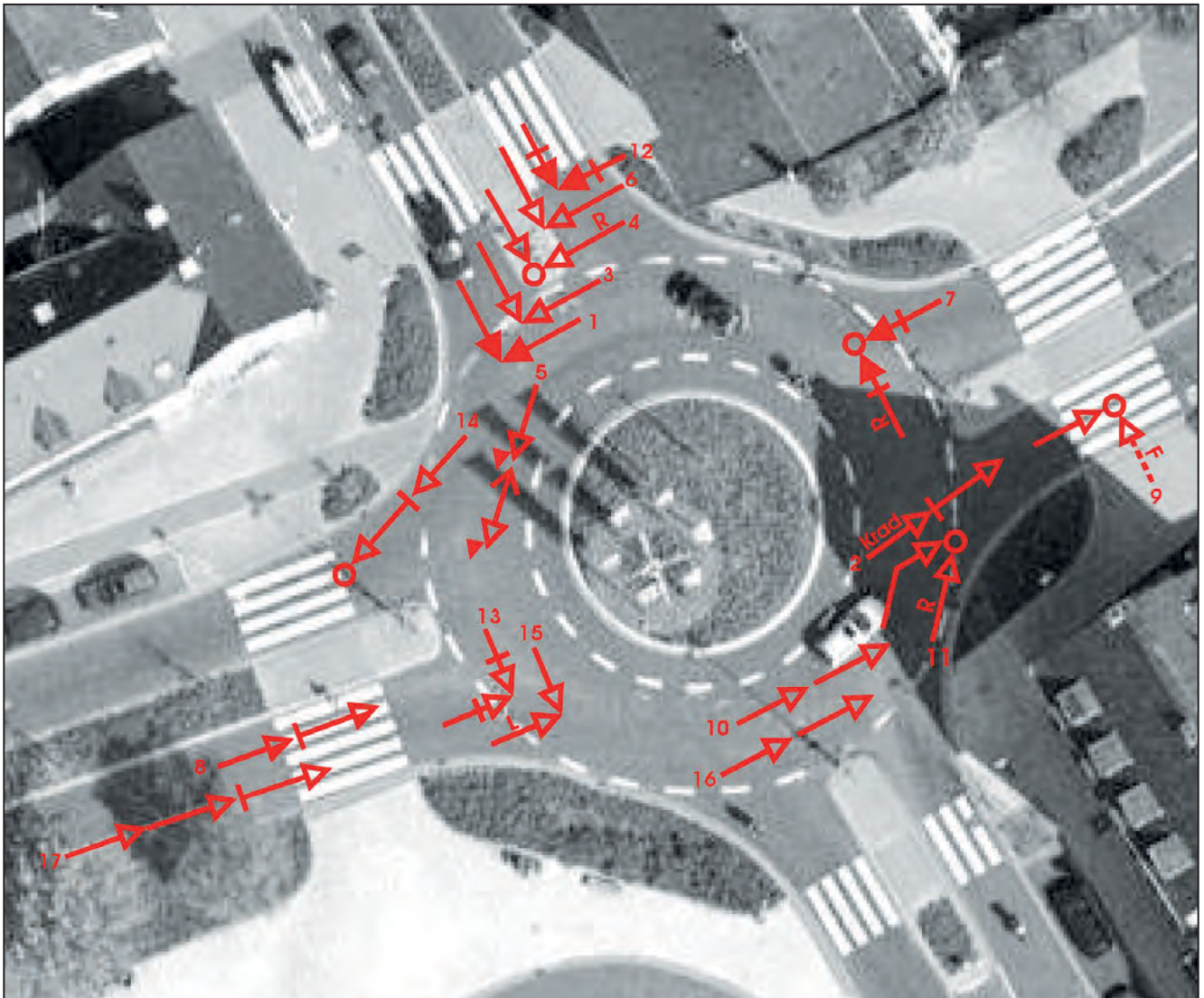


Abbildung 79 b

Radfahrer wurden leicht verletzt. In einem Fall wurde ein Radfahrer vor der Ausfahrt aus dem Kreis von einem überholenden Kraftfahrer geschnitten. Auch bei diesem Unfall wurde der Radfahrer leicht verletzt. Die mittlere Unfallrate dieses Kreisverkehrs ist mit 1,15 Unf./ 10^6 Kfz deutlich überdurchschnittlich. Die mittlere Unfallkostenrate ist mit 8,56 €/ 10^3 Kfz hingegen nur leicht überdurchschnittlich.

Abbildung 79 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 79 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010. Die in dem Unfalldiagramm dargestellte Markierung des Innenrings entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand.

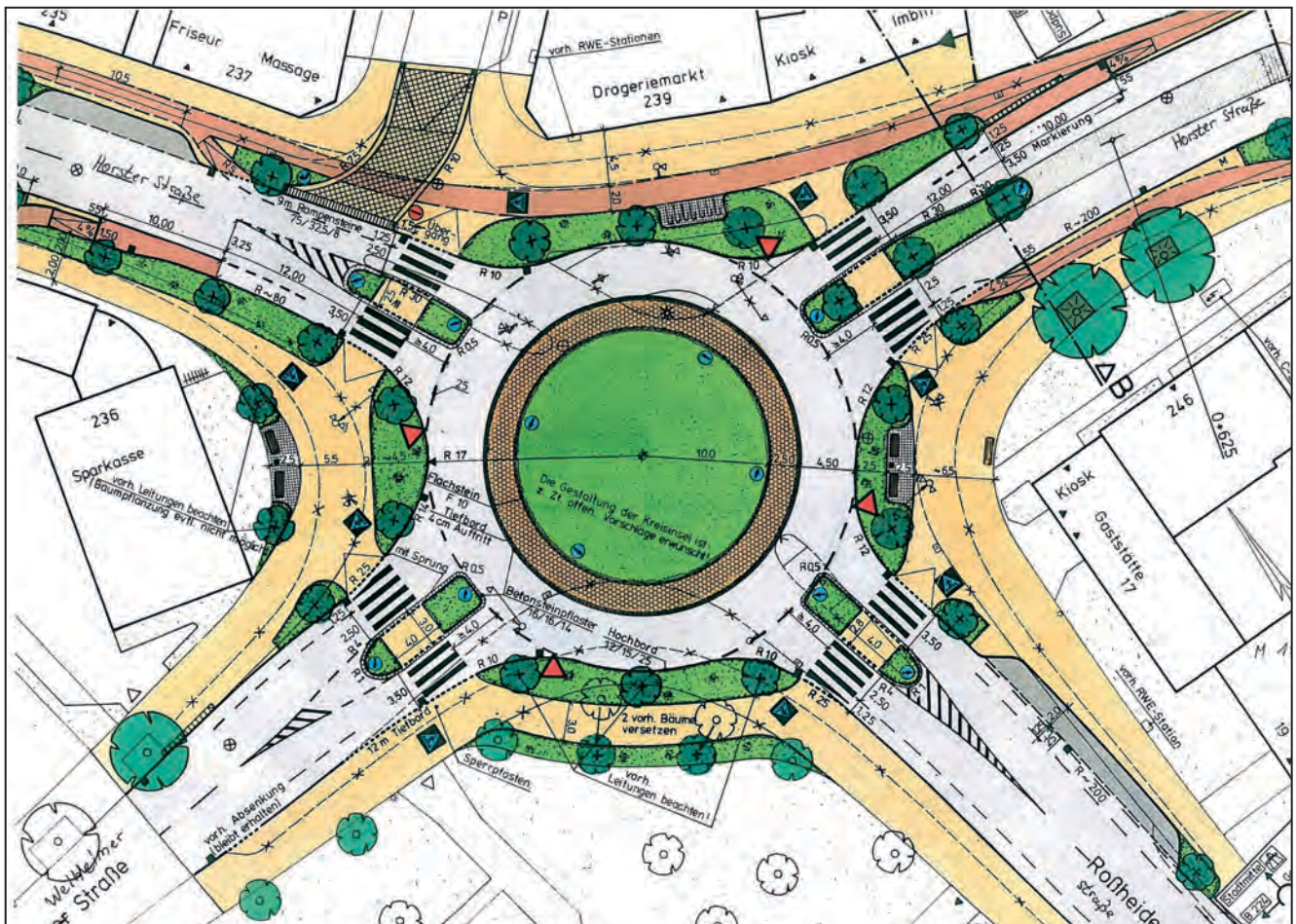


Abbildung 80 a: Kreisverkehr Gladbeck (Horster Straße)
[Quelle: Stadt Gladbeck / Google]

Gladbeck (Horster Straße)

Der Außendurchmesser des Kreisverkehrs beträgt 34 m. Der Kreisring mit einer Breite von 7 m ist in eine 4 m breite Kreisfahrbahn und einen 3 m breiten baulich angelegten Innenring unterteilt.

Die Verkehrsbelastung liegt bei rund 17.200 Kfz/24 h. Das Radverkehrsaufkommen beträgt etwa 600 Rad/24 h, das Fußgänger aufkommen liegt mit 250 Fg/2 h im Vergleich zu den 100 erhobenen Kreisverkehren im mittleren Bereich.

In drei der vier Knotenpunktarme sind Radwege angelegt, die vor der Kreisfahrbahn auf die Fahrbahn überführt werden. In einem Segment des Kreisverkehrs führt

ein Radweg weiter auf dem Hochbord entlang. Über alle Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt. Im Erhebungszeitraum wurden insgesamt fünf Unfälle polizeilich registriert. An drei Unfällen waren Radfahrer beteiligt. In zwei Fällen wurde den auf der Kreisfahrbahn fahrenden bevorrechtigten Radfahrern durch ein-fahrende Kraftfahrer die Vorfahrt genommen. Dabei wurde ein Radfahrer schwer und ein Radfahrer leicht verletzt. Bei einem Unfall befuhr ein Radfahrer den Fußgängerüberweg. Dabei kam es in der Zufahrt zu einer Kollision mit einem einfahrenden Kraftfahrer. Der Radfahrer wurde dabei leicht verletzt. Die mittlere Unfallrate ist aufgrund der geringen Unfallzahl mit 0,21 Unf./10⁶Kfz gering. Dagegen ist die mittlere Unfall-

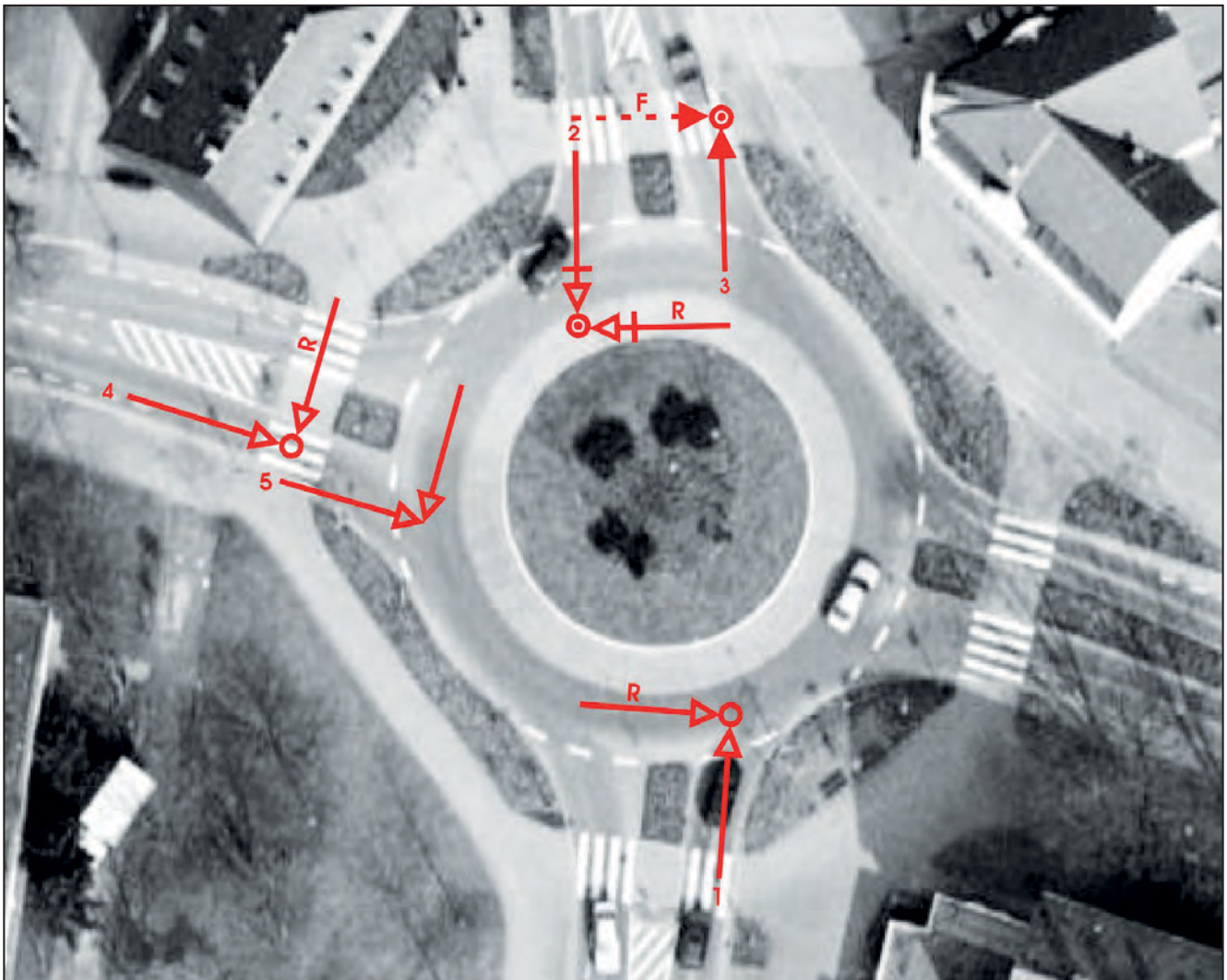


Abbildung 80 b

kostenrate bedingt durch die Schwere der Unfälle mit 16,57 € / 10^3 Kfz vergleichsweise hoch.

Abbildung 80 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 80 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.

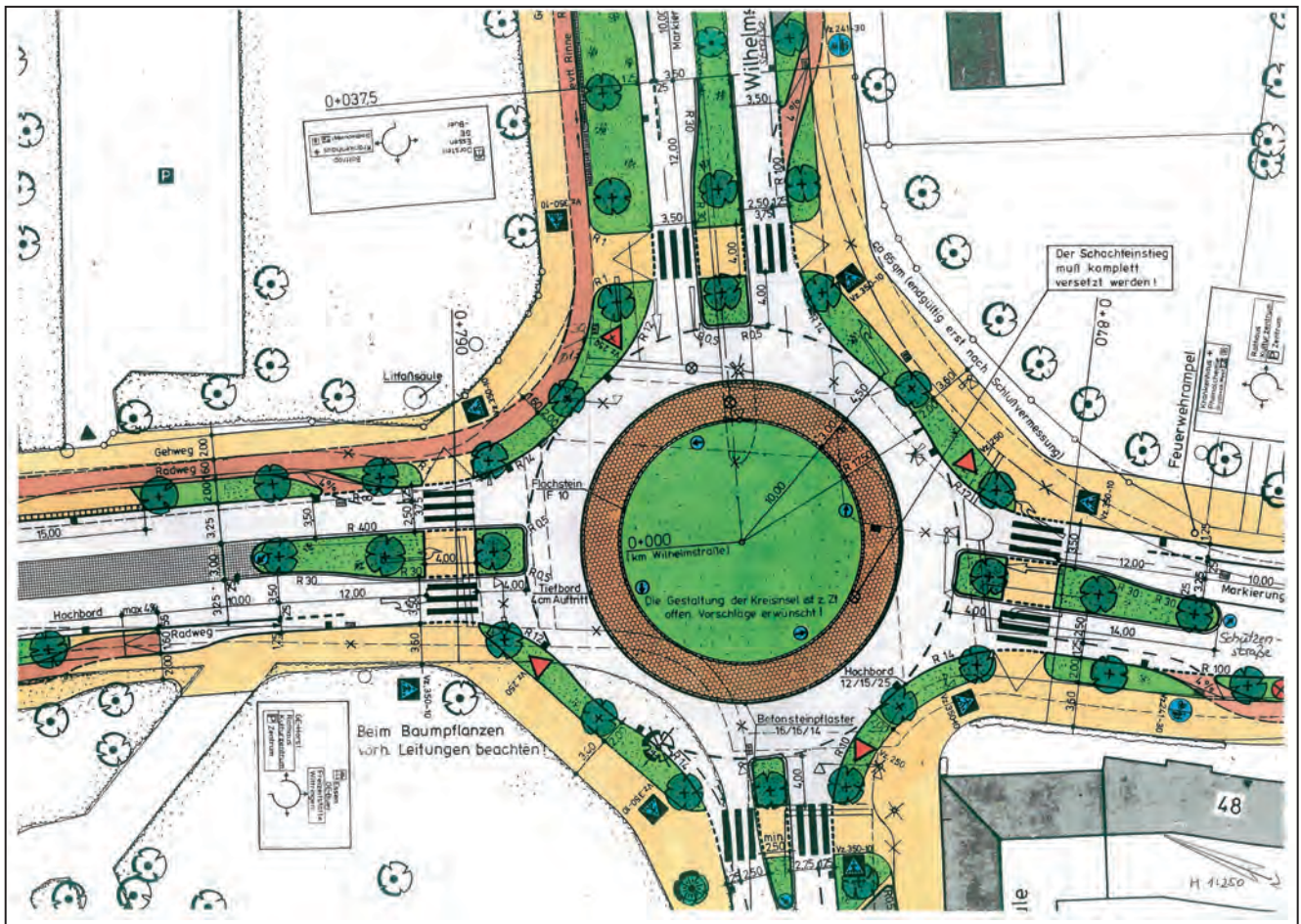


Abbildung 81 a: Kreisverkehr Gladbeck (Schützenstraße)
[Quelle: Stadt Gladbeck / Google]

Gladbeck (Schützenstraße)

Der Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 35 m. Der 7,5 m breite Kreisring setzt sich aus einer 4,50 m breiten Fahrbahn und einem 3 m breiten baulich angelegten Innenring zusammen.

Der Kreisverkehr ist mit etwa 24.000 Kfz/24 h sehr stark belastet. Das Radverkehrsverkehrsaufkommen beträgt etwa 720 Rad/24 h und liegt somit im mittleren Bereich der untersuchten Kreisverkehre. Das Fußgängeraufkommen ist mit 120/2 h vergleichsweise gering.

In den Knotenpunktarmen sind jeweils Radverkehrsanlagen angelegt, die in den Zufahrten auf die Fahrbahn überführt werden. In einem Quadranten des Kreisver-

kehrs führt zusätzlich ein Radweg für rechts abbiegende Radfahrer auf dem Hochbord entlang. Über alle Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt.

Im Untersuchungszeitraum ereigneten sich insgesamt sechs Unfälle. An zwei Unfällen waren Radfahrer beteiligt, die jeweils leicht verletzt wurden. In beiden Fällen befuhren Radfahrer die Fußgängerüberwege. In einem Fall kollidierte der Radfahrer mit einem einfahrenden Kraftfahrer. Der andere Unfall ereignete sich zwischen einem ausfahrenden Kraftfahrer und einem Radfahrer. Die mittlere Unfallrate dieses Kreisverkehrs ist mit 0,27 Unf./10⁶ Kfz sehr gering. Die mittlere Unfallkostenrate liegt mit 12,50 €/10³ Kfz über dem Durchschnitt.

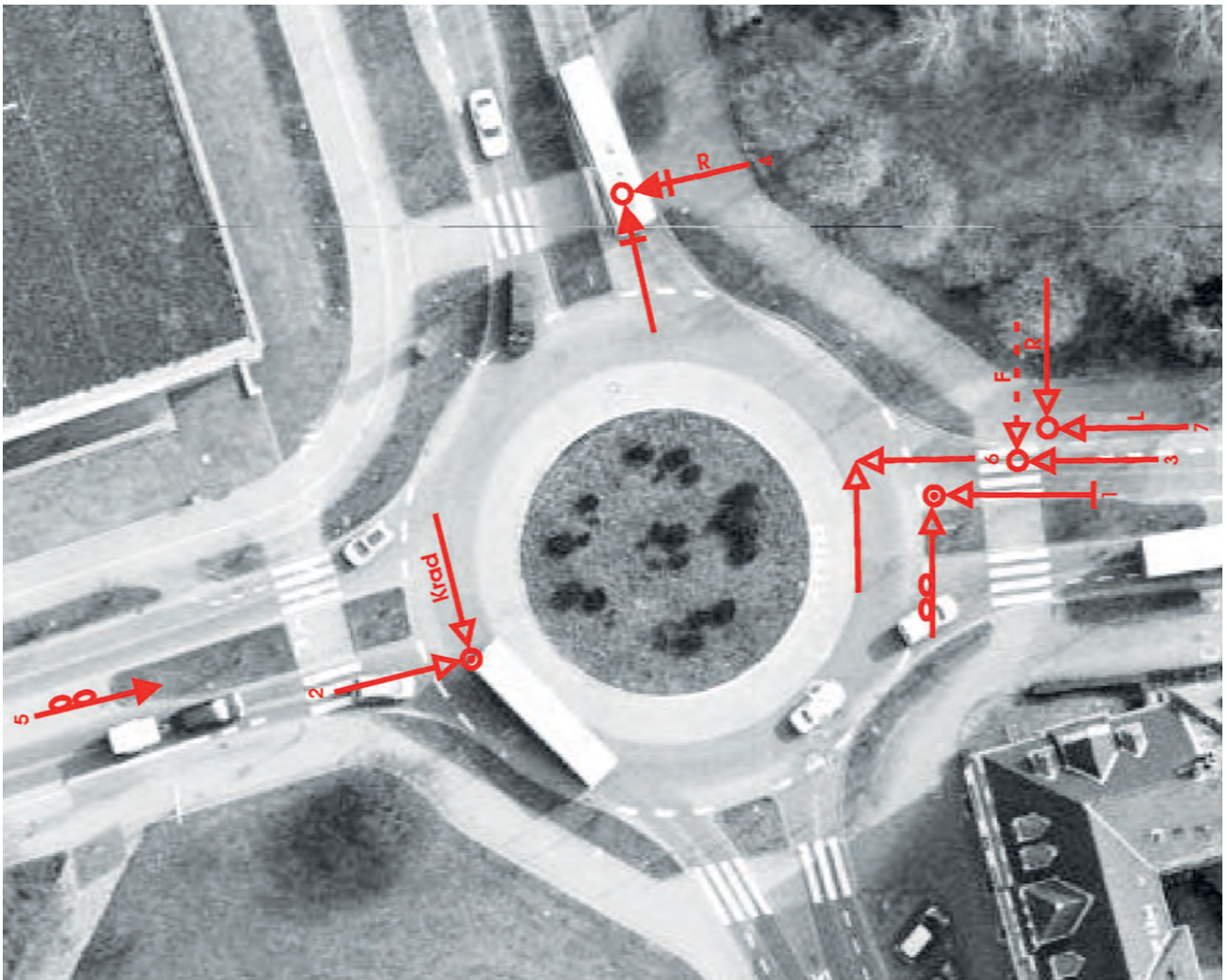


Abbildung 81 b

Abbildung 81 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 81 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.



Abbildung 82 a: Kreisverkehr Greven (Königstraße)
[Quelle: Stadt Greven]

6.2.3 Kreisverkehre mit umlaufenden Radwegen und übergeordneten Radfahrerfurten

Es wurden die folgenden vier Kreisverkehre einbezogen:

- Greven (Königstraße)
- Frechen (Freiheitsring)
- Hürth (Bonnstraße)
- Delmenhorst (Hasporter Damm).

Greven (Königstraße)

Der Außendurchmesser des Kreisverkehrs beträgt 31 m. Der 7,50 m breite Kreisring unterteilt sich in eine 5,50 m breite Kreisfahrbahn und einen 2 m breiten baulich angelegten Innenring.

Der Kreisverkehr zeichnet sich durch ein mit 21.200 Kfz/24 h hohes Kfz-Belastungsniveau aus. Mit etwa 3.200 Radfahrern/24 h weist er zudem ein überaus hohes Radverkehrsaufkommen auf. Dagegen ist das Fußgängeraufkommen mit 170 Fg/2 h eher durchschnittlich hoch.

In den Knotenpunktarmen sind jeweils Radwege angelegt, die um den Kreisverkehr geführt werden. Über alle Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt. Im Untersuchungszeitraum ereigneten sich insgesamt

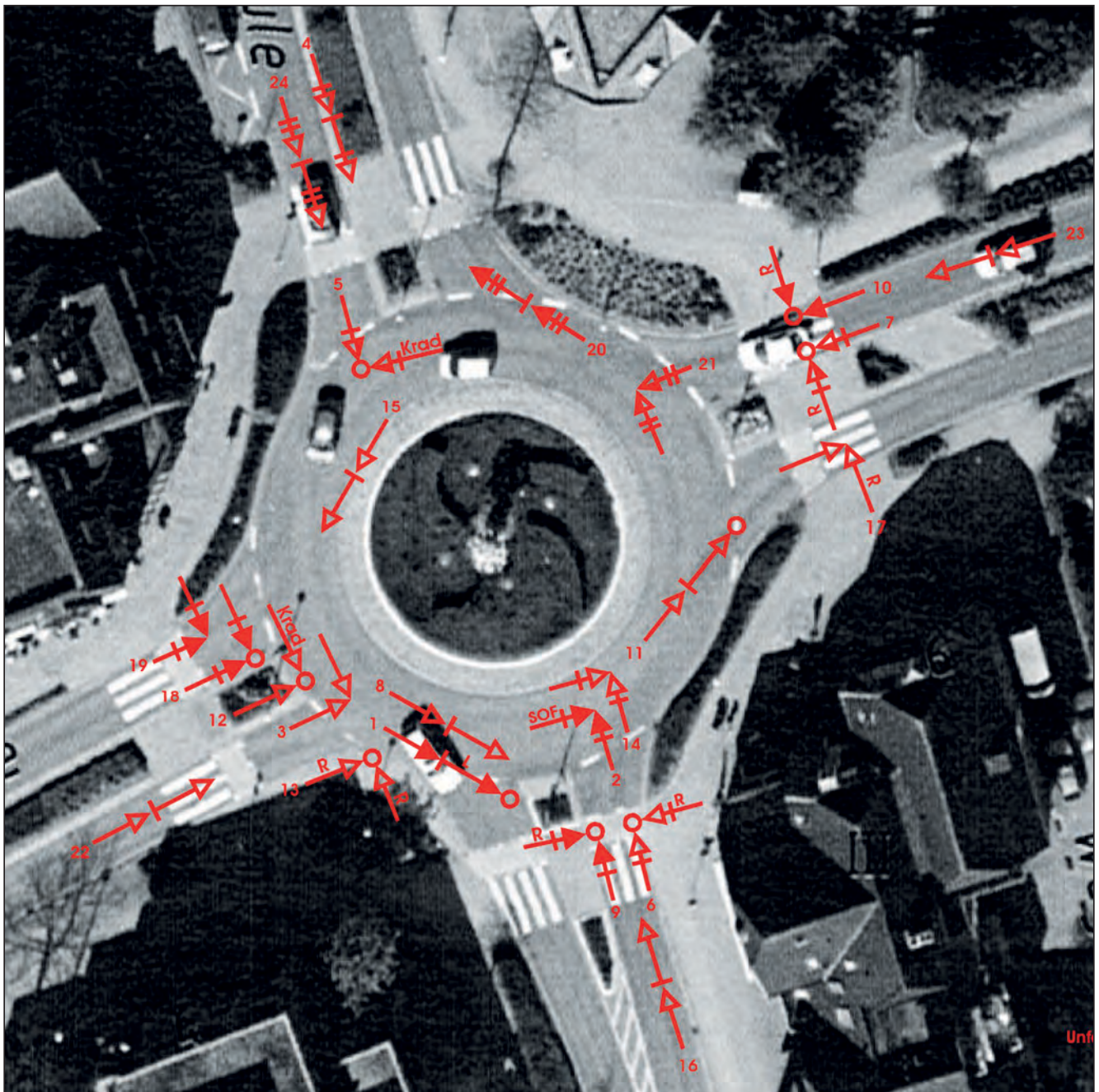


Abbildung 82 b

24 Unfälle. Von den insgesamt sechs Unfällen mit Radfahrerbeteiligung ereigneten sich fünf Unfälle an den Querungsstellen. Bei zwei dieser Unfälle befuhren die Radfahrer die Querungsstelle entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung. Ein Unfall ereignete sich durch die Kollision zweier Radfahrer auf den begleitenden Radwegen. Die mittlere Unfallrate ist mit $1,05 \text{ Unf./}10^6 \text{ Kfz}$

deutlich überdurchschnittlich. Die mittlere Unfallkostenrate ist mit $8,29 \text{ €/}10^3 \text{ Kfz}$ hingegen nur leicht überdurchschnittlich.

Abbildung 82 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 82 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.

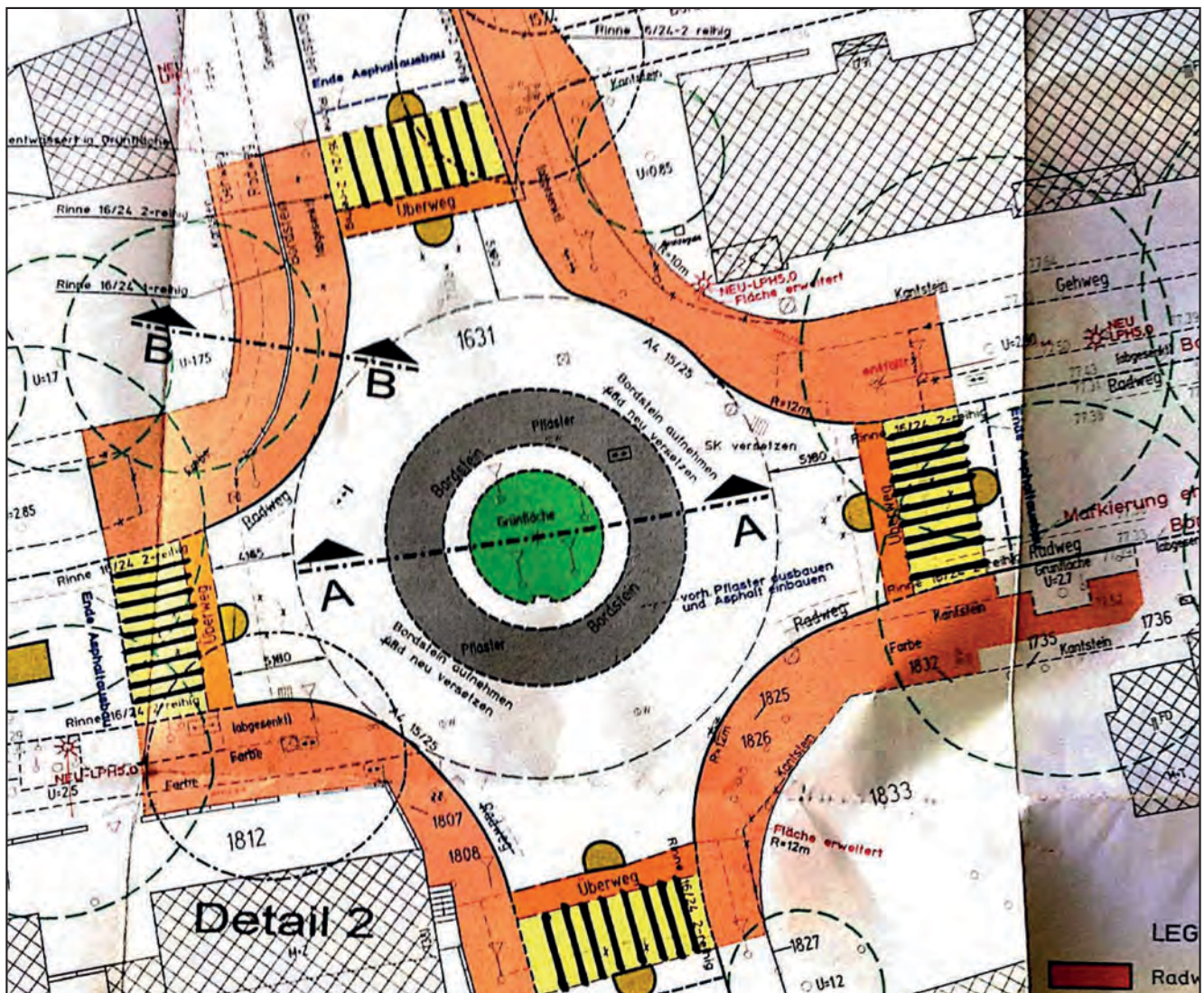


Abbildung 83 a: Kreisverkehr Frechen (Freieitsring)
[Quelle: Stadt Frechen / Rhein-Erft-Kreis]

Frechen (Freieitsring)

Dieser Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 26 m. Der Kreisring hat eine Breite von 8,25 m und setzt sich aus einer 5,50 m breiten Kreisfahrbahn und einem 2,75 m breiten baulich angelegten Innenring zusammen.

Das Kreisverkehr gehört mit einem Kfz-Verkehrsaufkommen von 25.300 Kfz/24 h zu den höchstbelasteten Kreisverkehren der Untersuchung. Die Radverkehrsstärken als auch das Fußgängeraufkommen sind mit 1.870

Rad/24 h und 590 Fg/2 h ebenfalls überdurchschnittlich hoch.

Der Radverkehr wird auf umlaufenden Radwegen geführt. In allen Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt.

Im Untersuchungszeitraum ereigneten sich insgesamt 36 Unfälle. An sieben Unfällen waren Radfahrer beteiligt. Diese Unfälle ereigneten sich ausnahmslos an den



Abbildung 83 b

Querungsstellen. Bei drei der sieben Unfälle mit Radfahrerbeteiligung befuhren die Radfahrer die Querungsstelle entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung. Die Kollision mit dem Kraftfahrer ereignete sich bei diesen drei Unfällen jeweils in der Ausfahrt des Kreisverkehrs. Die mittlere Unfallrate liegt mit 1,3 Unf./ 10^6 Kfz deutlich

über dem Durchschnitt. Die mittlere Unfallkostenrate ist mit 9,73 €/10³ Kfz ebenfalls überdurchschnittlich hoch.

Abbildung 83 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 83 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.

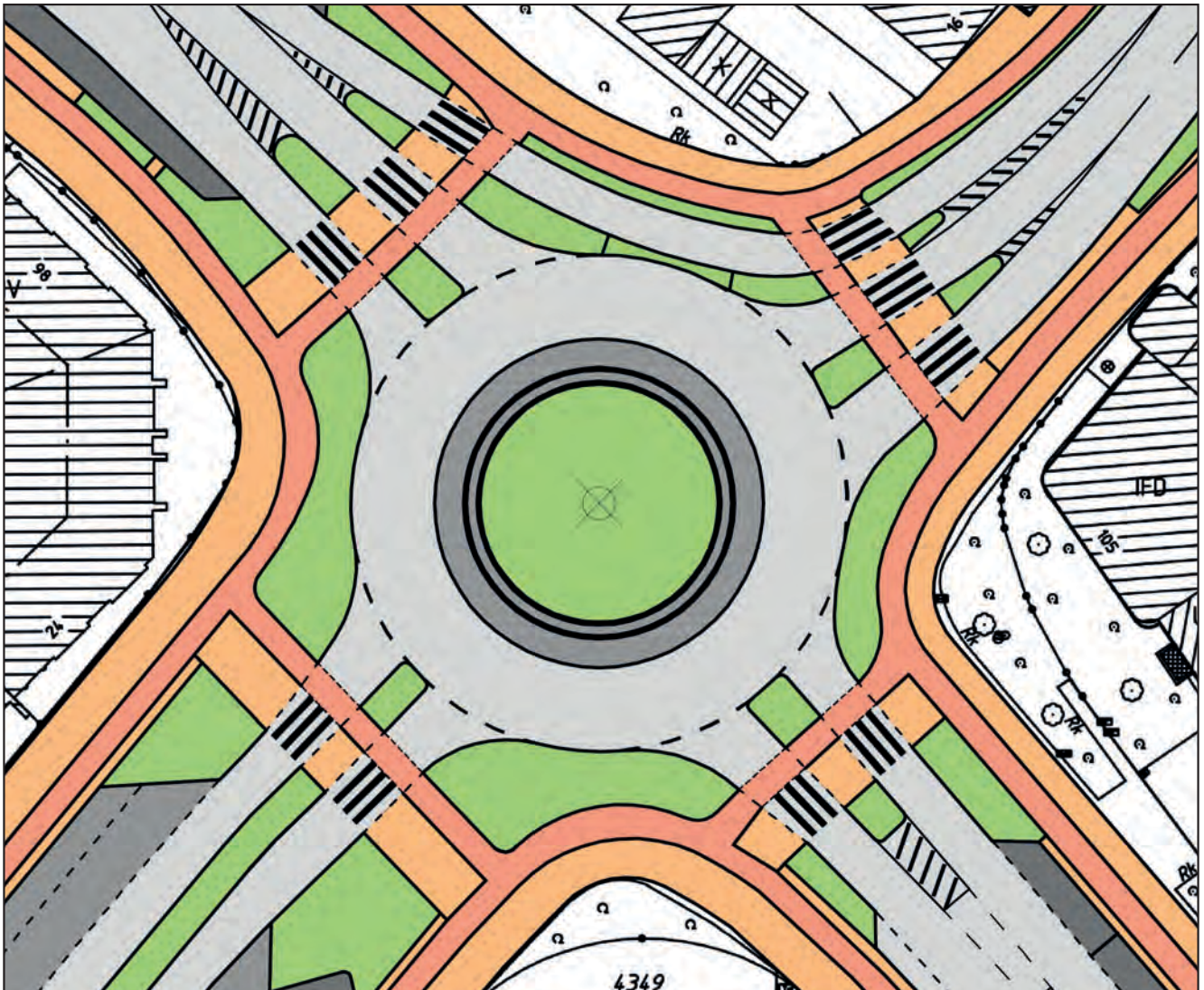


Abbildung 84 a: Kreisverkehr Hürth (Bonnstraße)
[Quelle: BBW / Rhein-Erft-Kreis]

Hürth (Bonnstraße)

Dieser Kreisverkehr hat einen Außendurchmesser von 35,50 m. Der Kreisring setzt sich aus einer 6 m breiten Kreisfahrbahn und einem 2 m breiten nur markierten Innenring zusammen. Die Rechtsabbieger der Krankenhausstraße werden über einen Bypass geführt. Im Unfallbild ist der Bypass jedoch unauffällig.

Der Kreisverkehr zeichnet sich durch ein hohes Kfz-Belastungsniveau (19.200 Kfz/24 h) aus. Zudem ist das Radverkehrsaufkommen mit 980 Rad/24 h nennenswert.

Der Fußgängerverkehr fällt dagegen mit 140 Fg/2 h vergleichsweise gering aus.

In den Knotenpunktarmen sind jeweils Radwege angelegt, die um den Kreisverkehr geführt werden. In allen Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt.

An diesem Kreisverkehr ereigneten sich während des Erhebungszeitraums 31 Unfälle. An neun Unfällen waren Radfahrer beteiligt. Diese Unfälle ereigneten sich ausschließ-

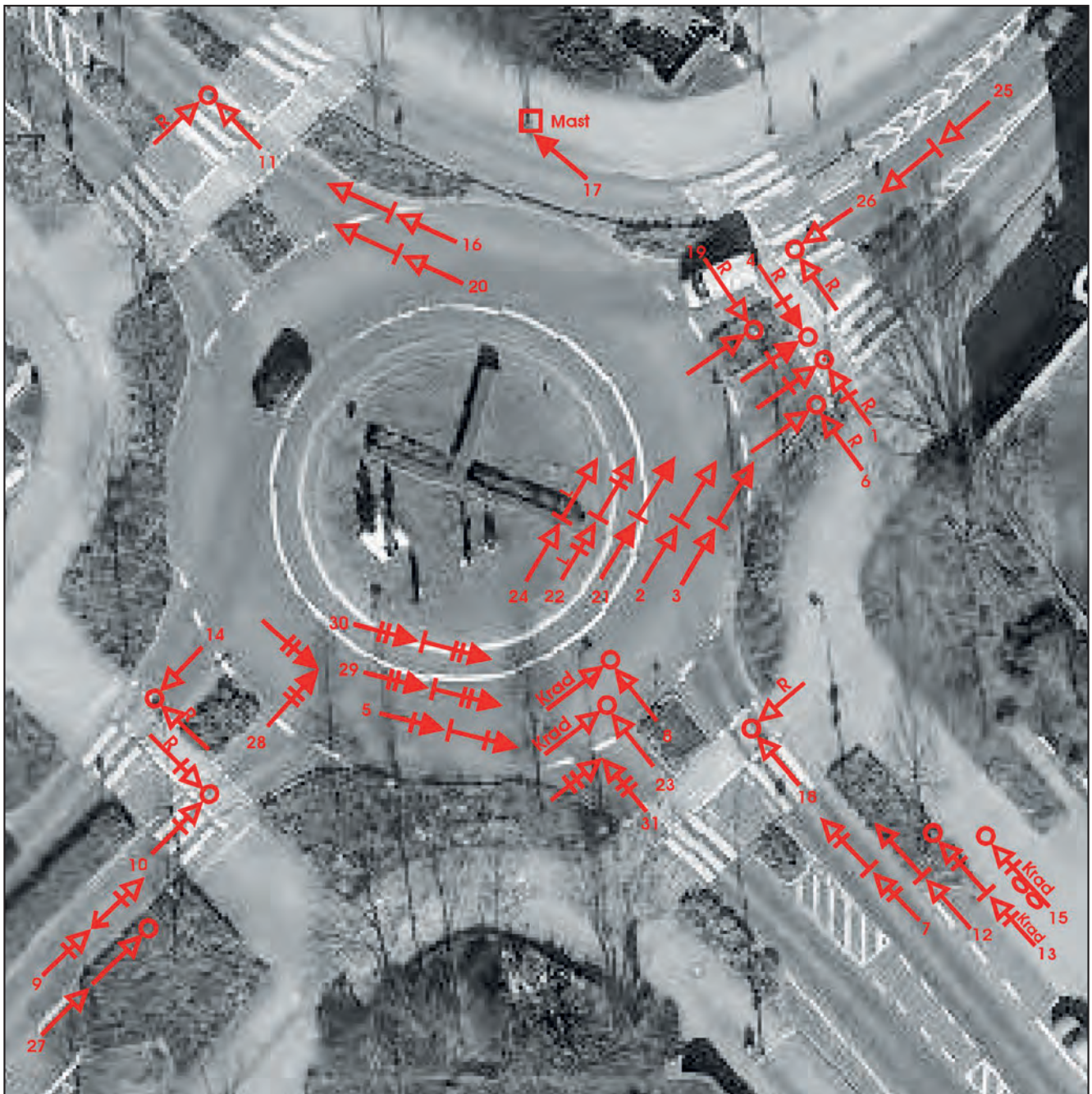


Abbildung 84 b

lich an den Querungsstellen. Bei fünf der neun Unfälle befuhren die Radfahrer die Querungsstelle entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung. Fünf der neun Unfälle ereigneten sich bei der Querung der Ausfahrt vom Kreisverkehr und vier Unfälle bei der Querung der Zufahrt. Bei den Unfällen wurden ein Radfahrer schwer und acht Radfahrer leicht verletzt. Die mittlere Unfallrate dieses Kreisverkehrs

ist mit $1,47 \text{ Unf./}10^6 \text{ Kfz}$ deutlich überdurchschnittlich. Die mittlere Unfallkostenrate gehört mit $18,15 \text{ €/}10^3 \text{ Kfz}$ zu den höchsten dieser Untersuchungsreihe.

Abbildung 84 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 84 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.

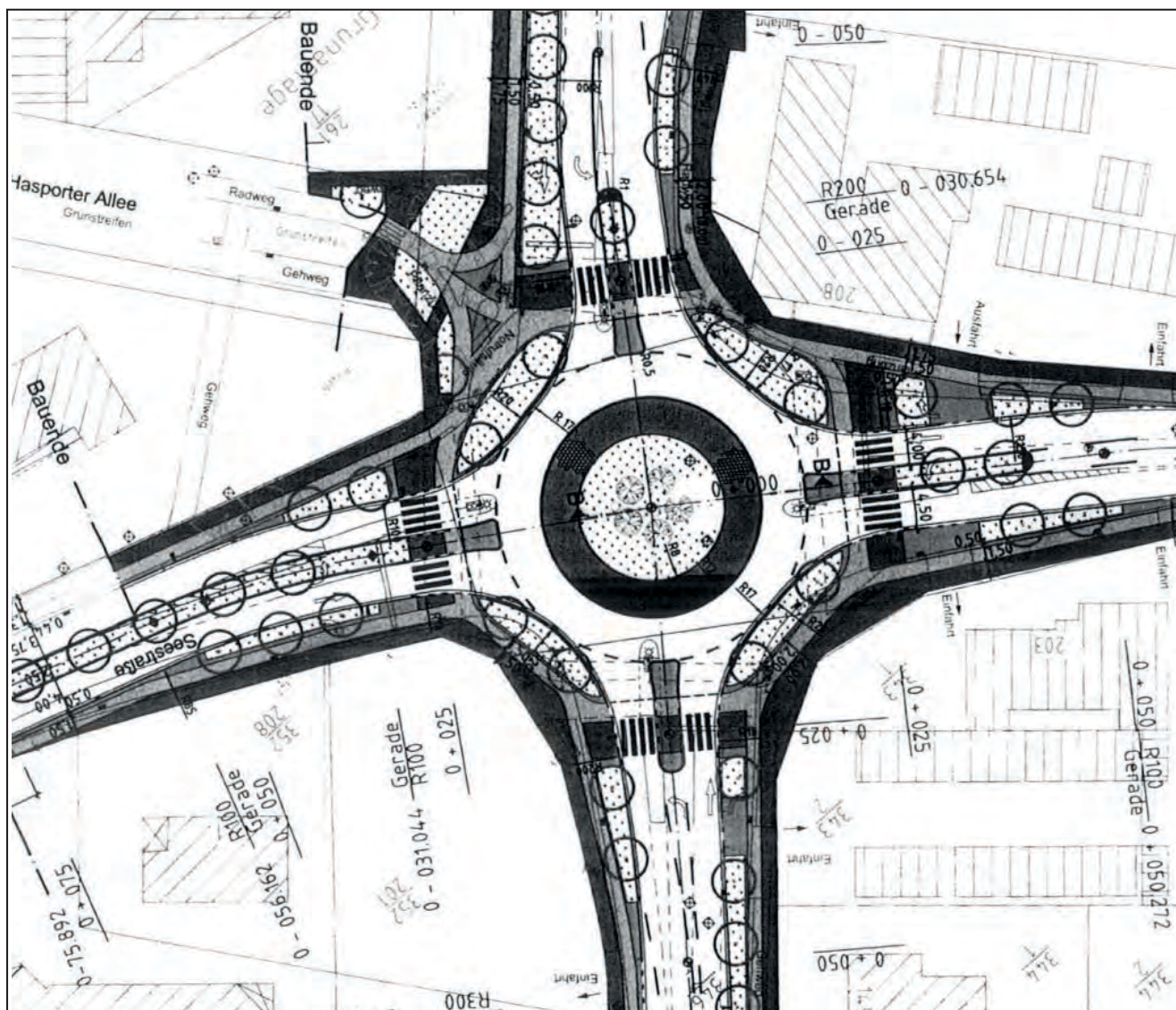


Abbildung 85 a: Kreisverkehr Delmenhorst (Hasporter Damm)
[Quelle: Stadt Delmenhorst / Google]

Delmenhorst (Hasporter Damm)

Dieser Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 34 m. Der 9 m breite Kreisring unterteilt sich in eine 4,75 m breite Kreisfahrbahn und in einen 4,25 m breiten baulich angelegten Innenring.

Am Kreisverkehr sind umlaufende Radwege angelegt. In den Zu- und Ausfahrten sind Fußgängerüberwege angelegt.

Der Kreisverkehr ist mit etwa 20.600 Kfz/24 h hoch belastet. Das Radverkehrsaufkommen ist mit 2.090 Rad/24 h ebenfalls nennenswert. Das Fußgängeraufkommen ist mit 80 Fg/2 h eher gering.

Das Unfallgeschehen am Kreisverkehr ist überdurchschnittlich hoch. Im Untersuchungszeitraum von 2008 bis 2010 ereigneten sich insgesamt 24 Unfälle. An neun Unfällen waren Radfahrer beteiligt. Dabei wurden ein

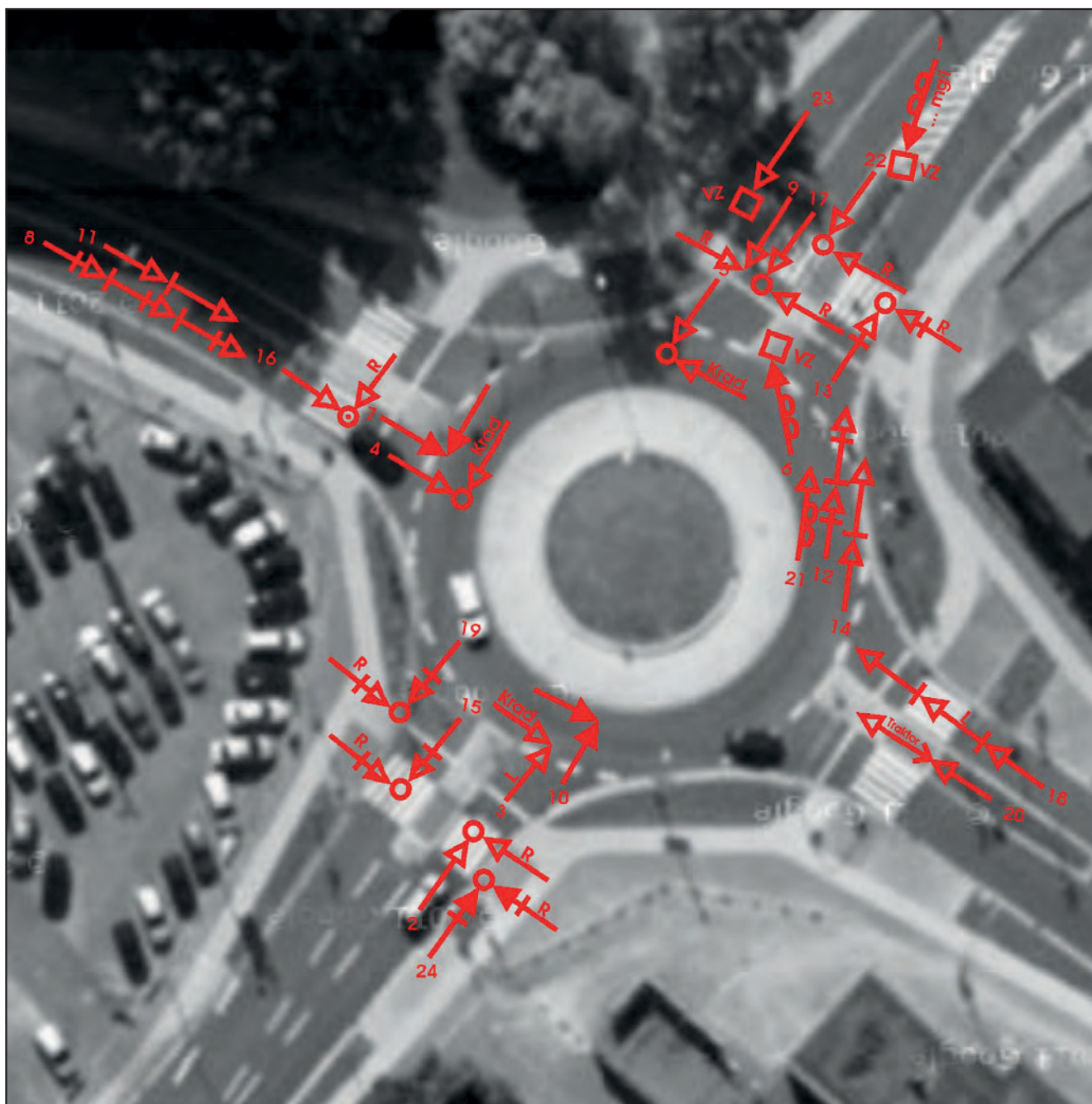


Abbildung 85 b

Radfahrer schwer und sieben Radfahrer leicht verletzt. Die Unfälle mit Radfahrerbeteiligung ereigneten sich ausschließlich an den Querungsstellen. Bei drei der neun Unfälle befuhren die Radfahrer die Querungsstelle entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung. Sechs der neun Unfälle ereigneten sich bei der Querung der Zufahrt zum Kreisverkehr und drei Unfälle bei der Querung

der Ausfahrt. Die Unfallrate beträgt $1,06 \text{ Unf./}10^6 \text{ Kfz}$ und die Unfallkostenrate beträgt $14,24 \text{ €/}10^3 \text{ Kfz}$.

Abbildung 85 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 85 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.

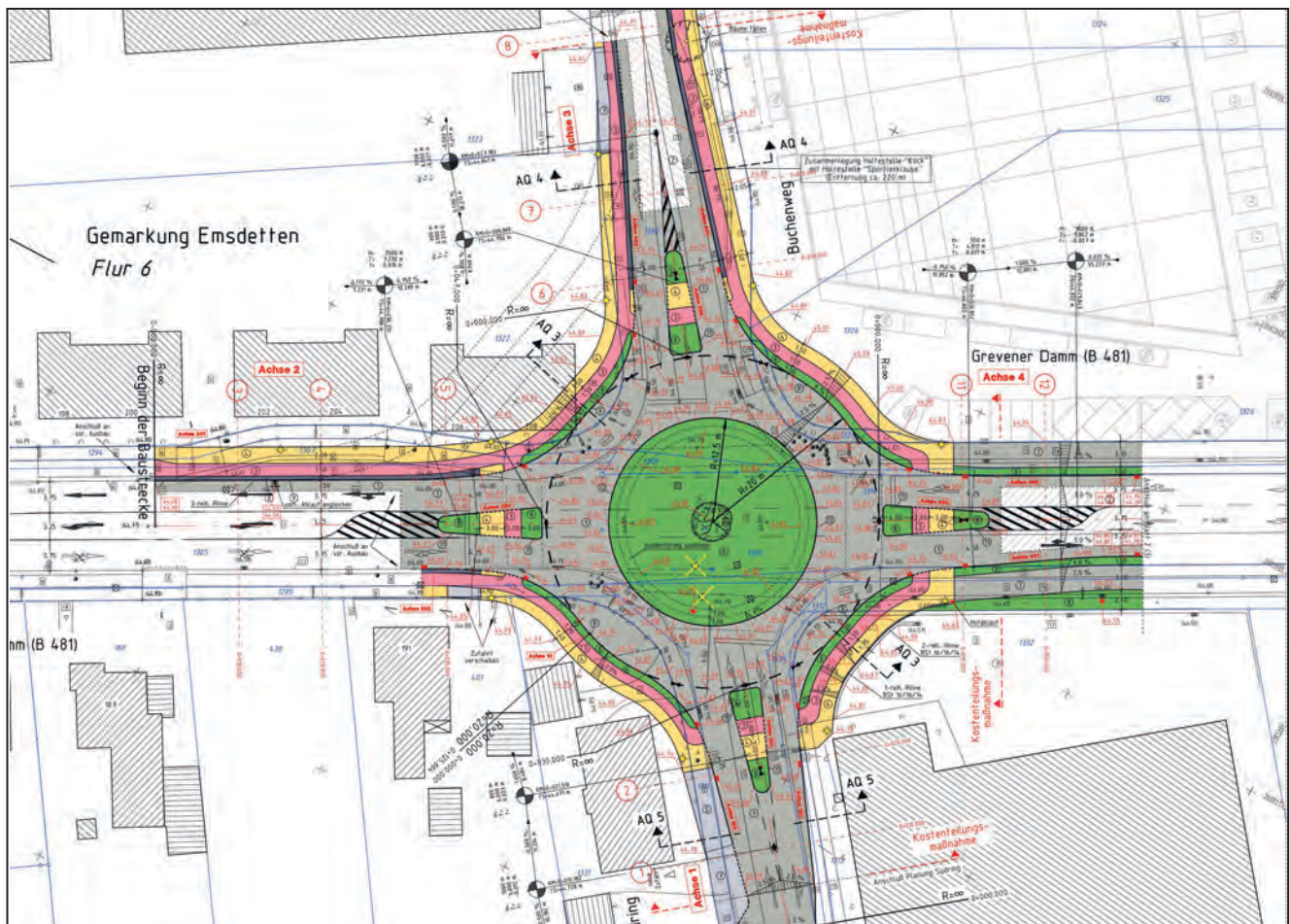


Abbildung 86 a: Kreisverkehr Emsdetten (Grevener Damm)
[Quelle: Stadt Emsdetten / Google]

6.2.4 Kreisverkehre mit umlaufenden Radwegen und Unterordnung der Radfahrer

Es wurden die folgenden drei Kreisverkehrsanlagen in die Detailuntersuchung einbezogen:

- Emsdetten (Grevener Damm)
- Gronau (Ochtruper Straße)
- Gronau (Enscheder Straße).

Emsdetten (Grevener Damm)

Dieser Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 40 m. Der Kreisring hat eine Breite von 7,50 m und ist nicht untergliedert.

In den Knotenpunktarmen sind Radwege angelegt, die um den Kreisverkehr verlaufen. An den Querungsstellen sind die Radfahrer mit dem verkleinerten Zeichen 205 StVO vorfahrtsrechtlich untergeordnet.

Das Verkehrsaufkommen ist mit etwa 20.400 Kfz/24 h überdurchschnittlich hoch. Die Radverkehrsstärken betragen 1.530 Rad/24 h und befinden sich im mittleren Belastungsniveau der untersuchten Kreisverkehre. Dagegen ist das Fußgängeraufkommen mit 20 Fg/2 h nur gering.

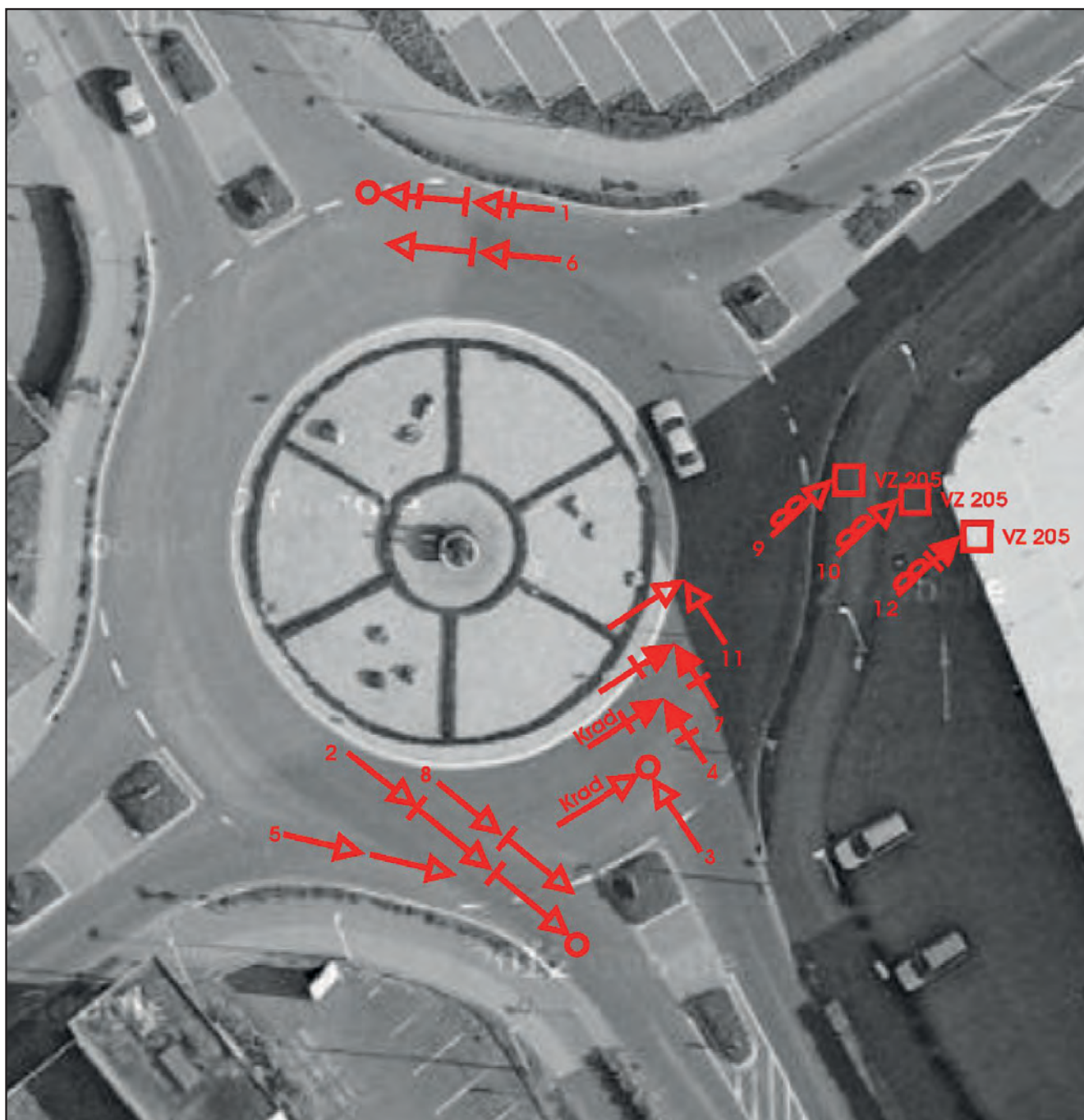


Abbildung 86 b

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 12 Unfälle polizeilich registriert. An keinem der registrierten Unfälle waren Radfahrer beteiligt. Die mittlere Unfallrate ist mit 0,54 Unf./10⁶ Kfz leicht unterdurchschnittlich. Die mittlere Unfallkostenrate ist mit 3,69 €/10³ Kfz deutlich unterdurchschnittlich.

Abbildung 86 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 86 b das Unfalldiagramm der Jahre 2008 bis 2010.

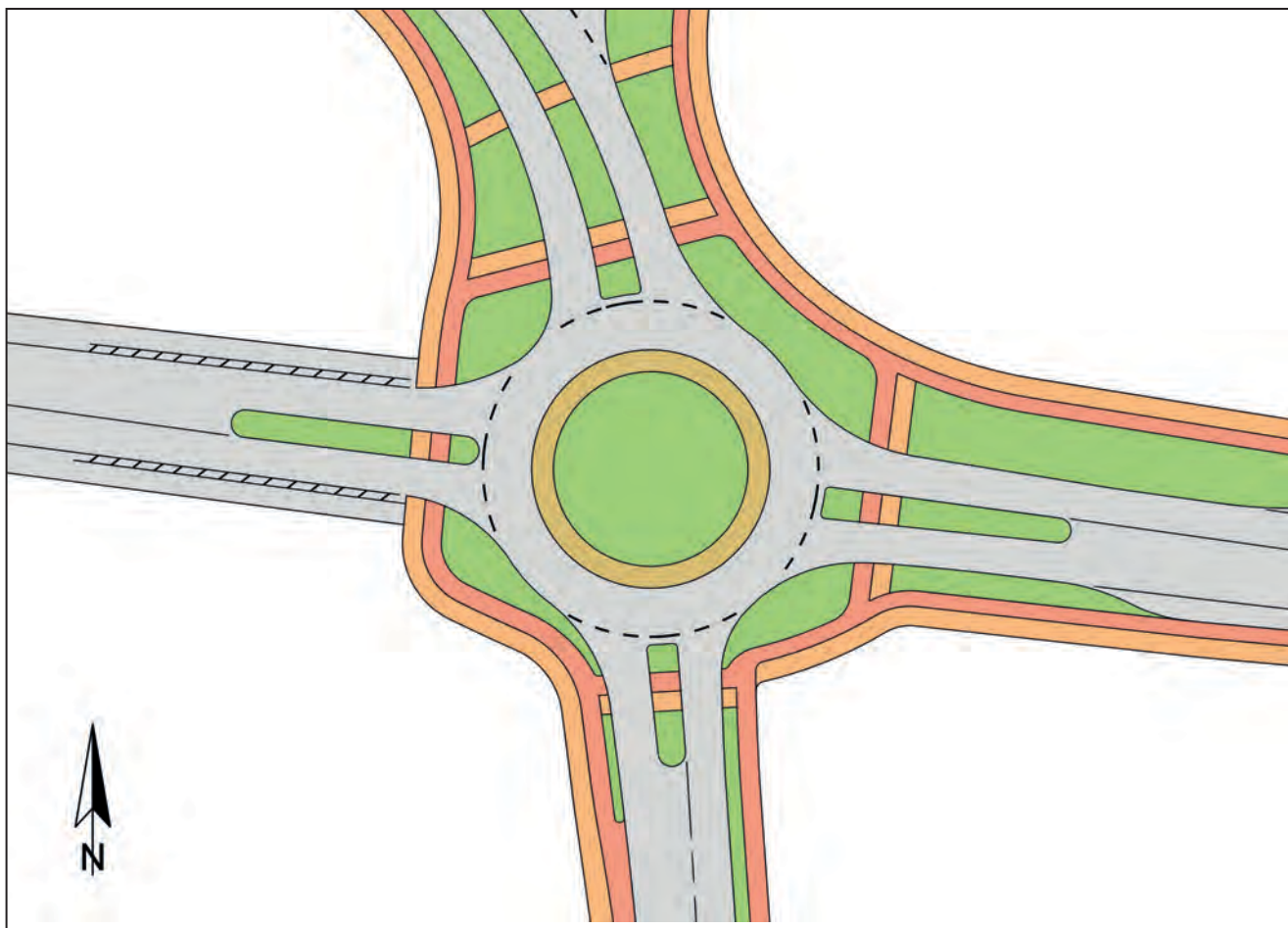


Abbildung 87 a: Kreisverkehr Gronau (Ochtruper Straße)
[Quelle: Geobasis NRW]

Gronau (Ochtruper Straße)

Dieser Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 34,50 m. Der 7,25 m breite Kreisring unterteilt sich in eine 5 m breite Kreisfahrbahn und einen 2,25 m breiten baulich angelegten Innenring.

Der Radverkehr wird auf umlaufenden Radwegen geführt. An den Querungsstellen sind die Radfahrer mit verkleinerten Zeichen 205 StVO vorfahrrechtlich untergeordnet.

Der Kreisverkehr zeichnet sich durch hohe Kfz-Belastungen (DTV 21.600 Kfz/24) und außergewöhnlich hohe Radverkehrsstärken (3.240 Rad/24 h) aus. Das Fußgängeraufkommen fällt eher gering (70 Fg/2 h) aus.

Im Untersuchungszeitraum (2007 bis 2009) ereigneten sich insgesamt 22 Unfälle. Bei lediglich einem Unfall war ein Radfahrer beteiligt. Dieser Unfall ereignete sich bei Überquerung einer Zufahrt zum Kreisverkehr. Die mittlere Unfallrate ist mit 0,93 Unf./10⁶ Kfz über dem Durchschnitt. Die mittlere Unfallosatenrate beträgt 6,30 €/10³ Kfz und ist daher durchschnittlich hoch.

Abbildung 87 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 87 b das Unfalldiagramm der Jahre 2007 bis 2009.



Abbildung 87 b

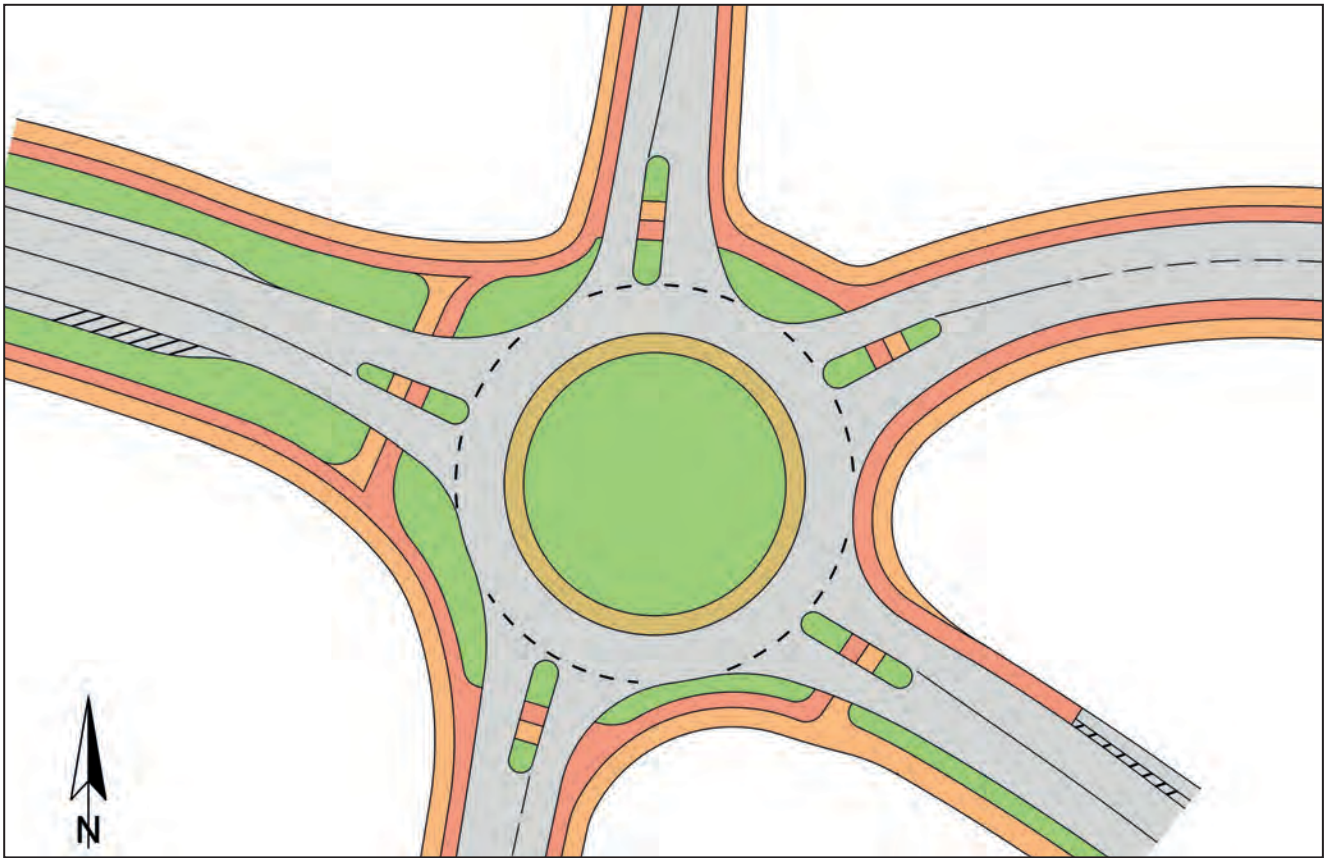


Abbildung 88 a: Kreisverkehr Gronau (Enscheder Straße)
[Quelle: Geobasis NRW]

Gronau (Enscheder Straße)

Dieser 5-armige Kreisverkehr verfügt über einen Außendurchmesser von 41 m. Der 7 m breite Kreisring unterteilt sich in eine 5 m breite Kreisfahrbahn und in einen 2 m breiten baulich angelegten Innenring.

In den Knotenpunktarmen sind jeweils Radwege angelegt, die um den Kreisverkehr verlaufen. An den Querungsstellen sind die Radfahrer mit dem verkleinerten Zeichen 205 StVO vorfahrtsrechtlich untergeordnet.

Sowohl das Kfz- Verkehrsaufkommen (20.200 Kfz/24 h) als auch das Radverkehrsaufkommen (2.830 Rad/24 h) ist überdurchschnittlich hoch. Dagegen sind nur geringe Fußgängerverkehre (60 Fg/2 h) zu verzeichnen.

Im Untersuchungszeitraum ereigneten sich insgesamt 16 Unfälle. An drei Unfällen waren Radfahrer beteiligt. Bei allen dieser Unfälle umfuhren die Radfahrer den Kreisverkehr in der vorgeschriebenen Fahrtrichtung. Zwei Unfälle ereigneten sich bei der Querung der Zufahrt und ein Unfall bei der Querung der Ausfahrt. Die mittlere Unfallrate ist mit 0,72 Unf./10⁶ Kfz leicht überdurchschnittlich. Die mittlere Unfallkostenrate ist mit 11,05 €/10³ Kfz deutlich überdurchschnittlich.

Abbildung 88 a zeigt den Lageplan des Knotenpunktes und Abbildung 88 b das Unfalldiagramm.

Abbildung 88 b

6.2.5 Zusammenfassung

Tabelle 27 zeigt die wesentlichen Eigenschaften der untersuchten Kreisverkehre.

6.3 Kreisverkehre mit Mischverkehr

6.3.1 Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung

Nutzung der Kreisfahrbahn

Bei den untersuchten Kreisverkehren zeigten sich unterschiedliche Anteile der die Kreisfahrbahn benutzenden Radfahrer. Der höchste Anteil der Kreisfahrbahnnutzer ist mit 56 % aller Radfahrer in Herne zu beobachten. Bei den beiden Kreisverkehren in Gladbeck liegt der Anteil der Kreisfahrbahnfahrer mit 31 % (Horster Straße) bzw. mit 16 % (Schützenstraße) deutlich niedriger.

Dabei zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Kfz-Verkehrsbelastung und der Benutzung der Kreisfahrbahn durch Radfahrer. Je höher die Kfz-Verkehrsbelastung, desto geringer ist die Akzeptanz des Mischverkehrs durch Radfahrer.

Abbildung 89 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

Bei den beiden Kreisverkehren in Gladbeck ist als Besonderheit anzumerken, dass die Radfahrer in den Knotenpunktarmen auf Radwegen ankommen und vor dem Kreis auf die Fahrbahn geführt werden. Diese Regelung ist im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] ausdrücklich vorgesehen. Die Untersuchungsergebnisse deuten allerdings darauf hin, dass diese Regelung bei hoch belasteten Kreisverkehren von der Mehrzahl der Radfahrer nicht angenommen wird.

Die Beobachtungen zeigen, dass ein gewisser Anteil der Radfahrer das Befahren der Kreisfahrbahn systematisch vermeidet. Diese Radfahrer nähern sich dem Kreisverkehr auf der Fahrbahn an, fahren jedoch kurz vor dem Kreisverkehr auf den Gehweg und umfahren den Kreisverkehr auf dem Gehweg. Der Anteil dieser Kreisfahrbahnvermeider lag an den einzelnen Kreisverkehren zwischen 3 und 6 %.

Falschfahrer auf der Kreisfahrbahn

In den Beobachtungszeiträumen wurden keine Falschfahrten auf der Kreisfahrbahn (Fahren entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung) beobachtet. Dabei ist einschränkend anzumerken, dass die Beobachtungszeiträume die höher belasteten Tageszeiten umfasst. Eine Übertragung der Analyseergebnisse auf die Schwachlastzeiten ist nicht zulässig.

Tabelle 27: Verkehrliche Kenndaten der Kreisverkehre

Kreisverkehr	Radverkehrsführung	DTV (Kfz/24h)	DTVRad (Rad/24h)	Unfallrate (Unf./10 ⁶ Kfz)	Unfallkostenrate (€/10 ³ Kfz)
Herne	A	13.500	1.100	1,15	8,56
Gladbeck Horster Straße	A	17.200	600	0,21	16,57
Gladbeck Schützenstraße	A	24.000	720	0,27	12,50
Greven	B1	21.200	3.210	1,03	8,29
Frechen	B1	25.300	1.870	1,30	9,73
Hürth	B1	19.200	980	1,47	18,15
Delmenhorst	B1	20.600	2.100	1,06	14,24
Emsdetten	B3	20.400	1.530	0,54	3,69
Gronau Ochtruper Straße	B3	21.600	3.240	0,93	6,30
Gronau Enscheder Straße	B3	20.200	2.830	0,72	11,05

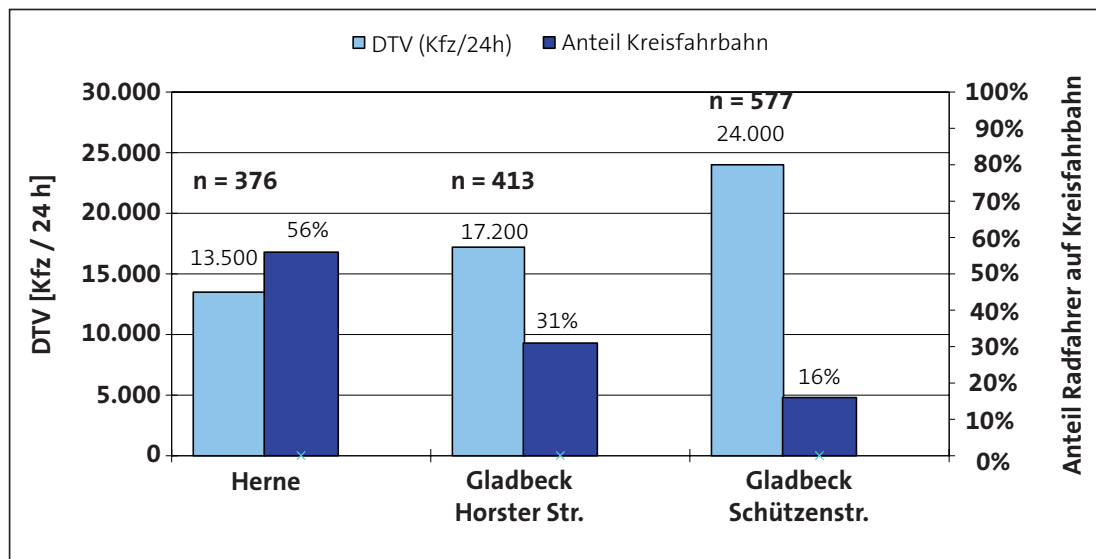


Abbildung 89: Zusammenhang DTV und Anteil Radfahrer auf der Kreisfahrbahn

6.3.2 Flächenbelegung durch Radfahrer auf der Kreisfahrbahn

Zur Ermittlung der Flächenbelegung der auf der Kreisfahrbahn fahrenden Radfahrer wurde die Kreisfahrbahn in drei Abschnitte (Außen, Mitte, Innen) eingeteilt. Mit Außenfahrer werden diejenigen Radfahrer bezeichnet, die sich beim Befahren der Kreisfahrbahn im äußeren Drittel der Kreisfahrbahn bewegen. Die Untersuchungen zeigen, dass an allen Kreisverkehren der Anteil der Außenfahrer dominiert. Der höchst belastete Kreis-

verkehr in Gladbeck (Schützenstraße) weist dabei die höchsten Anteile der Außenfahrer (78 % aller Radfahrer auf der Kreisfahrbahn) auf. Die Anteile der Außenfahrer in Herne liegen mit 60 % und in Gladbeck Horster Straße mit 57 % insgesamt niedriger. Ein Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung und Anteil der Außenfahrer ist bei der vorliegenden Stichprobe nicht nachweisbar.

Abbildung 90 zeigt die Anteile der Außenfahrer auf der Kreisfahrbahn.

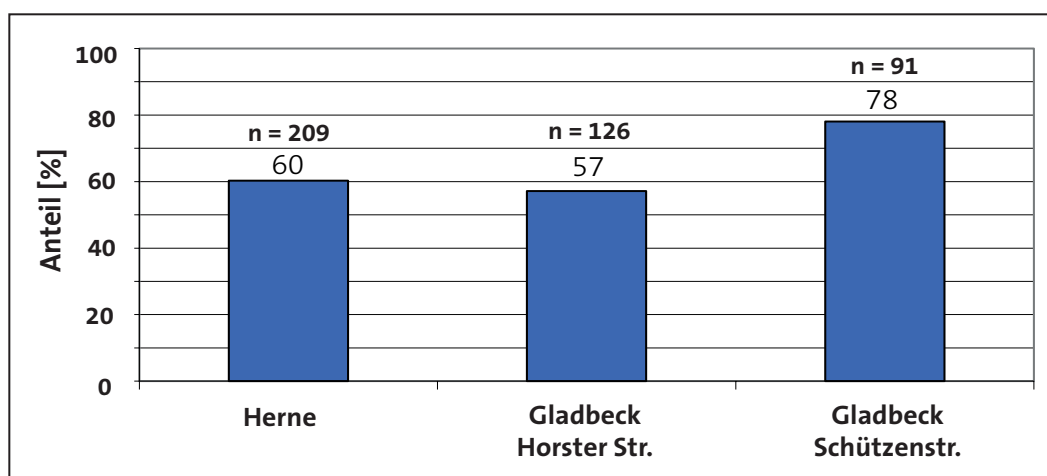


Abbildung 90: Anteil der Außenfahrer auf der Kreisfahrbahn

6.3.3 Regelverstöße, auffällige Verhaltensweisen, Interaktionen

Überholvorgänge

Das Überholen von Radfahrern auf der Kreisfahrbahn durch Kraftfahrer ist in der Regel nur bei außen fahrenden Radfahrern zu beobachten. Diese Überholvorgänge sind als besonders kritisch anzusehen, da sie in den folgenden Ausfahrten zum Schneiden der Radfahrer durch aus dem Kreis ausbiegende Kraftfahrer führen können. Wie in Kapitel 5 ausgeführt, machen die daraus resultierenden Unfälle an Kreisverkehren mit Mischverkehr etwa 19 % aller Unfälle mit Radfahrerbeteiligung aus.

Abbildung 91 zeigt die Anteile der Überholvorgänge bezogen auf alle Fahrvorgänge der außen fahrenden

Radfahrer (Radfahrer im äußeren Drittel der Kreisfahrbahn).

Während an den Kreisverkehren mit baulichem Innenring die Überholanteile zwischen 6 % und 8 % liegen, liegt der Überholanteil am Kreisverkehr in Herne mit nur markiertem Innenring mit 14 % deutlich höher.

Konfliktträchtige Situationen

Am Kreisverkehr in Herne wurden die folgenden konfliktträchtigen Situation beobachtet:

- Aufgrund des hohen Fußgängeraufkommens kam es zu gelegentlichen Rückstaus von aus dem Kreis ausfahrenden Kraftfahrzeugen in die Kreisfahrbahn hinein. Hierdurch wurde die Einfahrt in die Kreisfahrbahn in der zurückliegenden Zufahrt kurzzeitig un-

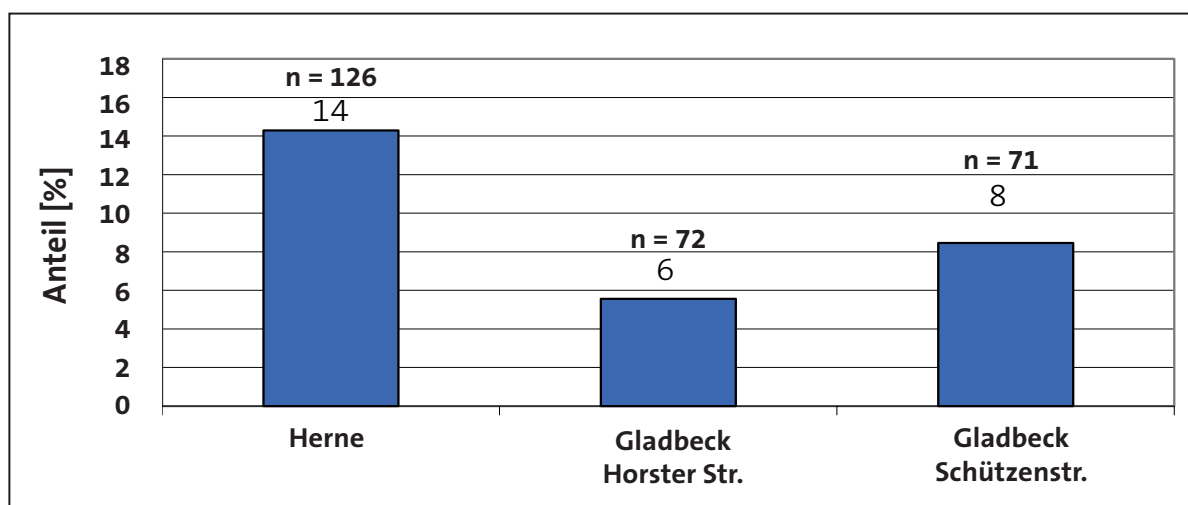


Abbildung 91: Anteil Überholvorgänge durch Kraftfahrer bezogen auf die Anzahl der außen fahrenden Radfahrer



Abbildung 92: Konfliktträchtige Situation durch drängelnde Radfahrer

terbunden. In zwei Fällen drängelten sich Radfahrer auf der Kreisfahrbahn durch die rückstauenden Fahrzeuge hindurch. Bildsequenz 92 zeigt eine kritische Situation.

- In einem Fall fuhr ein wartepflichtiger Radfahrer in die Kreisfahrbahn ein, obwohl sich ein Kraftfahrzeug in der Konfliktfläche befand. Bei der anschließenden Ausfahrt kam es zu einem Konflikt, der ohne Unfallfolgen ausging. Bildsequenz 93 verdeutlicht die kritische Situation.

Querung der Fußgängerüberwege

Die Radfahrer, die die Gehwege befuhren und an den Fußgängerquerungsstellen die Knotenpunktarme überquerten, querten zumeist ohne Halt. Der Anteil der anhaltenden Radfahrer lag je nach Kreisverkehrsarm lediglich zwischen 6 % und 11 %. Ein Absteigen und Schieben des Fahrrades wurde nur in Ausnahmefällen beobachtet.

6.3.4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen lassen die folgenden Schlussfolgerungen zu:

- Je höher die Kfz-Verkehrsbelastung, desto geringer ist der Anteil derjenigen Radfahrer, die den Kreisverkehr im Mischverkehr befahren. Insbesondere bei hoch belasteten Kreisverkehren muss daher mit einer verstärkten Nutzung der Gehwege durch Radfahrer gerechnet werden.
- Die bauliche Anlage eines Innenrings verringert die Anzahl der Überholvorgänge im Kreis und damit die Ge-

fahr des unfallträchtigen Schneidens der Radfahrer vor den Ausfahrten.

- Der Anteil der Kreisfahrbahnvermeider unter den Radfahrern ist vergleichsweise gering. Die meisten Radfahrer, die den Kreisverkehr auf Gehwegen umfuhren, kamen in den Zufahrten bereits auf Gehwegen an.

6.4 Kreisverkehre mit umlaufenden bevorrechtigten Radwegen

6.4.1 Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung

Nutzung der Kreisfahrbahn

An den untersuchten Kreisverkehren lag der Anteil der Radfahrer, die die Kreisfahrbahn befuhren, bei maximal 1 %. Radfahrer, die die Kreisfahrbahn entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befuhren, wurden nicht beobachtet.

Regelkonforme Benutzung der Querungsstellen

Der Grad der regelkonformen Benutzung der Furten ist zwischen den Kreisverkehren sehr unterschiedlich. Am Kreisverkehr in Hürth befuhren nahezu 55 % aller querenden Radfahrer die Furten entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung. In Greven lag der Anteil der Falschfahrer hingegen lediglich bei 6 %. In Delmenhorst wurden 18 % Falschfahrer und in Frechen 39 % Falschfahrer ermittelt (Abbildung 94).



Abbildung 93: Konfliktträchtige Situation durch Vorfahrtsmissachtung

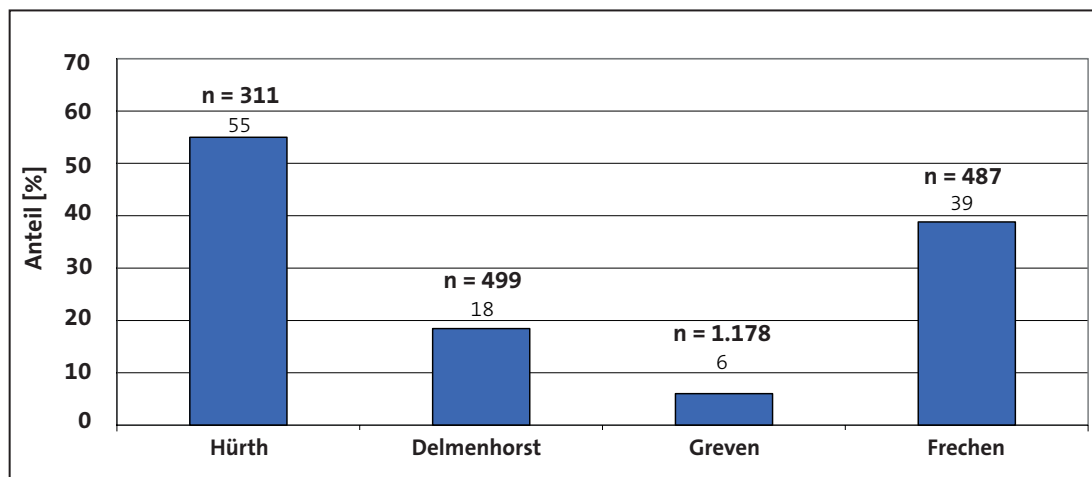


Abbildung 94: Anteil der Radfahrer, die die Furten entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befahren

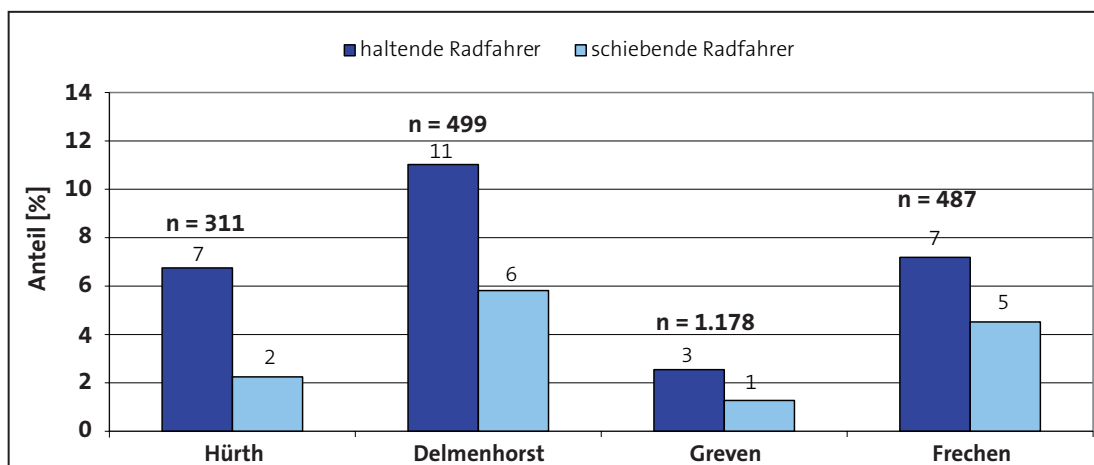


Abbildung 95: Anteil der haltenden und schiebenden Radfahrer an den Furten

Verhalten der Radfahrer an den Furten

In 3 % (Greven) bis 11 % (Delmenhorst) der Fälle hielten Radfahrer an der Furt an, bevor die Furt gequert wurde. In 1 % (Greven) bis 6 % (Delmenhorst) der Fälle wurde das Fahrrad über die Furt geschoben. Hier fällt der Unterschied zwischen dem eher offensiven und selbstbewussten Verhalten der Radfahrer in Greven und dem im Mittel defensiverem Verhalten der Radfahrer in Delmenhorst auf (Abbildung 95).

Verhalten der Radfahrer an den Furten differenziert nach Fahrtrichtung

Der Vergleich zeigt, dass Radfahrer, die die Furten vorschriftswidrig befahren, häufiger anhalten und ihr Rad

schieben als Radfahrer, die die Furt in vorgeschriebener Fahrtrichtung befahren. Beispielsweise lag in Delmenhorst der Anteil der haltenden Radfahrer in vorgeschriebener Fahrtrichtung bei 8 %. Der Anteil der haltenden Radfahrer entgegen der Fahrtrichtung lag hingegen bei 25 % (Abbildung 96).

6.4.2 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen lassen die folgenden Schlussfolgerungen zu:

- Sofern an hoch belasteten Kreisverkehren Radwege mit bevorrechtigten Furten angelegt werden, ist die Akzeptanz durch Radfahrer mit 99 % überaus hoch. Zumindest zu den Zeiten hoher Verkehrsnachfrage

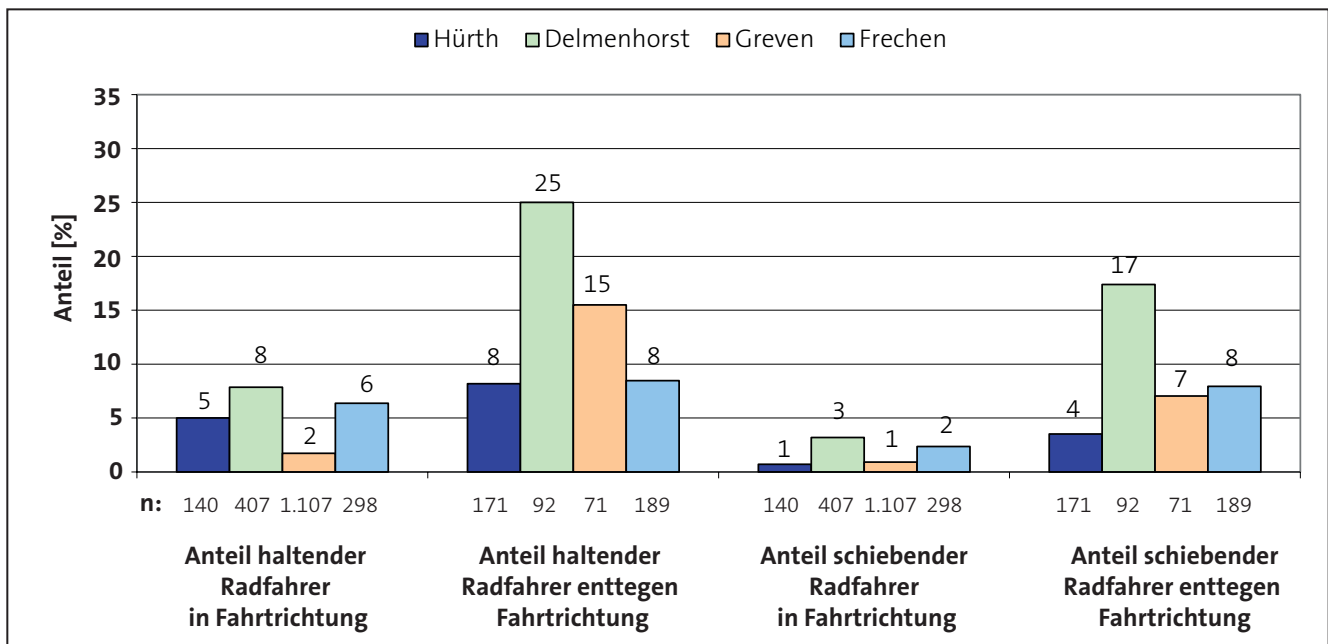


Abbildung 96: Anteil haltender und schiebender Radfahrer nach Fahrtrichtung

benutzen Radfahrer nur in Ausnahmefällen die Kreisfahrbahn.

- Der Anteil der falsch fahrenden Radfahrer variiert sehr stark und ist unter anderem von der Örtlichkeit mit der Lage der Quellen und Ziele abhängig.
- Radfahrer treten an den Furten im Allgemeinen selbstbewusst auf und unterbrechen eher selten ihre Fahrt. Allerdings sind auch hier erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Kreisverkehrsanlagen offenkundig. Sofern die Furten entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung gequert werden, zeigt sich tendenziell ein defensiveres Fahrverhalten der Radfahrer.
- Der Vorrang des Radverkehrs wird durch die Kraftfahrer im Allgemeinen akzeptiert.

6.5 Kreisverkehre mit umlaufenden untergeordneten Radwegen

6.5.1 Nutzung der Verkehrsanlage und Akzeptanz der Radverkehrsführung

Nutzung der Kreisfahrbahn

An den untersuchten Kreisverkehren lag der Anteil der Radfahrer, die die Kreisfahrbahn befuhren, zwischen

1 % (Gronau, Enscheder Straße) und 7 % (Gronau, Ochtruper Straße). Somit zeigt sich im Mittel eine stärkere Nutzung der Kreisfahrbahn als an Kreisverkehren mit vorfahrtsrechtlich übergeordneten Radfahrerfurten.

Regelkonforme Benutzung der Querungsstellen

Der Grad der regelkonformen Benutzung der Querungsstellen ist bei den untersuchten Kreisverkehren ähnlich hoch. Der Anteil der Radfahrer, die den Kreisverkehr regelkonform entgegen dem Uhrzeigersinn befuhren, lag zwischen 83 % und 88 % (Abbildung 97).

Verhalten der Radfahrer an den Querungsstellen

In 16 % (Gronau, Enschederstraße) bis 20 % (Emsdetten) der Fälle hielten Radfahrer an der Querungsstelle an, bevor die Fahrbahn gequert wurde. In 5 % (Emsdetten) bis 9 % (Gronau, Ochtruper Straße) der Fälle wurde das Fahrrad über die Fahrbahn geschoben.

Die Anteile der haltenden und schiebenden Radfahrer ist somit höher als an den Kreisverkehren mit vorfahrtsrechtlicher Überordnung des Radverkehrs (Abbildung 98).

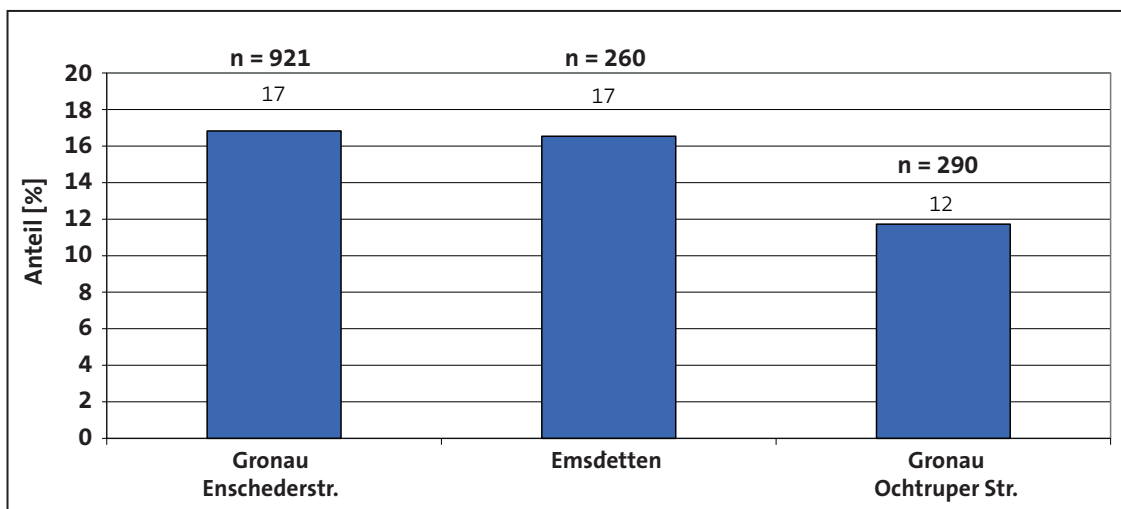


Abbildung 97: Anteil der Radfahrer mit Querung entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung

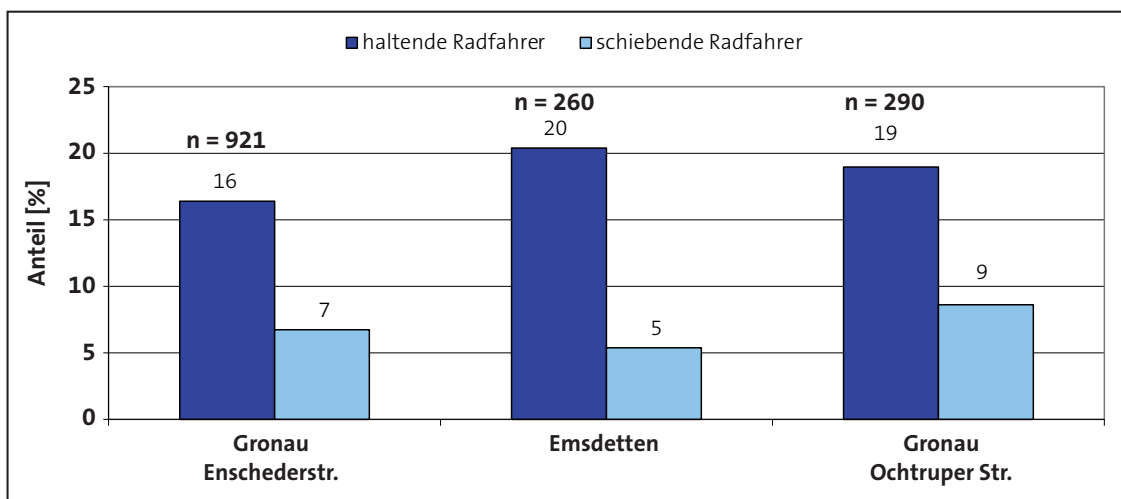


Abbildung 98: Anteil der haltenden und schiebenden Radfahrer an den Querungsstellen

Verhalten der Radfahrer an den Querungsstellen differenziert nach Fahrtrichtung

Der Vergleich zeigt, dass Radfahrer die entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung queren, häufiger anhalten und ihr Fahrrad schieben als Radfahrer mit Querung in vorgeschriebener Fahrtrichtung. In Gronau (Enscheder Straße) hielten beispielsweise 12 % der in vorgeschriebenen Fahrtrichtung querenden Radfahrer an. Dagegen hielten 39 % der Radfahrer an, die entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung querten (Abbildung 99).

6.5.2 Regelverstöße, auffällige Verhaltensweisen, Interaktionen

Verhalten bei der Annäherung an die Querungsstelle

Insgesamt zeigen die Videoaufnahmen eine hohe Aufmerksamkeit der sich der Querungsstelle nähernden Radfahrer. Die Radfahrer sind sich im Allgemeinen ihrer vorfahrtrechtlichen Unterordnung bewusst und beobachten bei der Annäherung an die Querungsstelle die Verkehrssituation. Sofern die Querung als konfliktfrei eingeschätzt wird, wird die Querung ohne Halt und ohne nennenswerte Reduzierung der Geschwindigkeiten durchgeführt.

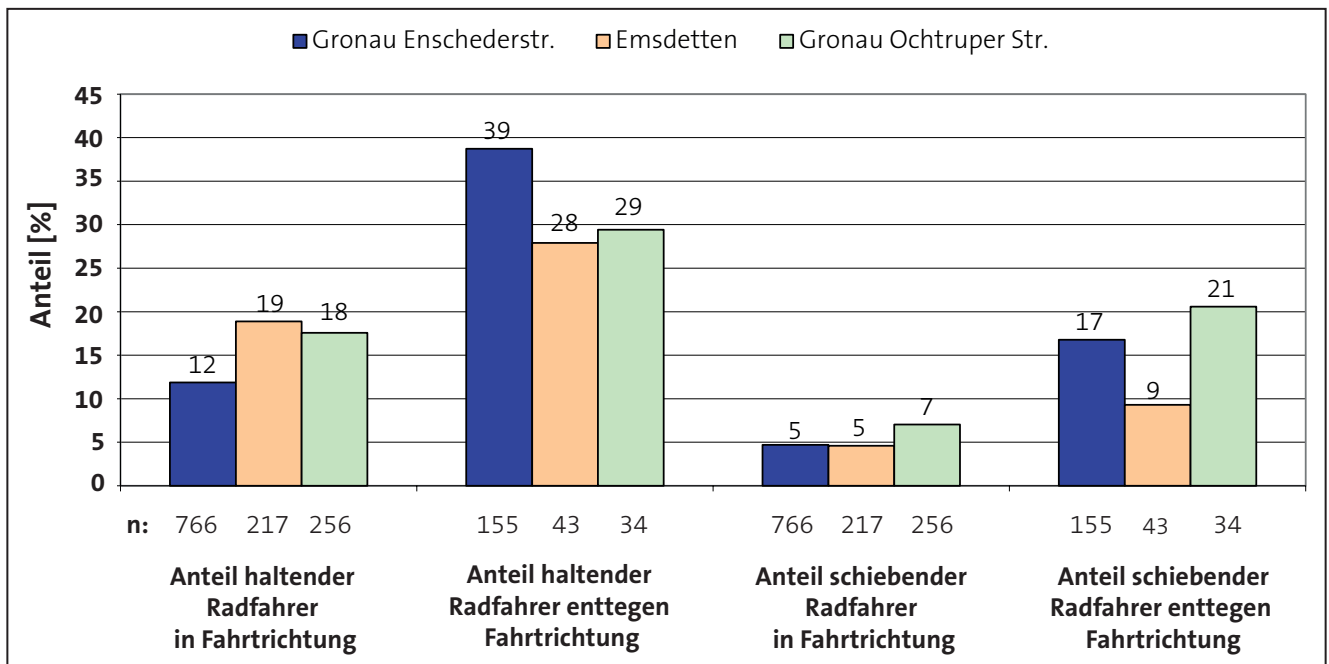


Abbildung 99: Anteil haltender und schiebender Radfahrer nach Fahrtrichtung

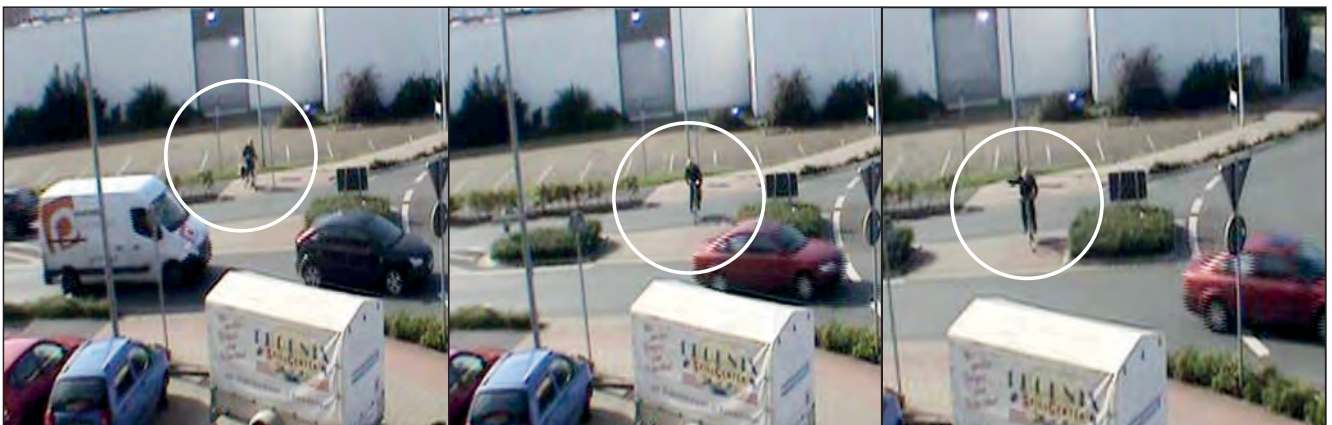


Abbildung 100: Bildersequenz – Annäherung an den Kreisverkehr und Kommunikation der Verkehrsteilnehmer

Sofern eine Interaktion mit einem Kraftfahrer zu erwarten ist, verhalten sich die Radfahrer im Allgemeinen eher defensiv. Es findet eine Kommunikation zwischen Radfahrer und Kraftfahrer statt. Die Kommunikation erfolgt häufig durch eine Reduzierung der Geschwindigkeit des Kraftfahrers und der damit dokumentierten Bereitschaft zum Vorfahrtverzicht oder mittels Handzeichen. Während der Beobachtungszeiträume wurden keine Irritationen durch missverständliche Kommunikation beobachtet.

Bildsequenz 100 zeigt eine typische Situation.

6.5.3 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen lassen die folgenden Schlussfolgerungen zu:

- Auch bei Unterordnung des Radverkehrs ist die Akzeptanz der umlaufenden Radwege durch Radfahrer sehr hoch. Lediglich an einem Kreisverkehr (Gronau, Ochtruper Straße) befuhr mit 7 % der Radfahrer eine nennenswerte Anzahl an Radfahrern die Kreisfahrbahn.
- Radfahrer treten an den Querungsstellen insgesamt umsichtiger und weniger selbstbewusst auf, als an

übergeordneten Furten. Die Verkehrssituation wird bei der Annäherung an die Querungsstelle genauer beobachtet. Im Falle einer drohenden Interaktion findet zumeist eine Kommunikation zwischen Radfahrer und Kraftfahrer statt.

- Der Anteil der haltenden und schiebenden Radfahrer ist im Mittel höher als an übergeordneten Furten.
- Trotz Vorrang für den Kraftverkehr verzichten viele Kraftfahrer an den Querungsstellen auf ihren Vorrang.

7 Zusammenfassung und planerische Empfehlungen

7.1 Zusammenfassung

Kleine Kreisverkehre haben sich in zahlreichen in- und ausländischen Untersuchungen als ausgesprochen sichere Knotenpunktform erwiesen. Durch einen Umbau von vorher sicherheitsproblematischen Knotenpunkten in Kreisverkehre lässt sich im Mittel eine deutliche Erhöhung der Verkehrssicherheit erreichen. Insbesondere an Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete führt der Umbau zu einem einstreifigen Kreisverkehr im Allgemeinen zu einer deutlichen Erhöhung der Verkehrssicherheit gegenüber der vorherigen Einmündung oder Kreuzung. Auch für einstreifige Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete weisen die vorliegenden in- und ausländischen Untersuchungen ein insgesamt hohes Verkehrssicherheitsniveau aus. Zahlreiche Untersuchungen zeigen jedoch auch, dass die Radfahrer am Wenigsten vom Sicherheitsgewinn nach dem Umbau zu einem Kreisverkehr profitieren.

Die in dem Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] empfohlenen Gestaltungsparameter für Kreisverkehre sind von dem Grundgedanken einer möglichst geschwindigkeitsdämpfenden Ausbildung der Kreisverkehre geprägt. Hierzu sind die Gestaltungsparameter so zu wählen, dass die Kraftfahrer bei der Durchfahrung des Kreisverkehrs möglichst stark abbremsen und durch die Kreisinsel von der geraden Durchfahrt abgelenkt werden. Durch die Wahl relativ enger Radien und schmaler Fahrbahnbreiten soll ebenfalls die Geschwindigkeit reduziert

werden, aber auch die Querung für Fußgänger und Radfahrer erleichtert werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten die in Deutschland geltenden Gestaltungsstandards für einstreifige Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit überprüft werden. Dabei war ein Schwerpunkt der Untersuchung auf die Führung des Radverkehrs zu legen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:

- Analyse in- und ausländischer Literatur zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren
- Auswertung der amtlichen Unfallstatistik des Landes Nordrhein-Westfalen (Makroanalyse)
- Analyse des Unfallgeschehens an 100 weitgehend regelkonform gestalteten einstreifigen Kreisverkehren innerhalb bebauter Gebiete auf der Grundlage der polizeilichen Unfallanzeigen
- Verkehrsverhaltensbeobachtungen an 10 Kreisverkehren mittels Videoanalyse.

Ergebnisse der Makroanalyse

Die zur Verfügung gestellten Daten umfassten lediglich Unfälle der Kategorien 1 bis 4 und 6. Es ist zudem keine Differenzierung nach Kreisverkehrstyp sowie nach Lage des Knotenpunktes möglich. Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Unfallkategorien 1 und 2) an allen Unfällen mit Personenschaden ist an Kreisverkehren mit 12,0 % niedriger als an vorfahrtgeregelten Kreuzungen und Einmündungen (16,2 %) sowie an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage (16,4 %).
- In mehr als der Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden an Kreisverkehren ist ein nicht motorisierter Verkehrsteilnehmer beteiligt. Hierbei handelt es sich in der ganz überwiegenden Mehrheit um Radfahrer. Bei vorfahrtgeregelten Knotenpunkten liegt der Anteil auf einem fast gleich hohen Niveau. Bei signalgeregelten Knotenpunkten ist bei etwa vier von 10 Unfällen mit Personenschaden ein Fußgänger oder Radfahrer betei-

ligt. Hier ist der Anteil der Fußgänger deutlich höher als an Kreisverkehren.

Ergebnisse der Unfallanalyse

Die Unfallanalyse umfasste die Auswertung der polizeilichen Unfallanzeigen an 100 Kreisverkehren über einen Zeitraum von drei Jahren. Dabei wurden insgesamt 1.015 Unfälle berücksichtigt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Unfallanalyse zeigt grundsätzlich, dass regelkonform gestaltete einstreifige Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete im Mittel überaus sichere Verkehrsanlagen sind. Die mittleren Unfallkenngrößen
 - Unfallrate: 0,60 Unfälle/10⁶ Kfz
 - Unfallkostenrate: 6,28 €/10³ Kfz
 liegen auf einem im Vergleich mit anderen Knotenpunktformen niedrigen Niveau.
- An etwa 10 % aller Unfälle waren Radfahrer beteiligt. Bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden lag der Anteil der Unfälle mit Radfahrerbeteiligung hingegen bei 28 %. Bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung hängt der Unfalltyp stark von der Art der Radverkehrsführung ab. Bei Kreisverkehren mit der Führung der Radfahrer im Mischverkehr ereigneten sich etwa 40 % aller Unfälle bei der Einfahrt in den Kreis (Unfalltyp 303). Weitere 19 % der Unfälle ereigneten sich unmittelbar vor der Ausfahrt von der Kreisfahrbahn (Unfalltyp 232). Bei bevorrechtigten umlaufenden Radwegen ereigneten sich 88 % aller Unfälle mit Radfahrerbeteiligung an den Querungsstellen.
- Unfälle mit Fußgängerbeteiligung ereigneten sich ausgesprochen selten. Bei lediglich 1 % aller Unfälle, sowie bei 3 % der Unfälle mit Personenschaden waren Fußgänger beteiligt. Von den insgesamt 11 Unfällen, die sich an den Querungsstellen ereigneten, geschahen acht Unfälle an Fußgängerüberwegen.
- Die Größe des Außendurchmessers hat innerhalb der untersuchten Spannbreite keinen Einfluss auf die Verkehrssicherheit. Allerdings ist ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Knotenpunktarme und dem Unfallgeschehen nachweisbar. So weisen 5-armige Kreisverkehre signifikant höhere Unfallkostenraten auf. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen

dem Ablenkmaß und der Anzahl der Einbiegen/Kreuzen-Unfälle festgestellt werden. Die Unfalldaten zeigen jedoch tendenziell einen Einfluss der Ablenkung in der zurückliegenden Zufahrt auf das Unfallgeschehen. Dabei ist grundsätzlich anzumerken, dass es sich bei den untersuchten Kreisverkehren um im Wesentlichen Merkblatt konform gestaltete Kreisverkehre handelt. Eine merkliche Unterschreitung des Ablenkmaßes liegt dabei nur in wenigen Zufahrten vor.

- Ein besonders großer Einfluss auf die Verkehrssicherheit zeigt sich bei der Führung des Radverkehrs. An Kreisverkehren mit Mischverkehr sowie an Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und Unterordnung des Radverkehrs zeigten sich deutlich geringere Unfallkennwerte als an Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und bevorrechtigten Radfahrerfurten.

Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen

Im Rahmen der Verhaltenbeobachtungen wurde das Verkehrsverhalten von Radfahrern an 10 Kreisverkehren über einen Zeitraum von jeweils fünf Stunden mittels Videoanalyse beobachtet. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- An **Kreisverkehren mit Mischverkehr** zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Kfz-Verkehrsbelastung und der Akzeptanz der Radverkehrsführung. Je höher die Kfz-Verkehrsbelastung, desto geringer ist der Anteil derjenigen Radfahrer, die den Kreisverkehr im Mischverkehr befahren. Insbesondere bei hoch belasteten Kreisverkehren muss mit einer verstärkten Nutzung der Gehwege durch Radfahrer gerechnet werden. Die bauliche Anlage eines Innenrings verringert die Anzahl der Überholvorgänge im Kreis und damit die Gefahr des unfallträchtigen Schneidens der Radfahrer vor den Ausfahrten. Der Anteil der Kreisfahrbahnvermeider unter den Radfahrern ist vergleichsweise gering. Die meisten Radfahrer, die den Kreisverkehr auf Gehwegen umfahren, kommen in den Zufahrten bereits auf Gehwegen an.
- An **Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen** und bevorrechtigten Furten ist die grundsätzliche Akzeptanz der Verkehrsführung durch Radfahrer mit 99 % überaus hoch. Zumindest zu den Zeiten hoher Verkehrsnachfra-

ge benutzen Radfahrer nur in Ausnahmefällen die Kreisfahrbahn. Je nach Kreisverkehrsanlage sind jedoch zum Teil erhebliche Anteile an Radfahrern zu beobachten, die den Kreisverkehr entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung befahren. Der Anteil der falsch fahrenden Radfahrer variiert sehr stark und ist unter anderem von der Örtlichkeit mit der Lage der Quellen und Ziele abhängig. Radfahrer treten an den Furten im Allgemeinen selbstbewusst auf und unterbrechen eher selten ihre Fahrt. Allerdings sind hier erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Kreisverkehrsanlagen offenkundig. Sofern die Furten entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung gequert werden, zeigt sich tendenziell ein defensiveres Fahrverhalten der Radfahrer. Der Vorrang des Radverkehrs wird durch die Kraftfahrer im Allgemeinen akzeptiert.

- Auch an **Kreisverkehren mit umlaufenden Radwegen und vorfahrtrechtlicher Unterordnung** des Radverkehrs ist die Akzeptanz der umlaufenden Radwege durch Radfahrer sehr hoch. Die Akzeptanz liegt im Mittel nur geringfügig unter den Werten für Kreisverkehre mit umlaufenden Radwegen und bevorrechtigten Furten. Radfahrer treten an den Querungsstellen insgesamt umsichtiger und weniger selbstbewusst auf, als an bevorrechtigten Furten. Die Verkehrssituation wird bei der Annäherung an die Querungsstelle genauer beobachtet. Im Falle einer drohenden Interaktion findet zumeist eine Kommunikation zwischen Radfahrer und Kraftfahrer statt. Der Anteil der haltenden und schiebenden Radfahrer ist im Mittel höher als an bevorrechtigten Furten. Trotz Vorrang für den Kraftverkehr verzichten viele Kraftfahrer an den Querungsstellen auf ihren Vorrang.

7.2 Planerische Empfehlungen

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren [29] enthaltenden Gestaltungsempfehlungen durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weitestgehend bestätigt werden. Das hohe Verkehrssicherheitsniveau regelkonform gestalteter einstreifiger Kreisverkehre innerhalb bebauter Gebiete wird durch die im Mittel geringen Unfallkennziffern dokumentiert.

Überprüfung des Ablenkmaßes

Die hohe Verkehrssicherheit wird in erster Linie durch eine geschwindigkeitsdämpfende Ausbildung des Kreisverkehrs mit einer deutlichen Ablenkung der einfahrenden Kraftfahrer durch die Kreisinsel erreicht. Die praktische Überprüfung des im Regelwerk genannten Ablenkmaßes zeigt jedoch, dass die Überprüfung nicht immer zweifelsfrei möglich ist. Insbesondere bei 5-armigen Kreisverkehren ist das im Merkblatt vorgeschlagene Verfahren nur eingeschränkt anwendbar.

Die Verkehrsbeobachtungen zeigen auch, dass die Einbeziehung des Innenrings zu präzisieren ist. Bei lediglich markierten Innenringen, aber auch bei baulich angelegten Innenringen ohne nennenswerte Niveauunterschiede zur Kreisfahrbahn ist der Anteil der Überfahrten durch Pkw ausgesprochen hoch. Derart gestaltete Innenringe können nicht in den Nachweis der ausreichenden Ablenkung einbezogen werden.

Führung der Radfahrer im Mischverkehr

Die Führung der Radfahrer im Mischverkehr hat sich auch bei hohen Kfz-Verkehrsbelastungen als eine für Radfahrer sichere Führungsform erwiesen.

Die im Merkblatt [29] geäußerte Einschätzung, dass die Akzeptanz des Mischverkehrs bei hohen Kfz-Verkehrsbelastungen deutlich zurückgeht, wird durch die Untersuchungen bestätigt. In diesen Fällen weichen Radfahrer zunehmend auf den Gehweg aus. Daher ist bei der Planung für ausreichende Seitenräume zu sorgen.

Sofern die Radfahrer an hoch belasteten Kreisverkehren in den Zu- und Ausfahrten auf Radwegen geführt und vor dem Kreisverkehr auf die Fahrbahn geleitet werden, ist mit einem besonders hohen Anteil an Radfahrern zu rechnen, die weiterhin auf den Nebenanlagen verbleiben.

Bei einer Führung der Radfahrer im Mischverkehr sollte grundsätzlich ein baulich ausgeführter Innenring mit einem Niveauunterschied von 4 bis 5 cm zur Kreisfahrbahn angelegt werden. Die Gefahr des Überholens von Radfahrern auf der Kreisfahrbahn und des unfallträch-

tigen Schneidens vor den Ausfahrten kann so wirkungsvoll verringert werden.

Umlaufende Radwege

Die Untersuchung zeigt, dass auch die Führung der Radfahrer auf umlaufenden Radwegen eine für Radfahrer sichere Führungsform darstellt. Innerhalb des insgesamt vergleichsweise hohen Sicherheitsniveaus hat sich die Bevorrechtigung des Radverkehrs an den Furten allerdings als am Wenigsten sicher erwiesen.

Ergänzend wird empfohlen, auch bei Kreisverkehren innerhalb bebauter Gebiete die Führung der Radfahrer auf umlaufenden Radwegen mit vorfahrtrechtlicher Unterordnung der Radfahrer stärker im Regelwerk zu verankern. Diese Führungsform hat sich gerade für Radfahrer als ausgesprochen sicher erwiesen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine Priorisierung der Fußgänger mit Fußgängerüberwegen dann nicht mehr möglich ist. Diese Regelung kommt daher eher an Kreisverkehren mit geringen Fußgängerstärken in Betracht.

Literatur

- [1] Brilon, W.; Schnüll, R.; et al. [1990]: Einsatzmöglichkeiten von Kreisverkehren und aufgeweiteten Knotenpunkten unter besonderer Berücksichtigung ausländischer Erfahrungen. FE Nr. 77198/87 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Bochum.
- [2] Stuwe, B. [1992]: Untersuchung der Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit an deutschen Kreisverkehrsplätzen. Schriftenreihe Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum. Bochum.
- [3] Alrutz, D. et al. [1992]: Untersuchung der Verkehrssicherheit für Fußgänger und Radfahrer in Kreisverkehrsplätzen der neuen Generation. Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. Hannover.
- [4] Brilon, W.; Drews, O.; Stuwe, B. [1993]: Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen. FE Nr. 77359/91 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Bochum.
- [5] Brilon, W. [1997]: Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 43 (1997), S. 22 - 28.
- [6] Baumert, R. [1998]: Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit von einstreifigen Kreisverkehrsplätzen - untersucht an Beispielen aus dem Kreis Borken. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum.
- [7] Haller, W.; Lange, J.; Alrutz, D.; Stellmacher-Hein, J. [2000]: Fußgänger- und Radverkehrsführung an Kreisverkehrsplätzen. Schriftenreihe Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 793. Bonn.
- [8] Eckstein, Meewes [2002]: Sicherheit von Landstraßen-Knotenpunkten. Mitteilungen Nr. 40 des Institutes für Straßenverkehr Köln. Köln.
- [9] Bäumer, H.; Brilon, W.; Zurlinden, H. [2003]: Wissenschaftliche Begleituntersuchung zur Umgestaltung der K 7 in Borken. Gutachten im Auftrag des Kreises Borken, Bochum.
- [10] Bäumer, H.; Brilon, W. [2004]: Verkehrsablauf, Kapazität und Verkehrssicherheit an Kreisverkehren in Hessen. Untersuchung im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen. Bochum.
- [11] Bäumler, G.; Spahn, V. [2007]: Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen und Lichtzeichenanlagen in Bayern. In: Straßenverkehrstechnik 7 (2007), S. 357 - 362.
- [12] Huber, C.A.; Bühlmann, F. [1994]: Sicherheit von Kreiselanlagen – Erfahrungen und vorläufige Empfehlungen. Bfu-Bericht. Bern.
- [13] Bühlmann, F.; Spacek, P. [1997]: Unfallgeschehen und Geometrie der Kreiselanlagen. Forschungsauftrag Nr. 17/93 des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes. Zürich.

-
- [14] Vereinigung Schweizerischer Straßenfachleute (VSS) [1999]: Schweizer Norm SN 640 263 „Knoten mit Kreisverkehr“.
- [15] Bühlmann, F. [2005]: Kreisel sind nicht immer sicher. In: Strasse und Verkehr 11/2005, S. 6 - 9.
- [16] Krainz, D. et al. [2007]: Kreisverkehrsanlagen in der Steiermark - Eine „Runde Sache“?. Eine wissenschaftliche Untersuchung des Kuratoriums für Verkehrssicherheit in Zusammenarbeit mit der Steiermärkischen Landesregierung, FA 18A. Graz.
- [17] Minnen, J. van [1990]: Ongevallen op rotondes; Vergelijkende studie van de onveiligheid op een aantal locaties waar een kruispunt werd verzangen door aan ´nieuwe rotonde. R-90-47. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Leidschendam.
- [18] Minnen, J. van [1995]: Rotondes en voorangsregelingen. R-95-58. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Leidschendam.
- [19] Minnen, J. van [1995]: Rotondes en voorangsregelingen II. R-98-12. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Leidschendam.
- [20] Weijermars, W. [2001]: Voorrang aan veiligheid op rotondes. Een onderzoek naar de veiligheid van verschillende voorangsregelingen voor fietseers op rotondes met vrijliggende fietspaden. Afstudeerscriptie. Universiteit Twente. Enschede.
- [21] Daniels, S.; Nuyts, E.; Wets, G. [2008]: The effects of roundabouts on the traffic safety for bicyclists. An observational study. In: Accident analysis and prevention 40(2), S. 518 - 526.
- [22] Daniels, S.; Brijs, T.; Nuyts, E.; Wets, G. [2009]: Injury crashes with bicyclists at roundabouts: Influence of some location characteristics and the design of cycle facilities. In: Journal of Safety Research 40 (2009), S. 141 - 148.
- [23] Jørgensen, E.; Jørgensen, N.O. [1994]: Trafiksikkerhed I 82 danske rundkoersler - anlagt efter 1985. Institut for Veje, Trafik og Byplan.
- [24] Hels, T.; Orozova-Bekkevold, I. [2007]: The effect of roundabout design features on cyclist accident rate. In: Accident analysis and prevention 39(2007), S. 300 - 307.
- [25] Brüde, U.; Larsson, J. [2000]: What roundabout design provides the highest possible Safety? In: Nordic Road and Transport Research 2 (2000), S. 17 - 32.
- [26] Sakshaug, L.; Laureshyn, A.; Svensson, A.; Hydén, C. [2010]: Cyclists in roundabouts - Different design solutions. In: Accident analysis and prevention 42 (2010), S. 1338 - 1351.

- [27] Brilon,W.; Bondzio, L.; Stuwe, B. [1993]: Kleine Kreisverkehre – Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung. Bausteine aus der Planungspraxis in Nordrhein-Westfalen, Nr. 16, herausgegeben vom Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

- [28] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [1998]: Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehren. Bonn.

- [29] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [2006]: Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren. Bonn.

- [30] Bundesanstalt für Straßenwesen [2006]: bast-info 2/06, Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2004. Bergisch-Gladbach.

Ort	Knotenpunkt	KP-Amme	Durchmesser [m]	DTV [Kfz/24 h]	DTV Rad [Rad/24 h]	FG [FG/24 h]	Unfalldaten
Ahaus	Adenauerring (B 474) Wessumerstraße (K 17)	5	50,5	24.000	7.072	158	2007-2009
Bendorf	Hauptstraße (B413) Adolph-Kolping-Straße	3	33,47	23.900	139	130	2008-2010
Bergheim	Kölner Hohlweg (L 91) Oberaussemer Straße (L 93)	4	28	13.000	556	48	2008-2010
Bergheim	Lechenicher Straße (K 19) Humboldtstraße	4	29,5	25.000	1.021	202	2008-2010
Bochum	An der Halde Kirchharpener Straße	4	30	10.500	201	31	2008-2010
Bochum	Dietrich-Benking-Straße (L 645) Hiltroper Straße (K 25)	3	26,5	20.700	313	132	2008-2010
Bochum	Gerther Straße Kirchharpener Straße	4	29,5	13.100	385	47	2009-2010
Bochum	Günnigfelderstraße (K 11) Osterfeldstraße	4	31,5	15.300	257	69	2008-2010
Bochum	Wasserstraße K6 Wiemelhauser Straße K6	4	28.94	16.400	368	210	2007-2009
Borken	Butenwall (K7) Burloer Straße	4	30	13.500	3.057	93	2006-2009
Castrop-Rauxel	Dortmunder Straße (L 663) Neuroder Platz	4	33	6.200	347	237	2006-2009
Castrop-Rauxel	Recklinghauser Straße (L658) Lange Straße (L645)	3	35	10.900	709	57	2006-2008
Castrop-Rauxel	Schwarzer Weg Wartburgstraße	4	32	12.450	785	110	2006-2009
Castrop-Rauxel	Warburgstraße (K28) Siemensstraße	4	34,5	18.100	841	35	2008-2010
Celle	Bahnhofplatz Biermannstraße	3	33	13.100	1.112	62	2008-2010
Celle	Telefunkenstraße Hüttenstraße	4	35	11.200	792	31	2008-2010
Celle	Trüllerstraße Wiesenstraße	4	29	17.700	2.195	105	2008-2010
Chemnitz	Bornaer Straße Blankenburger Straße	4	30	17.100	584	61	2008-2010
Coesfeld	Dülmener Straße Grimping Straße	4	30	14.000	2.508	76	2008-2010
Delmenhorst	Annenheider Straße Hasporter Damm	4	34	20.600	2.091	80	2008-2010
Delmenhorst	Annenheider Straße Niedersachsendamm	4	50	20.000	1.188	38	2008-2010
Emsdetten	Borghorster Straße (L590) Wilhelmstraße (L590)	4	30	17.400	5.551	256	2008-2010

Ort	Knotenpunkt	KP-Amme	Durchmesser [m]	DTV [Kfz/24 h]	DTV Rad [Rad/24 h]	FG [FG/24 h]	Unfalldaten
Emsdetten	Elbersstraße (L590) Eisenbahnstraße	4	30	20.400	3.008	78	2008-2010
Emsdetten	Grevener Damm (B481) Südring	4	40	6.600	1.528	21	2008-2010
Erfstadt	Herriger Straße (L 263) Erper Straße	3	30	25.300	813	83	2008-2010
Frechen	Freiheitsring (L 277) Lindenstraße (K 25)	4	26	16.600	1.869	594	2008-2010
Frechen	Lindenstraße (K 25) Krankenhausstraße (K 8)	3	28	15.200	445	43	2008-2010
Fulda	Ausfahrt B 27 Kreuzbergstraße	3	30	10.300	743	57	2006-2010
Fulda	Heidelsteinstraße Kreuzbergstraße	3	32	8.000	493	210	2007-2010
Fulda	Kohlhäuser Straße (L 3418) Christian-Wirth-Straße	4	31,5	8.100	834	75	2007-2009
Fulda	Sickelser Straße (L 3079) Alexander-Schleicher-Straße	4	31,5	5.200	1.563	176	2006-2010
Fulda	Straßburger Straße Adenauerstraße	4	27,5	13.600	792	78	2006-2010
Gescher	Schlesierring Bahnhofstraße	3	33	16300	806	16	2008-2009
Gevensberg	Haßlinghauser Straße (L666) Heidestraße (L666)	3	30	22.500	556	239	2008-2010
Gladbeck	Feldhauser Straße (K38) Beethovenstraße	4	31	17.200	1.507	180	2006-2009
Gladbeck	Horster Straße Welheimer Straße	4	34	17.100	597	245	2007-2009
Gladbeck	Schillerstraße Humboldtstraße	4	30	24.000	591	343	2006-2009
Gladbeck	Schützenstraße (L 615) Wilhelmstraße (L615)	4	35	21.200	723	118	2007-2009
Greven	Königstraße (L555) Münsterstraße	4	40	6.500	3.210	167	2008-2010
Greven	Münsterdamm (B219) Rathausstraße (L555)	4	31	20.200	1.389	98	2009-2010
Gronau	Enscheder Straße (L572) Hermann-Ehlers-Straße (L 572)	5	41	21.600	2.826	55	2007-2009
Gronau	Hermann-Ehlers-Straße (L572) Ochtruper Straße	4	34,5	13.600	3.237	66	2007-2009
Gronau	Herzogstraße Königstraße	4	26	10.900	1.723	72	2007-2009

Ort	Knotenpunkt	KP- Amme	Durchmesser [m]	DTV [Kfz/24 h]	DTV Rad [Rad/24 h]	FG [FG/24 h]	Unfalldaten
Gronau	Losserstraße Steinstraße	4	30	18.000	1.612	76	2007-2009
Hamburg	Duvenstedter Damm Lohe	4	30	19.000	834	317	2008-2010
Hamburg	Farmsener Landstraße Halenreihe	3	30	13.000	1.508	189	2008-2010
Hamburg	Neuwiedenthaler Straße Süderelbebogen	4	32	10.000	778	76	2008-2010
Hamburg	Saseler Straße Kriegkamp	4	30	10.800	987	58	2008-2010
Harsewinkel	Hauptstraße (B513) Versmolder Straße (L831)	4	29,5	13.500	438	39	2008-2011
Herne	Bahnhofstraße Funkenbergstraße	4	30	18.900	1.105	831	2008-2010
Herne	Sodingerstraße (K29) Castroper Straße (K45)	4	29,7	25200	549	164	2008-2010
Herne	Westring (L551) Forellstraße (K1)	4	36,5	19.200	646	54	2008-2010
Hürth	Bonnstraße (L 183) Friedrich-Ebert-Straße	4	35,5	15.000	980	144	2008-2010
Kleve	Emmericher Straße (B220) Wiesenstraße (B220)	4	35	17.900	1.542	34	2008-2010
Kleve	Klever Ring (B9) Van den Bergh Straße	4	44	13.000	625	16	2008-2010
Köln	Bahnhofstraße Kaiserstraße	4	30	13.200	723	332	2008-2010
Köln	Hammerschmidtstraße Am Feldrain	4	29	6.400	1.091	90	2008-2010
Köln	Karlstraße (L99) Philipp-Reis-Straße (L99)	3	30,6	20.800	820	611	2008-2010
Lage	Detmolder Straße (B 239) Breite Straße (B 239)	4	35,5	21.500	292	66	2008-2010
Lage	Pivitsheider Straße (B 239) Breite Straße (B 239)	4	35,5	22.000	250	21	2008-2010
Leimen	Sankt-Ilgener Straße Tinquexallee	4	29	12.900	938	79	2008-2010
Leinefelde	Birkunger Straße Bahnhofstraße	4	29	10.600	153	21	2008-2010
Leinefelde	Birkunger Straße Hertzstraße	4	35.5	12.700	1.251	45	2008-2010
Leinefelde	Birkunger Straße Jahnstraße	4	30	10.000	1.160	107	2008-2010
Leinefelde	Birkunger Straße Lisztstraße	3	35,5	12.700	313	14	2008-2010

Ort	Knotenpunkt	KP- Amme	Durchmesser [m]	DTV [Kfz/24 h]	DTV Rad [Rad/24 h]	FG [FG/24 h]	Unfalldaten
Lengerich	Ringeler Straße (K10) Münsterstraße	4	29,28	10.000	2584	784	2008-2010
Leonberg	Ditzinger Straße K1059 Röntgenstraße	4	29,5	11.500	366	177	2008.2010
Leonberg	Römerstraße Poststraße	4	26	13.500	264	147	2008-2010
Lüdinghausen	Selmer Straße (L 835) Aschebergstraße	4	33,5	18.000	2.307	23	2008-2010
Lüdinghausen	Valve (B 58) Selmerstraße (L 835)	4	33	12.200	345	16	2008-2010
Lüneburg	Konrad- Adenauer Straße (K 37) Wilhelm- Leuschner-Straße	4	35	21.400	514	30	2008-2010
Lüneburg	Lauensteinerstraße Dörnbergerstraße	5	27	12.600	2.049	151	2008-2010
Oelde	Berliner Ring (K11) Rhedaer Straß(e K52)	4	30	14.000	1.459	78	2008-2010
Oelde	Warendorfer Straße (L793) Konrad- Adenauer- Allee (L793)	5	37	18.800	90	107	2008-2010
Rechberghausen	Bahnhofstraße (B297) Lorcherstraße (B297)	4	38	20.900	2.967	102	2008-2010
Rhede	Kirchstraße (K4) Nordstraße (K4)	4	26	18.900	1,341	62	2008-2010
Rheine	Elter Straße (B475) Hemelter straße (B475)	5	32	13.200	1.112	109	2008-2010
Rheine	Neuenkirchener Straße (K57) Sassestraße	4	33	18.500	934	87	2008-2010
Rietberg	Delbrücker Straße Höppeweg	4	29	15000	1.688	33	2009-2010
Rietberg	Lange Straße (L 782) Platzstraße	4	28,5	7.000	855	63	2008-2010
Rietberg	Westerwieher Straße Gräfin-Ernestine-Straße	4	29	13800	167	32	2008-2010
Schnerverdingen	Hamburger Straße Schnerverdinger Straße	4	35	17.400	2.048	5	2008-2010
Selm	Kreisstraße (B 236) Botzlarstraße	4	30	13.000	479	512	2008-2010
Stuttgart	Auerbachstraße Roter Stich	4	36,5	13.400	118	581	2008-2010
Stuttgart	Büsnauer Straße Meluner Straße	4	30	8.800	486	139*	2008-2010
Stuttgart	Landauer Straße Deidesheimerstraße	4	26	17.900	382	129	2008-2010

Ort	Knotenpunkt	KP- Amme	Durchmesser [m]	DTV [Kfz/24 h]	DTV Rad [Rad/24 h]	FG [FG/24 h]	Unfalldaten
Stuttgart	Olgastraße Wilhelmstraße	4	28	14.000	1.751	325	2008-2010
Stuttgart	Robert-Leicht-Straße Meitnerstraße	5	40	13.300	271	99	2008-2010
Stuttgart	Zusestraße Wankelstraße	4	45	12.700	848	202	2008-2010
Sulzbach/Saar	Grüblingstraße (L 258) Quierschieder Weg (L 126)	4	31,4	12.400	834	95	2007-2010
Unna	Hammerstraße (L 665) Viktoriastraße	4	30	17000	1.014	164	2008-2010
Versmold	Westheider Weg (B 476) Brüggenkamp	4	30	22.800	1.403	18	2009-2011
Villingen- Schwenningen	Alte Herdstraße (L 423) Marktstraße (L 423)	3	32	20.000	382	595	2008-2010
Weißenfels	Käthe-Kollwitz-Straße (B87) Zeitzer Straße (B87)	4	34	1.900	417	44	2008-2010
Weißenfels	Langendorfer Straße (B87) Naumburger Straße (B87)	4	32,6	16.500	1.257	311	2008-2010
Weißenfels	Merseburger Straße (B87) Dammstraße	5	35	18.000	1.355	391	2008-2010
Wernigerode	Rudolf-Breitscheid-Straße (B 6) Vor der Mauer (B 244)	4	32,5	7.400	250	273	2008-2010
Wernigerode	Schmatzfelder Straße (B 244) An der Holtemme	4	32	18.200	1.542	18	2008-2010
Wesseling	Flach-Fengler-Straße Jahnstraße	4	26,5	18.200	271	264	2008-2010
Witten	Pferdebachstraße Bebbelsdorf	4	28	18.300	271	32	2008-2010

Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallindichte UD [U/a]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁵ Rad]	Unfallrate _{kA} UR _{kA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten indichte UKD [€/a]	Unfallkosten rate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten rate Rad UKR _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten rate _{kA} UKR _{kA} [€/103(Kfz+Rad)]
Alhaus	Adenauerweg (B 474) Wessumerstraße (K 17)	314.000	214.500	12,33	1,41	0,30	1,09	104.667	11,95	2,77	9,23
Bendorf	Hauptstraße (B413) Adolph-Kolping-Straße	132.000	16.500	7,33	0,84	1,31	0,84	44.000	5,04	10,84	5,01
Bergheim	Kölher Hohlweg (L 91) Oberaussemer Straße (L 93)	44.000	11.000	2,00	0,42	0,16	0,40	14.667	3,09	1,81	2,96
Bergheim	Lechenicher Straße (K 19) Humboldtstraße	115.500	22.000	5,33	0,58	0,09	0,56	38.500	4,22	1,97	4,05
Bochum	An der Halde Kirchharpener Straße	222.500	0	4,00	1,04	0,00	1,02	74.167	19,35	0,00	18,99
Bochum	Dietrich-Benking-Straße (L 645) Hiltroper Straße (K 25)	77.000	5.500	4,00	0,53	0,29	0,52	25.667	3,40	1,61	3,35
Bochum	Gerther Straße Kirchharpener Straße	44.000	0	2,00	0,42	0,00	0,41	14.667	3,07	0,00	3,00
Bochum	Günigfelderstraße (K 11) Osterfeldstraße	189.000	0	3,50	0,63	0,00	0,62	94.500	16,92	0,00	16,64
Bochum	Wasserstraße K6 Wiemelhauser Straße K6	77.500	22.000	3,00	0,50	0,50	0,49	25.833	4,32	5,46	4,22
Borken	Butenwall (K7) Burloer Straße	16.500	11.000	1,00	0,20	0,06	0,17	5.500	1,12	0,33	0,91
Castrop- Rauxel	Dortmunder Straße (L 663) Neuroder Platz	150.500	0	0,67	0,29	0,00	0,28	50.167	22,17	0,00	20,99
Castrop- Rauxel	Recklinghauser Straße (L658) Lange Straße (L645)	60.500	22.000	2,67	0,67	0,26	0,63	20.167	5,07	2,84	4,76
Castrop- Rauxel	Schwarzer Weg Wartburgstraße	33.500	0	1,00	0,22	0,00	0,21	11.167	2,46	0,00	2,31

Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallindichte UD [U/a]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁵ Rad]	Unfallrate _{KA} UR _{KA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten indichte UKD [€/a]	Unfallkosten rate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten rate Rad UKR _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten rate _{KA} UKR _{KA} [€/103(Kfz+Rad)]
Castrop-Rauxel	Warburgstraße (K28) Siemensstraße	60.500	11.000	2,67	0,40	0,11	0,39	20.167	3,05	1,20	2,92
Celle	Bahnhofplatz Bismarckstraße	33.000	5.500	2,00	0,42	0,08	0,38	11.000	2,30	0,45	2,12
Celle	Telefunkenstraße Hüttenstraße	44.000	22.000	1,67	0,41	0,23	0,38	14.667	3,58	2,54	3,34
Celle	Trüllerstraße Wiesenstraße	77.000	27.500	3,33	0,51	0,12	0,46	25.667	3,96	1,14	3,53
Chemnitz	Bornaer Straße Blankenburger Straße	165.500	27.500	7,67	1,23	0,47	1,19	55.167	8,84	4,30	8,55
Coesfeld	Dülmener Straße Grimping Straße	138.500	27.500	6,67	1,30	0,11	1,11	46.167	9,03	1,00	7,66
Delmenhorst	Annenheider Straße Hasporter Damm	321.000	227.500	8,00	1,06	0,39	0,97	107.000	14,24	9,94	12,93
Delmenhorst	Annenheider Straße Niedersachsendam	44.000	11.000	2,00	0,27	0,08	0,26	14.667	2,01	0,85	1,90
Emsdetten	Borghorster Straße (L590) Wilhelmsstraße (L590)	132.000	55.000	5,67	0,83	0,08	0,64	44.000	6,45	0,90	4,97
Emsdetten	Elbersstraße (L590) Eisenbahnstraße	228.000	178.000	3,67	0,58	0,12	0,49	76.000	12,00	5,40	10,23
Emsdetten	Grevener Damm (B481) Südring	82.500	0	4,00	0,54	0,00	0,50	27.500	3,69	0,00	3,44
Erfstadt	Herriger Straße (L 263) Erper Straße	22.000	0	1,33	0,55	0,00	0,49	7.333	3,04	0,00	2,71
Frechen	Freiheitsring (L 277) Lindenstraße (K 25)	269.500	71.500	12,00	1,30	0,34	1,21	89.833	9,73	3,49	9,06

Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallidentifizierung UD [U/a]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁵ Rad]	Unfallrate _{kA} UR _{kA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten UKD [€a]	Unfallkosten nrate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten nrate Rad UKR _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten _{kA} te _{kA} UKR _{kA} [€/103(Kfz+Rad)]
Frechen	Lindenstraße (K 25) Krankenhausstraße (K 8)	176.000	77.000	8,00	1,32	1,64	1,29	58.667	9,68	15,82	9,43
Fulda	Ausfahrt B 27 Kreuzbergstraße	33.000	0	1,33	0,24	0,00	0,23	11.000	1,99	0,00	1,90
Fulda	Heidelsheimstraße Kreuzbergstraße	5.500	0	0,33	0,09	0,00	0,08	1.833	0,49	0,00	0,47
Fulda	Kohlhäuser Straße (L 3418) Christian-Wirth-Straße	27.500	0	1,67	0,57	0,00	0,52	9.167	3,16	0,00	2,86
Fulda	Sickelstraße (L 3079) Alexander-Schleicher-Straße	5.500	0	0,33	0,11	0,00	0,09	1.833	0,62	0,00	0,52
Fulda	Straßburger Straße Adenauerstraße	11.000	0	0,67	0,35	0,00	0,31	3.667	1,95	0,00	1,69
Gescher	Schlesiering Bahnhofstraße	61.000	16.500	3,00	0,60	0,23	0,57	20.333	4,10	1,87	3,87
Gevelsberg	Haßlinghauser Straße (L666) Heidestraße (L666)	160.000	0	9,33	1,57	0,00	1,52	53.333	8,96	0,00	8,67
Gladbeck	Feldhauser Straße (K38) Beethovenstraße	22.000	5.500	1,33	0,16	0,06	0,15	7.333	0,89	0,32	0,84
Gladbeck	Horster Straße Welheimer Straße	312.000	167.000	1,33	0,21	0,46	0,21	104.000	16,57	25,53	16,01
Gladbeck	Schillerstraße Humboldtstraße	167.000	161.500	1,67	0,27	0,46	0,26	55.667	8,90	24,98	8,61
Gladbeck	Schützenstraße (L 615) Wilhelmstraße (L615)	328.500	16.500	2,33	0,27	0,25	0,26	109.500	12,50	2,09	12,13
Greven	Königsstraße (L555) Münsterstraße	192.500	60.500	8,00	1,03	0,17	0,90	64.167	8,29	1,72	7,20

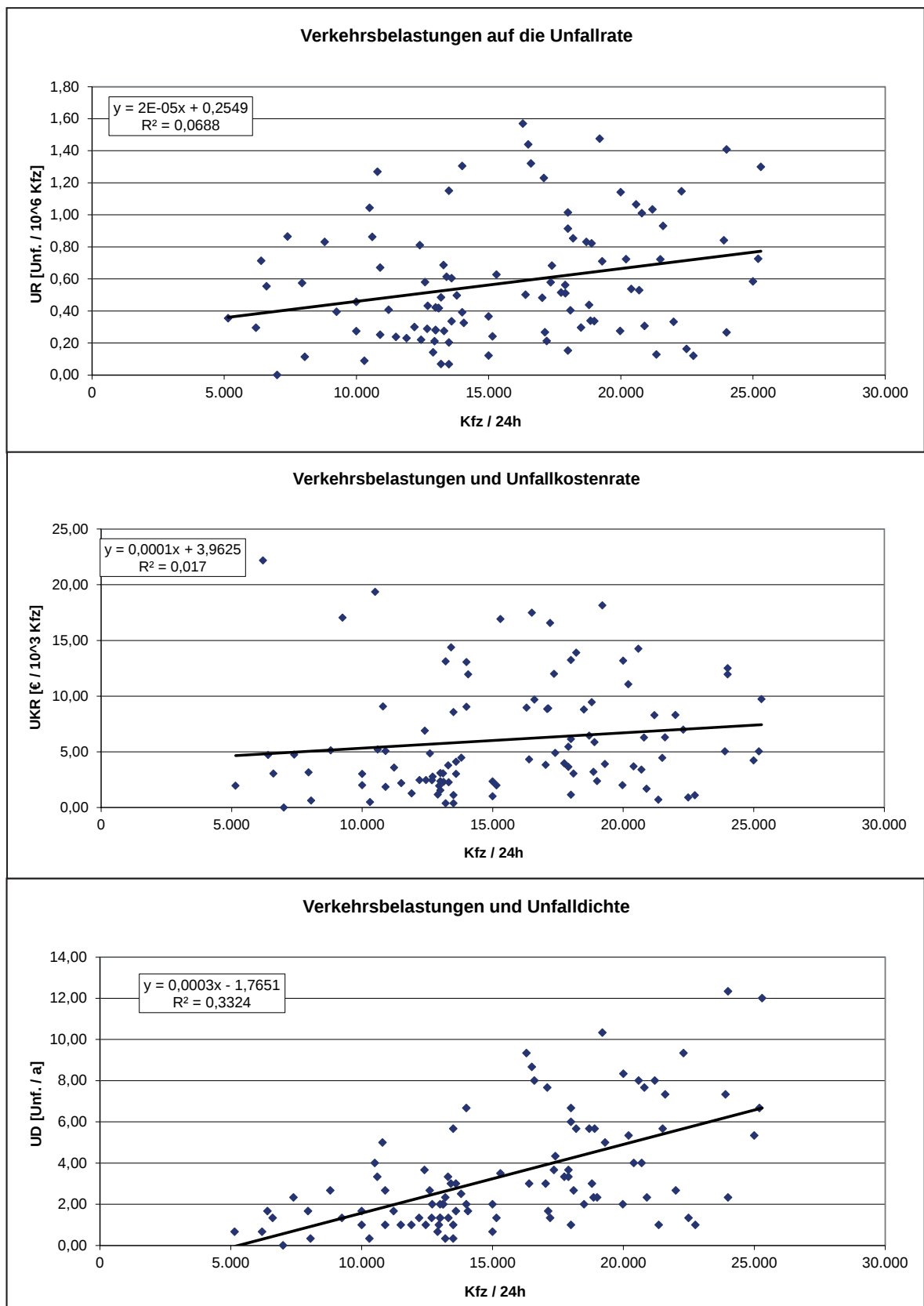
Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallkosten Fußgänger UK _F [€]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁵ Rad]	Unfallrate Fußgänger UR _F [U _F /10 ⁵ Rad]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallkosten Fußgänger UK _F [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten Fußgänger UK _F [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten Rad UK _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten Fußgänger UK _F [€/10 ³ Rad]
Greven	Münsterdamm (B219) Rathausstraße (L555)	55.000	0	5,00	0,71	0,00	0,66	27.500	3,90	0,00	0,00	3,64	3,64
Gronau	Enscheder Straße (L572) Hermann-Ehlers-Straße (L572)	244.500	27.500	5,33	0,72	0,10	0,63	81.500	11,05	0,89	0,89	9,70	9,70
Gronau	Hermann-Ehlers-Straße (L572) Ochtruper Straße	149.000	11.000	7,33	0,93	0,03	0,81	49.667	6,30	0,31	0,31	5,48	5,48
Gronau	Herzogstraße Königsstraße	45.000	5.500	1,67	0,34	0,05	0,30	15.000	3,02	0,29	0,29	2,68	2,68
Gronau	Looserstraße Steinstraße	22.000	0	1,00	0,25	0,00	0,22	7.333	1,84	0,00	0,00	1,61	1,61
Hamburg	Duvenstedter Damm Lohe	22.500	0	1,00	0,15	0,00	0,15	7.500	1,14	0,00	0,00	1,09	1,09
Hamburg	Famsener Landstraße Halenreihe	49.500	11.000	2,33	0,34	0,06	0,31	16.500	2,38	0,67	0,67	2,20	2,20
Hamburg	Neuwiedenthaler Straße Süderelbogen	22.000	0	1,33	0,28	0,00	0,27	7.333	1,55	0,00	0,00	1,46	1,46
Hamburg	Saseler Straße Kriegkamp	22.000	11.000	1,00	0,27	0,09	0,25	7.333	2,01	1,02	1,02	1,83	1,83
Harsewinkel	Hauptstraße (B513) Versmolder Straße (L831)	71.500	27.500	5,00	1,27	0,94	1,22	35.750	9,07	8,61	8,61	8,72	8,72
Herne	Bahnstraße Funkenbergstraße	126.500	33.000	5,67	1,15	0,25	1,06	42.167	8,56	2,73	2,73	7,91	7,91
Herne	Sodingerstraße (K29) Castroper Straße (K45)	121.500	22.000	5,67	0,82	0,33	0,80	40.500	5,87	3,66	3,66	5,71	5,71
Herne	Westring (L551) Forellstraße (K1)	139.000	0	6,67	0,72	0,00	0,71	46.333	5,04	0,00	0,00	4,91	4,91

Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallidichte UD [U/a]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁶ Rad]	Unfallrate _{kA} UR _{kA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten dichte UKD [€/a]	Unfallkosten rate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten rate Rad UKR _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten rate _{kA} UKR _{kA} [€/103(Kfz+Rad)]
Hürth	Bonnstraße (L 183) Friedrich-Ebert-Straße	381.500	233.000	10,33	1,47	0,84	1,40	127.167	18,15	21,72	17,27
Kleve	Emmericher Straße (B220) Wiesenstraße (B220)	16.500	0	0,67	0,12	0,00	0,11	5.500	1,00	0,00	0,91
Kleve	Klever Ring (B9) Van den Bergh Straße	107.000	22.000	3,67	0,56	0,29	0,54	35.667	5,46	3,21	5,27
Köln	Bahnhostraße Kaiserstraße	33.500	11.000	1,33	0,28	0,13	0,27	11.167	2,35	1,39	2,23
Köln	Hammerschmidtstraße Am Feldrain	189.500	11.000	2,33	0,48	0,08	0,45	63.167	13,11	0,92	12,11
Köln	Karlstraße (L99) Philipp-Reis-Straße (L99)	33.000	5.500	1,67	0,71	0,11	0,63	11.000	4,71	0,61	4,17
Lage	Deimolder Straße (B 239) Breite Straße (B 239)	143.000	33.000	7,67	1,01	1,25	1,00	47.667	6,28	10,33	6,19
Lage	Pvitsheider Straße (B 239) Breite Straße (B 239)	105.000	5.500	5,67	0,72	0,37	0,71	35.000	4,46	2,01	4,41
Leimen	Sankt-Igner Straße Tirqueuxallee	200.000	33.000	2,67	0,33	0,29	0,32	66.667	8,30	3,21	7,96
Leinefelde	Birkunger Straße Bahnhofstraße	16.500	0	0,67	0,14	0,00	0,14	5.500	1,17	0,00	1,15
Leinefelde	Birkunger Straße Hertzstraße	60.500	0	3,33	0,86	0,00	0,77	20.167	5,21	0,00	4,66
Leinefelde	Birkunger Straße Jahnstraße	38.500	0	2,00	0,43	0,00	0,40	12.833	2,77	0,00	2,54
Leinefelde	Birkunger Straße Lisztstraße	33.000	0	1,67	0,46	0,00	0,44	11.000	3,01	0,00	2,92

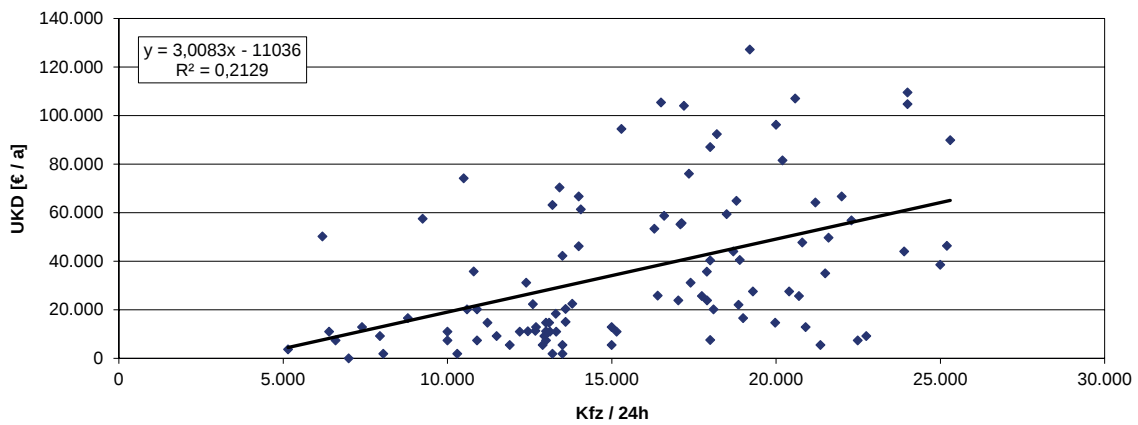
Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallidichte UD [U/a]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁶ Rad]	Unfallrate _{kA} UR _{kA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten dichte UKD [€/a]	Unfallkosten rate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten rate Rad UKR _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten rate _{kA} UKR _{kA} [€/103(Kfz+Rad)]
Lengeric	Ringeler Straße (K10) Münsterstraße	27.500	27.500	1,00	0,24	0,11	0,19	9.167	2,18	0,97	1,78
Leonberg	Ditzinger Straße K1059 Röntgenstraße	5.500	0	0,33	0,07	0,00	0,06	1.833	0,37	0,00	0,35
Leonberg	Römerstraße Poststraße	261.000	22.000	6,00	0,91	0,69	0,90	87.000	13,24	7,61	13,05
Lüdinghausen	Seiner Straße (L 835) Aschebergstraße	33.000	11.000	1,33	0,30	0,04	0,25	11.000	2,47	0,44	2,08
Lüdinghausen	Valve (B 58) Seinerstraße (L 835)	16.500	0	1,00	0,13	0,00	0,12	5.500	0,71	0,00	0,68
Lüneburg	Konrad- Adenauer Str. (K37) Wilhelm- Leuschner- Straße	67.000	11.000	2,67	0,58	0,18	0,56	22.333	4,86	1,95	4,67
Lüneburg	Lauensteinstraße Dömbergerstraße	200.000	178.000	2,00	0,39	0,18	0,34	66.667	13,05	7,93	11,38
Oelde	Berliner Ring (K11) Rhedaer Straße (K52)	194.500	161.500	3,00	0,44	0,22	0,41	64.833	9,45	11,79	8,86
Oelde	Warendorfer Straße (L793) Konrad- Adenauer- Allee(L793)	38.500	11.000	2,33	0,31	0,13	0,29	12.833	1,68	0,69	1,57
Rechberg- hausen	Bahnhofstraße (B297) Lorcherstraße (B297)	66.000	11.000	2,33	0,34	1,01	0,34	22.000	3,20	11,12	3,18
Rhede	Kirchstraße (K4) Nordstraße (K4)	5.500	0	0,33	0,07	0,00	0,06	1.833	0,38	0,00	0,31
Rheine	Elter Straße (B475) Hemeler straße (B475)	178.000	156.000	2,00	0,30	0,14	0,28	59.333	8,79	10,63	8,19
Rheine	Neuenkirchener Straße (K57) Sassestraße	38.500	0	2,00	0,37	0,00	0,34	12.833	2,34	0,00	2,18

Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallidentifizierung UD [U/a]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁵ Rad]	Unfallrate _{kA} UR _{kA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten ndichte UKD [€/a]	Unfallkosten rate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten rate Rad UKR _R [€/10 ³ Rad]	Unfallkosten _{kA} te _{kA} UKR _{kA} [€/103(Kfz+Rad)]
Rietberg	Delbrücker Straße Höppeweg	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Rietberg	Lange Straße (L 782) Platzstraße	45.000	0	2,50	0,50	0,00	0,44	22.500	4,47	0,00	3,98
Rietberg	Westerwieher Straße Gräfin-Ernestine-Straße	172.500	156.000	1,33	0,39	0,21	0,36	57.500	17,03	16,67	15,59
Schnervendingen	Hamburger Straße Schnervendinger Straße	16.500	0	1,00	0,23	0,00	0,23	5.500	1,27	0,00	1,25
Selm	Kreisstraße (B 236) Botzlarstraße	93.500	33.000	4,33	0,68	0,13	0,61	31.167	4,91	1,48	4,39
Stuttgart	Auerbachstraße Roter Stich	27.500	11.000	1,00	0,21	0,19	0,20	9.167	1,94	2,10	1,87
Stuttgart	Büsnauer Straße Meluner Straße	211.000	22.000	3,00	0,61	1,55	0,61	70.333	14,37	17,01	14,24
Stuttgart	Landauer Straße Deidesheimerstraße	49.500	0	2,67	0,83	0,00	0,79	16.500	5,14	0,00	4,87
Stuttgart	Olgastraße Wilhelmsstraße	71.500	0	3,33	0,51	0,00	0,50	23.833	3,65	0,00	3,57
Stuttgart	Robert-Leicht-Straße Meitnerstraße	184.000	22.000	1,67	0,32	0,10	0,29	61.333	11,95	1,15	10,63
Stuttgart	Zusestraße Wankelstraße	33.000	11.000	1,33	0,27	0,34	0,27	11.000	2,26	3,71	2,22
Sulzbach/Saar	Grühlingstraße (L 258) Quierschieder Weg (L 126)	34.000	0	1,33	0,29	0,00	0,27	11.333	2,45	0,00	2,30
Unna	Hammerstraße (L 665) Viktoriastraße	93.500	33.000	3,67	0,81	0,33	0,76	31.167	6,89	3,61	6,45

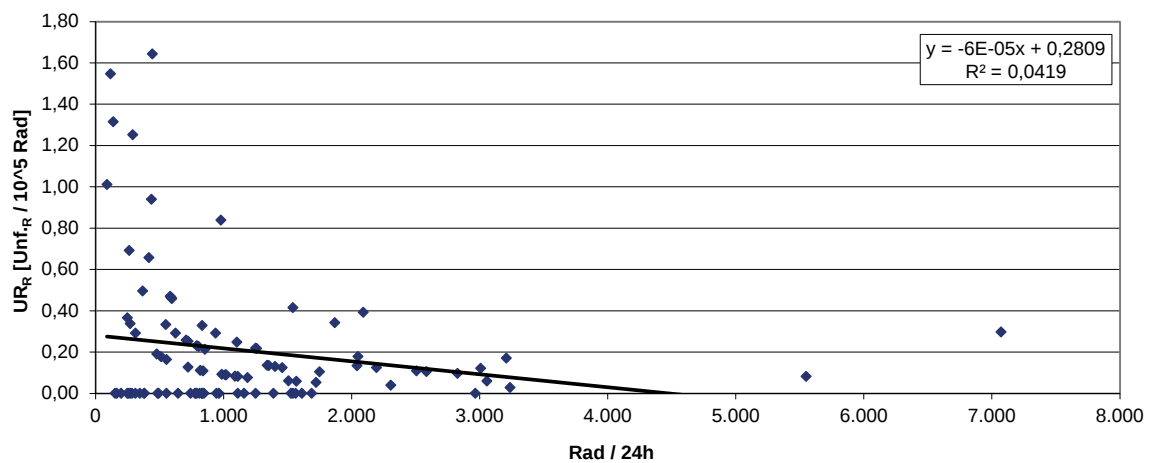
Ort	Knotenpunkt	Unfallkosten UK [€]	Unfallkosten Rad UK _R [€]	Unfallrate UR [U/10 ⁶ Kfz]	Unfallrate Rad UR _R [U _R /10 ⁵ Rad]	Unfallrate _{KA} UR _{KA} [U/10 ⁶ (Kfz+Rad)]	Unfallkosten UKD [€a]	Unfallkosten rate UKR [€/10 ³ Kfz]	Unfallkosten rate Rad UKR _R [€/10 ² Rad]	Unfallkosten _{KA} te _{KA} UKR _{KA} [€/103(Kfz+Rad)]
Versmold	Westheider Weg (B 476) Brückenkamp	71.500	11.000	3,00	0,09	0,46	23.833	3,83	0,99	3,62
Villingen-Schwenningen	Alte Herdstraße (L 423) Marktstraße (L 423)	27.500	22.000	1,00	0,13	0,11	9.167	1,10	1,43	1,04
Weißenfels	Käthe-Kollwitz-Straße (B87) Zeitler Straße (B87)	288.500	0	8,33	0,00	1,12	96.167	13,17	0,00	12,93
Weißenfels	Langendorfer Straße (B87) Naumburger Straße (B87)	170.500	16.500	9,33	0,66	1,13	56.833	6,98	3,61	6,85
Weißenfels	Merseburger Straße (B87) Dammstraße	316.000	33.000	8,67	0,22	1,34	105.333	17,49	2,40	16,25
Wernigerode	Rudolf-Breitscheid-Straße (B 6) Vor der Mauer (B 244)	121.000	16.500	6,67	0,13	0,94	40.333	6,14	1,11	5,71
Wernigerode	Schatzfelder Straße (B 244) An der Holtemme	38.500	0	2,33	0,00	0,84	12.833	4,75	0,00	4,60
Wesseling	Flach-Fengler-Straße Jahnstraße	277.000	77.000	5,67	0,41	0,79	92.333	13,90	4,56	12,81
Witten	Pferdebachstraße Bebelsdorf	55.000	0	3,33	0,00	0,67	18.333	3,78	0,00	3,70



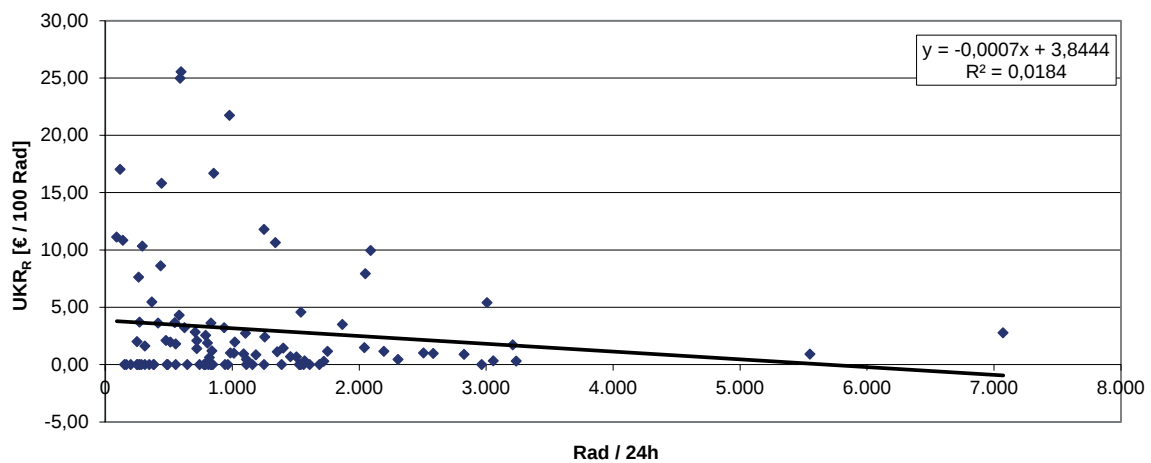
Verkehrsbelastungen und Unfallkostendichte

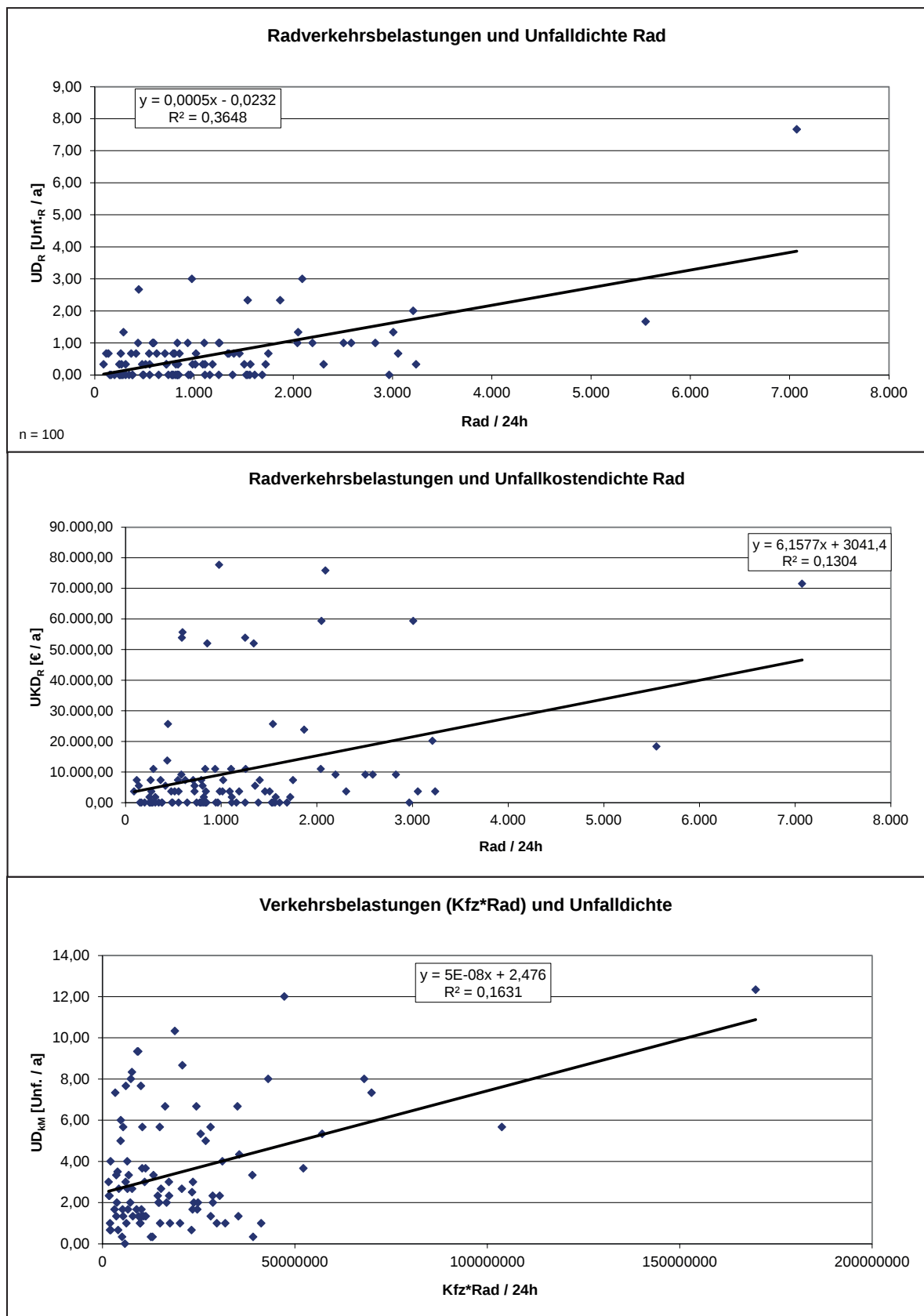


Radverkehrsbelastungen und Unfallrate Rad

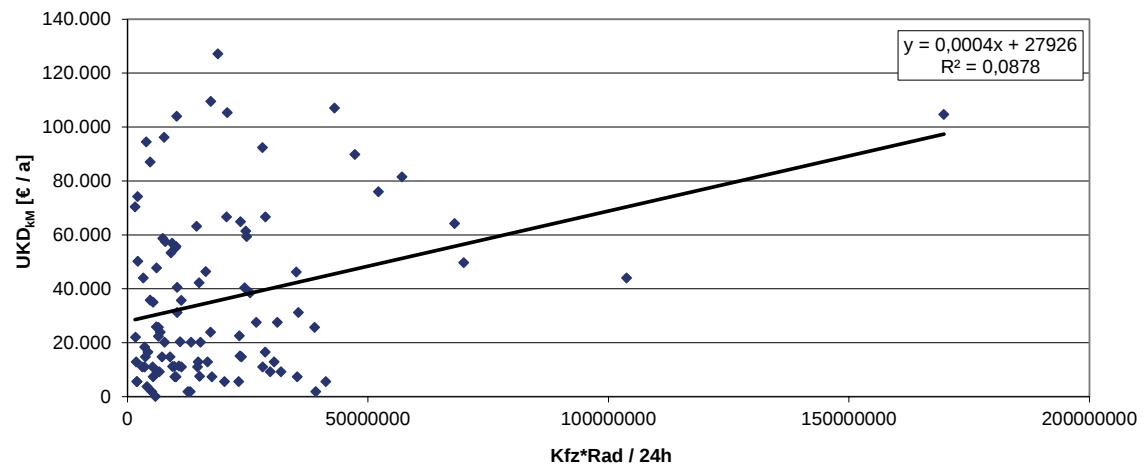


Radverkehrsbelastungen und Unfallkostenrate Rad

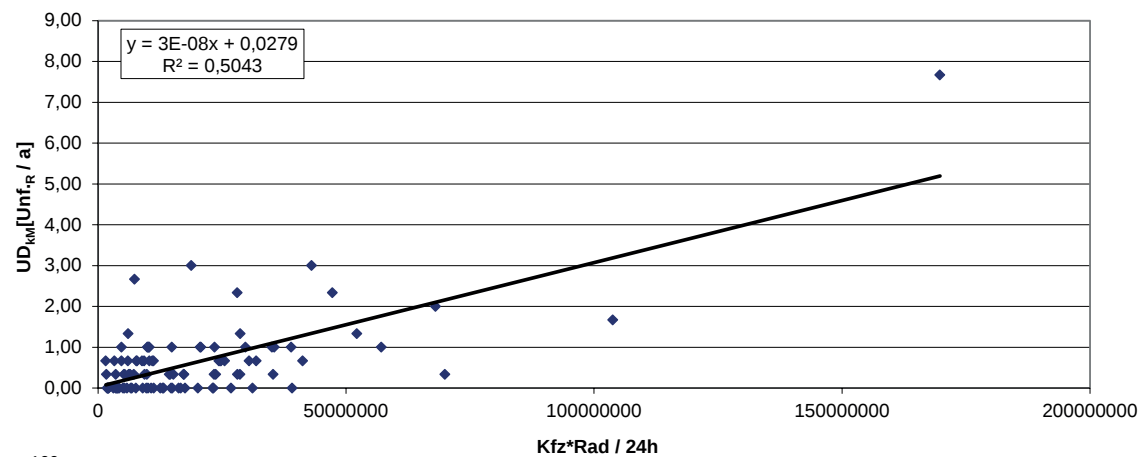




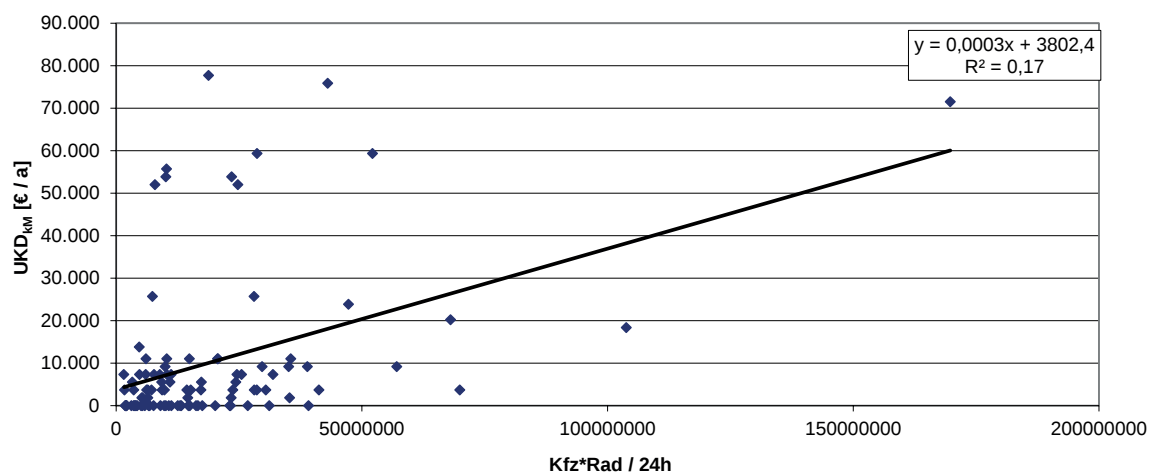
Verkehrsbelastungen (Kfz*Rad) und Unfallkostendichte

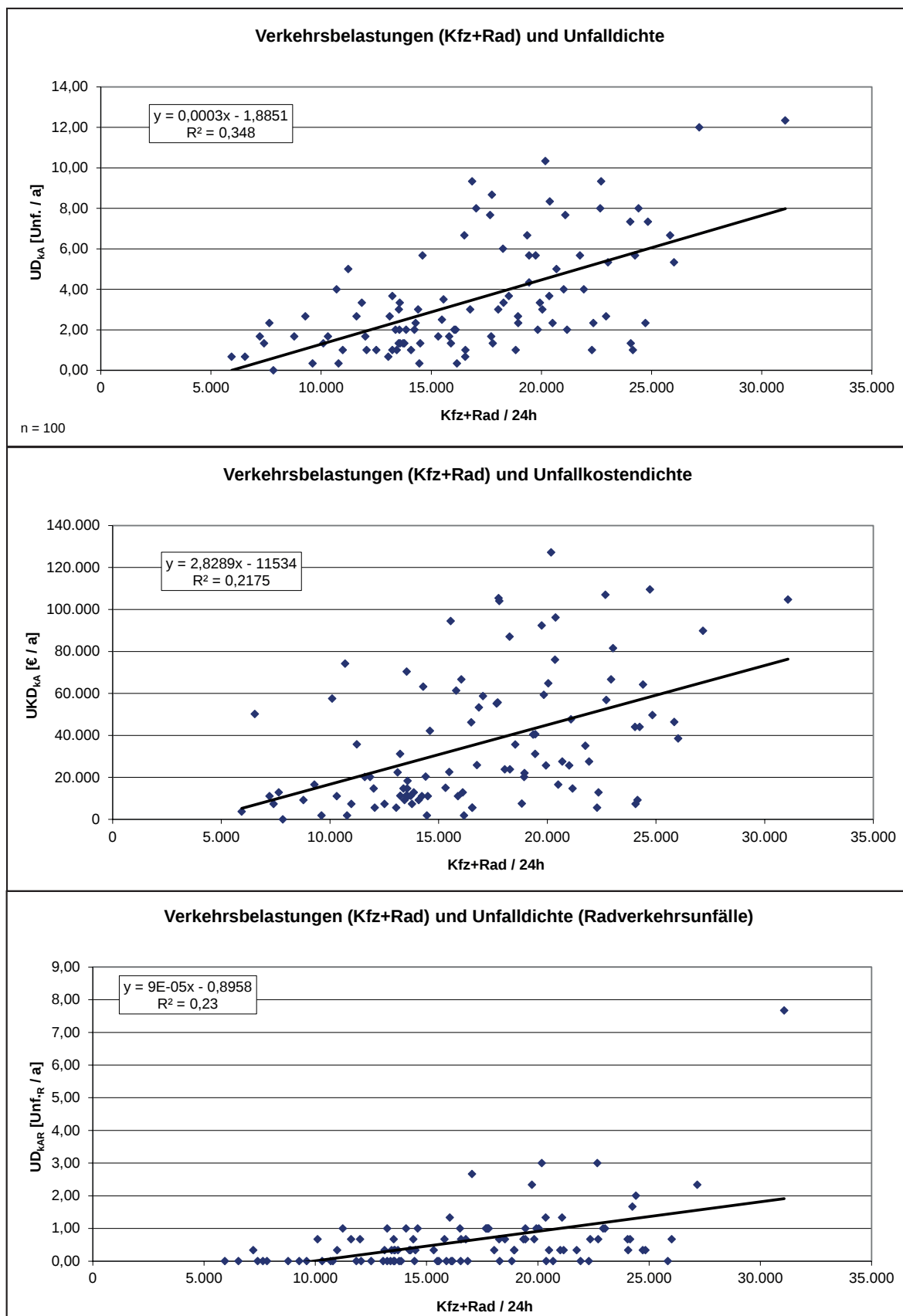


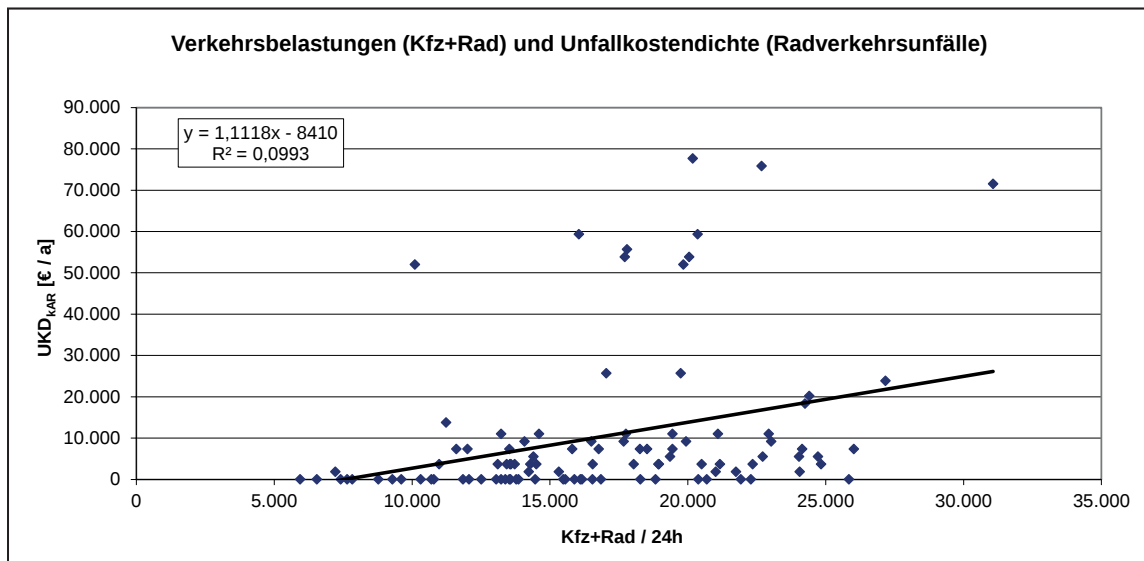
Verkehrsbelastungen (Kfz*Rad) und Unfalldichte (Radverkehrsunfälle)



Verkehrsbelastungen (Kfz*Rad) und Unfallkostendichte (Radverkehrsunfälle)









Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.

Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 1002 Berlin

Tel. 030 / 20 20 - 50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00
www.gdv.de, www.udv.de