

Auswirkungen der Erkennbarkeit und der Zufahrtsgestaltung auf die Verkehrssicherheit von Kreisverkehren an Landstraßen

FA 2.408

Forschungsstelle: Technische Universität Dresden, Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik (Prof. Dr.-Ing. R. Gerike)

Bearbeiter: Lippold, C. / Schulze, C. / Schmotz, M. / Schemmel, A. / Schröter, B.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: Mai 2019

1 Aufgabenstellung

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche nationale und internationale Untersuchungen zur Verkehrssicherheit von Kreisverkehren durchgeführt. Alle Untersuchungen belegen für Kreisverkehre eine hohe Verkehrssicherheit, bedingt durch die geringere Unfallschwere, aber auch durch geringere Unfalldichten im Vergleich zu konventionellen Knotenpunkten mit und ohne Lichtsignalanlagen. Untersuchungen an bayerischen Kreisverkehren (Spahn & Bäumlner, 2007) deuten jedoch auf weitere Potenziale zur Verbesserung der Verkehrssicherheit außerörtlicher Kreisverkehre hin. So wurden an den untersuchten Kreisverkehren in Bayern ein hoher Anteil an Fahr- beziehungsweise Alleinunfällen sowie ein hoher Anteil an Unfällen bei Dunkelheit festgestellt, welche häufig mit zu hohen Geschwindigkeiten bei der Annäherung in Folge eines zu späten Erkennens des Kreisverkehrs in Zusammenhang stehen. Die Gegenüberstellung der bayerischen Untersuchung mit bundesländerspezifischen Empfehlungen und Erlässen verdeutlicht die Probleme mit der Erkennbarkeit von Kreisverkehren außerhalb bebauter Gebiete (zum Beispiel abweichende Beschilderungsvorgaben, Vorgaben zur hindernisfreien Gestaltung der Kreisinsel zur Verminderung der Unfallfolgen). Zudem zeigen die Empfehlungen, dass hinsichtlich der Zufahrtsgestaltung Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern bestehen.

Ziel des Forschungsprojekts war es, belastbare Grundlagen für die Erhöhung der Verkehrssicherheit außerörtlicher Kreisverkehre, insbesondere der Gestaltung der Zufahrten und der Kreisinsel unter Berücksichtigung möglicher Erkennbarkeitsdefizite, bereitzustellen. Untersuchungsschwerpunkte bildeten die Identifikation verkehrlicher und gestalterischer Merkmale sowie netzplanerische Aspekte (zum Beispiel Verbindungsfunktionsstufe der verknüpften Straßen), welche die Unfallanzahl und -schwere außerörtlicher Kreisverkehre beeinflussen. Dabei wurden auch die Auswirkungen der unterschiedlichen Entwurfsvorgaben in den einzelnen Bundesländern auf die Verkehrssicherheit überprüft. Weiterhin sollte die Frage beantwortet werden, welche Merkmale der Zufahrtsgestaltung eine frühzeitige Erkennbarkeit bei Tageslicht begünstigen und welche Entwurfsmerkmale bei Dunkelheit maßgebend sind. Im Ergebnis der Untersuchung werden unfallbegünstigende Faktoren beschrieben und Empfehlungen zur Gestaltung gegeben, welche eine weitere Erhöhung der Verkehrssicherheit an außerörtlichen Kreisverkehren ermöglichen.

2 Untersuchungsmethodik

Der methodische Ansatz des Forschungsprojekts umfasste sieben aufeinander aufbauende Arbeitsschritte, in denen aufbauend auf einer Analyse bestehender Erkenntnisse im In- und Ausland sowie der Recherche von Untersuchungsbeispielen, Unfallanalysen mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden vorgenommen wurden, welche anschließend durch Erhebungen zum Geschwindigkeits- und Fahrverhalten sowie wahrnehmungspsychologische Untersuchungen für ausgewählte Beispiele ergänzt wurden.

Im ersten Arbeitsschritt des Projekts wurde die Fachliteratur zum Thema Kreisverkehre im Außerortsstraßennetz auf nationaler und internationaler Ebene recherchiert und ausgewertet. Dabei erfolgten Analysen der Entwurfsregelwerke und Forschungsarbeiten mit Schwerpunkt auf die Verkehrssicherheit sowie wahrnehmungspsychologischer Aspekte.

Anschließend wurde im zweiten Arbeitsschritt eine Übersicht außerörtlicher Kreisverkehre in ausgewählten Bundesländern erstellt. Ausgehend von dieser Übersicht wurden bei den zuständigen Behörden Lage-, Höhen-, Beschilderungs- und Markierungspläne sowie Verkehrs- und Unfalldaten für 109 Kreisverkehre recherchiert.

Im dritten Arbeitsschritt erfolgte eine mehrstufige Analyse des Unfallgeschehens. In der ersten Stufe wurde eine Betrachtung des gesamtdeutschen Unfallgeschehens auf Basis der vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Daten vorgenommen. Ergänzend wurden elektronische Unfalldaten aus Hessen, Sachsen und Sachsen-Anhalt hinzugezogen. In der zweiten Stufe der Sicherheitsanalyse wurden für 109 Kreisverkehre gestalterische und verkehrliche Merkmale in einer Datenbank aufbereitet. Das Untersuchungskollektiv wurde deskriptiv auf Unfallschwere und -struktur untersucht. Weiterhin wurden Sicherheitsgrade ermittelt. Anhand verallgemeinerter linearer Modelle wurden Einflussgrößen bestimmt, die signifikant auf die Anzahl aller Unfälle, der Fahr- und Abkommensunfälle bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen wirken. Für diese Größen wurden die Unfall- und Unfallkostenraten in Abhängigkeit der Ausprägung der signifikanten Einflussgrößen ermittelt und die Ergebnisse interpretiert.

Im vierten Arbeitsschritt wurden die Streckengeometrie des Annäherungsbereichs und die Gestaltung der Kreisverkehre vermessen. Außerdem wurde das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmenden bei Tag und bei Nacht für je 2,5 h an 32 Kreisverkehrszufahrten erhoben. Anschließend wurden im fünften Arbeitsschritt die erhobenen Daten mit dem Ziel ausgewertet, mögliche Unterschiede im Fahrverhalten an unterschiedlich gestalteten Kreisverkehrszufahrten sowie bei Tag und bei Nacht unter Berücksichtigung der räumlichen Linienführung sowie der Erkennbarkeit und Sichtweiten herauszuarbeiten und mit den gestalterischen Merkmalen zu überlagern. Durch die Erhebung und Auswertung des Geschwindigkeits- und Spurverhaltens im Annäherungsbereich an den Kreisverkehrszufahrten bei Tag und bei Nacht wurden unfallbegünstigende und unfallvermeidende Gestaltungsmerkmale abgeleitet und erklärt.

Im sechsten Arbeitsschritt erfolgten wahrnehmungspsychologische Untersuchungen an ausgewählten Kreisverkehren in Form von lichttechnischen Messungen. Durch ortsaufgelöste Leuchtdichteaufnahmen an neun Kreisverkehren bei Dunkelheit sollten Anregungen für eine Optimierung hauptsächlich der nächtlichen Sicht- und Erkennbarkeitsverläufe in Annäherung und Befahrung von außerörtlichen Kreisverkehren abgeleitet werden. Im Rahmen der Synopse (7. Arbeitsschritt) wurden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte zusammengefasst und Gestaltungshinweise für außerörtliche Kreisverkehre für die Fortschreibung der Entwurfsregelwerke abgeleitet.

3 Forschungsstand und Untersuchungsergebnisse

Nationale und internationale Untersuchungen zeigen, dass Kreisverkehre im Vergleich zu anderen plangleichen Knotenpunktformen ein hohes Sicherheitsniveau aufweisen. Bisherige Analysen des Unfallgeschehens deuten an außerörtlichen Kreisverkehren jedoch auf Probleme der Erkennbarkeit bei der Annäherung an Kreisverkehre insbesondere bei Dunkelheit hin. Ein Hinweis auf Defizite in der Erkennbarkeit bildet der erhöhte Anteil an Unfällen, die zum Aufprall auf ein Hindernis, zum Beispiel die Kreisinsel, führen. Es zeigt sich, dass eine kurvige Linienführung der Strecken im Annäherungsbereich zu geringeren Annäherungsgeschwindigkeiten und geringerem Unfallgeschehen am Kreisverkehr führt. Fahrzeugführende orientieren sich in der Annäherung und Zufahrt eher an Markierungen als an Verkehrszeichen, wobei Verkehrszeichen aber geringfügig höhere Blickverweildauern aufweisen als Markierungen. Des Weiteren ist festzustellen, dass eine frühzeitige Ankündigung des Kreisverkehrs mittels Verkehrszeichen einen positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit hat. Aufgrund landespezifischer Regelungen aber auch der örtlichen Randbedingungen (zum Beispiel Entfernung benachbarter Knotenpunkte) können diese Erkenntnisse nur bedingt verallgemeinert werden. Kurativ sowie präventiv werden in verschiedenen Ländern Rüttelstreifen, Längsmarkierungen und Blinklichter im Annäherungsbereich von Kreisverkehren angeordnet, welchen eine geschwindigkeitsreduzierende Wirkung nachgewiesen werden kann. Weiterhin zeigt die Literaturanalyse, dass Erkennbarkeitsprobleme an Kreisverkehren flächenhaft diskutiert und vereinzelt durch Maßnahmen verbessert werden. So wird zum Beispiel In den Vereinigten Staaten und Australien der Einsatz aufgeweiteter Fahrbahnteiler empfohlen, welche eine Kurvenfahrt im Vorfeld des Kreisverkehrs erzeugen. Besonders die Abfolge dreier aufeinanderfolgender Kurven mit kleiner werdenden Radien vermindert die Zahl von Alleinunfällen. Zur Erhöhung der Erkennbarkeit bei Dunkelheit werden innovative Lösungen, wie LED-Steine in der Randeinfassung der Kreisinsel oder LED-Elemente auf der Kreisinsel selbst, eingesetzt.

Auf Basis der durch das Statistische Bundesamt veröffentlichten Unfalldaten sowie der polizeilichen Unfalldaten aus drei Bundesländern wurde das Unfallgeschehen an außerörtlichen Kreisverkehren flächenhaft analysiert. Dabei konnten verschiedene Erkenntnisse der Literaturanalyse bestätigt werden. Außerörtliche Kreisverkehre weisen eine deutlich geringere Unfallschwere als außerörtliche Knotenpunkte (Einmündungen und Kreuzungen) mit und ohne LSA auf. Beim Vergleich der Unfallschwere an außerörtlichen Kreisverkehren mit dem Unfallge-

schehen verkehrszeichengeregelter Einmündungen und Kreuzungen fallen die Unterschiede noch deutlicher aus. Dabei machen an außerörtlichen Kreisverkehren Fahrurfälle, also Unfälle, die mit dem Verlust der Kontrolle über ein Fahrzeug in Zusammenhang stehen, mit knapp 40 % den größten Anteil des Unfallgeschehens aus. Die weitere Analyse der Unfallstruktur zeigt, dass die Fahrurfälle im Mittel deutlich schwerere Folgen haben als die übrigen Unfälle an außerörtlichen Kreisverkehren. Die Fahrurfälle führen zum Großteil zu einem Abkommen nach links oder rechts von der Fahrbahn, wobei das Abkommen nach links in der Regel das Auffahren auf die Kreisinsel bedeutet. Die Betrachtung der Unfallzeitpunkte (bezogen auf die Lichtverhältnisse) zeigt, dass Unfälle bei Dämmerung und Dunkelheit an außerörtlichen Kreisverkehren 42 % des Unfallgeschehens ausmachen, wohingegen an außerörtlichen Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA dieser Anteil bei nur 26 % liegt. Die Analyse der Fahrurfälle an außerörtlichen Kreisverkehren zeigt, dass sich knapp 60 % dieser Unfälle bei Dunkelheit ereignen.

Auf Basis dieser Ergebnisse wurden Detailunfallanalysen für 109 Kreisverkehre durchgeführt. Es zeigt sich, dass Kreisverkehrszufahrten von Straßen der Verbindungsfunktionsstufe (VFS) 2 gemäß RIN (2008) ein höheres Unfallrisiko als Kreisverkehrszufahrten im Zuge von Straßen der VFS 3 beziehungsweise 4 aufweisen, wobei die VFS vermutlich eine Stellvertretergröße für verkehrliche und gestalterische Merkmale bildet. Die Kurvigkeit im Annäherungsbereich und die Querschnittsgestaltung können als Primärgrößen ausgeschlossen werden. Ein Zusammenhang mit der angeordneten zulässigen Höchstgeschwindigkeit ist denkbar, konnte aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit und weiterer Randbedingungen (zum Beispiel Wechselwirkungen mit und Entfernung zu benachbarten Knotenpunkten) nicht überprüft werden. Auch ein Einfluss unterschiedlicher Fahrerkollektive ist denkbar, konnte mit dem gewählten Untersuchungsdesign aber nicht überprüft werden.

Weiterhin kann Abkröpfungen und Verschwenkungen im Annäherungsbereich eines Kreisverkehrs eine signifikant unfallverringende Wirkung nachgewiesen werden. Die Differenzierung nach Länge der Abkröpfung zeigt, dass Zufahrten, bei denen der Beginn der Abkröpfung mindestens 100 m vor dem Kreisverkehr liegt, ein vergleichbares Sicherheitsniveau wie Verschwenkungen aufweisen und Zufahrten mit kurzen Abkröpfungen (Beginn weniger als 100 m in Bezug zum Kreismittelpunkt) ein geringeres Sicherheitsniveau haben.

Die Untersuchung des Ablenkungswinkels β zeigt auf der einen Seite ein steigendes Unfallrisiko für Fahr- und Abkommensunfälle bei zunehmenden Ablenkungswinkeln und auf der anderen Seite ein steigendes Unfallrisiko für Einbiegen/Kreuzen-Unfälle bei zu geringen Ablenkungswinkeln.

Für Zufahrten mit Fahrbahnteilern in Dreiecksform ist ein signifikant niedrigeres Unfallrisiko als für Zufahrten mit Fahrbahnteilern in angepasster Bordführung (Elefantenfußform) und für diese wiederum ein signifikant niedrigeres Unfallrisiko als für Zufahrten mit Fahrbahnteilern mit parallelen Rändern festzustellen. Diese Erkenntnisse werden auch durch den signifikanten Einfluss der Breite des Fahrbahnteilers (gemessen am äußeren Rand der Kreisfahrbahn) bestätigt, nach denen breitere Fahrbahnteiler zu einem geringeren Unfallrisiko führen. Bei einer an den rechten Fahrbahnrand angepassten Bordführung

am Fahrbahnteiler ergibt sich unter Berücksichtigung der Erkenntnis zur Fahrbahnteilerbreite automatisch eine Dreiecksform und dadurch auch eine eher angepasste Anbindung der Zufahrt. Weiterhin weisen Zufahrten mit begrünter Oberflächengestaltung des Fahrbahnteilers über alle betrachteten Unfallkollektive ein geringeres Unfallrisiko auf als Fahrbahnteiler mit asphaltierter, betonierter oder gepflasterter Oberfläche. Erklärt werden kann dies durch die bessere Erkennbarkeit des Kreisverkehrs aufgrund des größeren Kontrasts zwischen der Oberfläche des Fahrbahnteilers und der Fahrbahn.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden 32 Zufahrten (unfallauffällig und unfallfrei/-unauffällig) an 19 Kreisverkehren für Detailanalysen zum Verhalten der Verkehrsteilnehmenden ausgewählt. Durch Beobachtungen des Geschwindigkeits- und Spurverhaltens im Annäherungsbereich und in den Kreisverkehrszufahrten bei Tag und bei Nacht sollten unfallbegünstigende und unfallvermeidende Gestaltungsmerkmale erklärt werden.

Dabei ergeben sich für die verschiedenen Verbindungsfunktionsstufen (VFS) der verknüpften Straßen gemäß RIN keine relevanten Unterschiede im Fahrverhalten. Bei der Betrachtung von Zufahrten mit und ohne Abkröpfungen sowie Verschwenkungen kann für Verschwenkungen ein deutlich geringeres Geschwindigkeitsniveau sowohl im Annäherungs- (200 bis 50 m vor dem Kreisverkehr) als auch im Zufahrtbereich (50 bis 0 m vor dem Kreisverkehr) nachgewiesen werden. Zudem liegen die Geschwindigkeiten am Tag und in der Nacht nah beieinander. Für Zufahrten mit Abkröpfung war die größte geschwindigkeitsmindernde Wirkung innerhalb des Annäherungsbereichs, bei vergleichsweise hohen Geschwindigkeiten am Beginn des Annäherungsbereichs (200 m vor dem Kreisverkehr) festzustellen. Es wird vermutet, dass dies auf die spätere Erkennbarkeit des Kreisverkehrs zurückzuführen ist, weshalb stärker auf niedrige Einfahrtgeschwindigkeiten gebremst wird.

Im Hinblick auf die Form des Fahrbahnteilers (FBT) wurde das Fahrverhalten an Zufahrten mit FBT mit paralleler Bordführung, FBT mit angepasster Bordführung und dreieckigen FBT analysiert. Im Annäherungsbereich (200 bis 50 m vor dem Kreisverkehr) hat die Form des FBT kaum Einfluss auf die gefahrenen Geschwindigkeiten. Im Bereich der Zufahrt (50 bis 0 m vor dem Kreisverkehr) unterschieden sich die Geschwindigkeiten ebenfalls nur geringfügig, wobei sich an FBT mit angepasster Bordführung die niedrigsten Geschwindigkeiten ergeben. Im Rahmen der Analyse des Spurverhaltens zeigt sich, dass die Fahrstreifen im Übergangsbereich zur Kreisfahrbahn an FBT mit paralleler Bordführung systematisch breiter sind als an FBT mit angepasster Bordführung beziehungsweise an dreieckigen FBT. Die Betrachtung des Spurverhaltens zeigt, dass die Verkehrsteilnehmenden bei allen Fahrbahnteilerformen einen ähnlichen Abstand zum rechten Fahrbahnrand einhalten. Das bedeutet, dass an FBT mit paralleler Bordführung der linke Teil des Fahrstreifens (ca. 35 % der gesamten Fahrstreifenbreite) in der Zufahrt in der Regel nicht befahren wird. Es wird vermutet, dass in Einzelfällen (insbesondere bei Dunkelheit) aufgrund der großen Fahrstreifenbreite bei FBT mit paralleler Bordführung und der dadurch schlechteren optischen Führung eine Orientierung am linken Fahrstreifenrand (Fahrbahnteiler) zu kritischen Situationen führen kann und ein zu spätes Begreifen der Verkehrsführung begünstigt. Dies kann eine Erklärung für das in

der Unfallanalyse beobachtete geringere Sicherheitsniveau der FBT mit paralleler Bordführung sein.

Bei der Differenzierung nach radialer oder eher tangentialer Führung der Zufahrten konnten vergleichbare Erkenntnisse zum Fahrverhalten wie bei der Analyse der Fahrbahnteilerform getroffen werden, da beide Sachverhalte eng zusammenhängen. So führen in der Regel FBT mit paralleler Bordführung und schmalen FBT in Elefantenfußform zu einer radialen Führung der Zufahrt und breite FBT in Elefantenfußform sowie dreieckige FBT zu einer eher tangentialen Führung. Der Vergleich radialer und angepasster (eher tangentialer) Zufahrtsgestaltungen ergab, dass die Annäherungsgeschwindigkeiten an radialen Zufahrten geringer sind als an angepasst geführten Zufahrten. Allerdings wird trotz der höheren Annäherungsgeschwindigkeiten bei angepasst geführten Zufahrten am Beginn des Fahrbahnteilers sowohl bei Tag als auch bei Nacht das gleiche Geschwindigkeitsniveau wie bei radialer Führung erreicht. Es wird vermutet, dass der den Geschwindigkeitsabbau in der Zufahrt begünstigende Einfluss der angepassten Führung (insbesondere bei Nacht) eine Erklärung für das in der Unfallanalyse beobachtete höhere Sicherheitsniveau dieser Führungsform bilden kann.

Die Auswertung des Fahrverhaltens nach unfallauffälligen und unfallunauffälligen Kreisverkehrszufahrten zeigt, dass bei unfallauffälligen Kreisverkehren in der Annäherung (200 bis 100 m vor KV) und der Zufahrt (50 bis 0 m vor KV) langsamer gefahren wird als bei unfallunauffälligen Kreisverkehren. Dieses Ergebnis stützt die in Zusammenhang mit der Breite der Fahrbahnteiler und der Führung der Zufahrt bei den Fahrverhaltensanalyse angeführten These, dass höhere Geschwindigkeiten nicht unmittelbar auf gefährlichere Verhaltensweisen hindeuten, sondern auch ein Indiz für eine bessere Einschätzung (Erkenn- und Begreifbarkeit) der Verkehrsführung sein können.

Die Beleuchtung von Kreisverkehren außerhalb geschlossener Ortschaften bildet eine gute Möglichkeit, die Erkennbarkeit von Kreisverkehren zu verbessern. Es kann nachgewiesen werden, dass die Beleuchtung die Geschwindigkeiten im Bereich der Annäherung und der Zufahrt beeinflusst. Im Annäherungsbereich fahren die Fahrzeugführenden bei Dunkelheit langsamer auf beleuchtete Kreisverkehre zu als in der Vergleichsgruppe (ohne Beleuchtung). In der Zufahrt (50 m vor KV) waren die Geschwindigkeiten bei Dunkelheit an beleuchteten Kreisverkehren geringfügig niedriger als an unbeleuchteten. In einem Abstand von 10 m und weniger vor dem Kreisverkehr fahren die Fahrzeugführenden bei Dunkelheit an Kreisverkehren mit und ohne Beleuchtung nahezu gleich.

Abschließend wurden lichttechnische Untersuchungen an 35 Kreisverkehrszufahrten mit dem Ziel durchgeführt, die Sichtbarkeit ausgewählter Ausstattungs- und Gestaltungselemente an außerörtlichen Kreisverkehren im Annäherungsverlauf bei Nacht aufzuzeigen. Hierzu erfolgten aus einem Pkw heraus ortsaufgelöste Leuchtdichtemessungen. Im Ergebnis zeigt sich eine erhebliche Bandbreite der Sichtbarkeit aller untersuchten Elemente. Die räumliche Linienführung hat darauf einen deutlichen Einfluss. Aufragende Verkehrszeichen weisen die größten Sichtbereiche auf. Deutlich kürzer sind die Sichtdistanzen auf Markierungen und bauliche Merkmale der Kreisverkehre (Borde von Fahrbahnteilern und Mittelinseln). Werden keine besonde-

ren Ausstattungen angebracht, wie beispielsweise ortsfeste Beleuchtung oder retroreflektierende Oberflächen, sind die genannten Elemente für Fahrzeugführende im Mittel erst aus relativen Entfernungen von 30 bis 40 m sichtbar. Als eine Möglichkeit zur Erhöhung der Sicht- und Erkennbarkeitsentfernung, insbesondere der Borde, wurden daher an insgesamt fünf Zufahrten (drei Kreisverkehre) testweise handelsübliche Markierungsnägel in jeweils zwei Anordnungsvarianten aufgelegt. Die lichttechnische Dokumentation und Auswertung zeigt eine deutliche Erhöhung der Sichtbarkeitsdistanzen, wobei die Anbringung auf dem Bord bessere Ergebnisse zeigte als die Anbringung auf Fahrbahnniveau.

4 Folgerungen für die Praxis

Im Ergebnis der Untersuchung wurden konkrete Empfehlungen für die Fortschreibung des "Merkblatts für die Anlage von Kreisverkehren" (FGSV, 2006) aufbereitet.

Es wird eine Anpassung bei den Grundprinzipien der verkehrssicheren Gestaltung von Kreisverkehren außerhalb bebauter Gebiete empfohlen. So sollen die Knotenpunktzufahrten wie bisher möglichst senkrecht an den Kreisverkehr herangeführt werden, das heißt, die Straßenachsen sollen radial auf den Kreismittelpunkt gerichtet sein. Etwa 50 m vor dem Kreisverkehr soll der Bereich zwischen Kreisverkehrszufahrt und -ausfahrt (der zuführenden Straße), aber durch Sperrfläche und Fahrbahnteiler so aufgeweitet werden (Verhältnis B:L von etwa 1:10), dass der Fahrbahnteiler am Rand der Kreisfahrbahn eine Breite von 4 bis 6 m aufweist (größere Werte bei größerem Außendurchmesser). Dadurch ergibt sich zwischen der Mittellinie der zuführenden Fahrbahn und der Kreisfahrbahn ein Winkel von etwa 55 gon und somit eine angepasste (leicht tangentielle) Führung. Vollständig tangentielle oder spitzwinklige Knotenpunktzufahrten sollen aber grundsätzlich weiterhin vermieden werden. Ebenso sollen die Knotenpunktausfahrten mit vergleichbaren Winkeln vom Kreisverkehr wegführen. Sehr zügig geführte Knotenpunktausfahrten sind dann zu vermeiden, wenn die Kreisausfahrten von Fußgängern oder Radfahrern überquert werden.

Im Hinblick auf die Gestaltung der Fahrbahnteiler werden für außerörtliche Kreisverkehre folgende Empfehlungen formuliert: Fahrbahnteiler sollen an Kreisverkehren außerhalb bebauter Gebiete so angeordnet werden, dass ihre Achse möglichst senkrecht zum Rand der Kreisfahrbahn verläuft. Die Ränder des Fahrbahnteilers sollen wegen der besseren Erkennbarkeit und optischen Führung aus einer möglichst gleichförmigen Krümmung der Fahrstreifenführung so entwickelt werden, dass die erforderliche Breite (4 bis 6 m) am äußeren Rand der Kreisfahrbahn erreicht wird. Die Ränder des Fahrbahnteilers sollen wegen der besseren Erkennbarkeit aus einer möglichst gleichförmigen Krümmung der Fahrstreifenführung so entwickelt werden, dass die erforderlichen Breiten an den Überquerungsstellen und am äußeren Rand der Kreisfahrbahn erreicht werden. Fahrbahnteiler in dreieckiger Form, aber auch mit angepasster Bordführung (Elefantenfuß), unterstützen das beschriebene Konstruktionsprinzip. Bei beiden Konstruktionsformen ist zu prüfen, ob die Ablenkung geradeausfahrender Kraftfahrzeuge durch die Kreisinsel ausreichend ist. Parallel zueinander verlaufende Ränder des Fahrbahnteilers sind außerhalb bebauter Gebiete aufgrund der schlechteren optischen Führung zu ver-

meiden. Fahrbahnteiler sollen durch Schrägborde oder andere schräg anlaufende Einfassungen begrenzt werden. Zur besseren Erkennbarkeit und optischen Führung im Annäherungsbereich bei Dunkelheit ist an unbeleuchteten Kreisverkehren die Anbringung von reflektierenden oder selbstleuchtenden Elementen (Markierungsnägel, Glasmarker, LED-Leuchten) empfehlenswert. Diese sollten sowohl am Beginn des Fahrbahnteilers (gegebenenfalls auch im Bereich der Sperrfläche) als auch auf dem der Zufahrt zugewandten Bord des Fahrbahnteilers angeordnet werden.

Hinsichtlich der Beleuchtung von Kreisverkehren werden ebenfalls Modifikationen vorgeschlagen. Bei Kreisverkehren im Zuge von Straßen mit gestreckter Linienführung und erwarteten hohen Annäherungsgeschwindigkeiten in den Kreisverkehrszufahrten stellt die Beleuchtung des Kreisverkehrs eine Möglichkeit zur Gewährleistung einer rechtzeitigen Erkennbarkeit dar, wenn keine anderen Maßnahmen zur Verringerung der Annäherungsgeschwindigkeiten möglich sind. Außerhalb bebauter Gebiete ist an unbeleuchteten Kreisverkehren zur Verbesserung der Erkennbarkeit bei Dunkelheit die Anordnung von Reflektoren (Markierungsnägel, Glasmarker oder ähnliche) oder LED-Leuchten auf dem Bord der Kreisinsel vor jeder Zufahrt empfehlenswert, bei deren Anordnung durch nach rechts abnehmenden Abstände die kreisförmige Gestalt der Kreisinsel nachempfunden wird. Weiterhin sollten besondere Entwurfsempfehlungen bei zügiger Trassierung der zuführenden Straßen in den Regelwerken ergänzt werden. So bedingt eine gestreckte Linienführung der Straße im Vorfeld des Kreisverkehrs häufig hohe Annäherungsgeschwindigkeiten in den Kreisverkehrszufahrten, welche das Risiko von Fahrnfällen (Auffahren auf die Kreisinsel beziehungsweise Abkommen von der Fahrbahn) am Kreisverkehr insbesondere bei Dunkelheit erhöhen können. Als Maßnahmen gegen das zu späte Erkennen des Kreisverkehrs können sowohl präventiv als auch kurativ folgende Maßnahmen vorgesehen werden: Beleuchtung des Kreisverkehrs (kurativ vor allem, wenn die Fahrnfälle überwiegend bei Dunkelheit auftreten) oder Abkröpfungen mit einer Länge von über 100 m und relationsgerechten Radien unmittelbar vor dem Kreisverkehr oder Verschwenkungen mit relationsgerechten Radien unmittelbar vor dem Kreisverkehr (aufgrund der zu verwendenden Radien ergeben sich dabei Längen > 100 m). Hinsichtlich der Verschwenkungen können bei beengten Platzverhältnissen auch verlängerte aufgeweitete Fahrbahnteiler (L = 100 bis 150 m) eingesetzt werden, welche in der Zufahrt drei aufeinanderfolgende Kurven mit Richtungswechsel umfassen und in der Ausfahrt gerade geführt werden.

5 Literatur

- FGSV (2006): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, Ausgabe 2006. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- FGSV (2008): Richtlinien für integrierte Netzgestaltung, Ausgabe 2008. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- Spahn, V. & Bäumler, G. (2007): Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen und Lichtzeichenanlagen in Bayern. In: Straßenverkehrstechnik, Heft 7/2007, S. 357-362