

Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plangleicher Knotenpunkte an Landstraßen

FA 2.316

Forschungsstelle: Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen
(ISE) (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. R.
Roos)

Bearbeiter: Zimmermann, M. / Beeh, J. /
Schulz, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und
Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juli 2014

1 Ausgangslage und Zielsetzung

In den meisten bisherigen Untersuchungen zur Sicherheit von Knotenpunkten an Landstraßen wurden nur die unterschiedlichen Knotenpunktarten, das heißt die Kombinationen der baulichen Grundform mit der Betriebsform, differenziert betrachtet. Dabei wurden häufig die Sicherheitsvorteile von Lichtsignalanlagen bei plangleichen Knotenpunkten analysiert. Deutlich weniger Erkenntnisse liegen in Bezug auf die Zweckmäßigkeit von verschiedenen Knotenpunktelementen vor, die bei Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage zur Anwendung kommen können. Dies zeigt sich in der Praxis durch unterschiedliche Handhabung bei der Anlage von Tropfen in der untergeordneten Zufahrt von schwach belasteten Einmündungen oder durch die Verwendung unterschiedlich langer Linksabbiegestreifen in der übergeordneten Zufahrt. Im Bestand ist darüber hinaus eine große Vielfalt bei der Gestaltung von Aufstellbereichen in den untergeordneten Zufahrten anzutreffen. Trotz weitgehender Standardisierung lassen auch die RAL (2012) bei der Führung der Rechtsabbieger noch Lösungen ohne und mit Dreiecksinsel zu. Bei der gesonderten Führung der Rechtsabbieger neben einer Dreiecksinsel finden sich zudem in der Praxis unterschiedliche Vorfahrtregelungen hinter der Dreiecksinsel.

Durch Unfalluntersuchungen und Fahrverhaltensanalysen an plangleichen Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage soll untersucht werden, welche der vorgenannten Knotenpunktelemente unter verschiedenen Randbedingungen die höchsten Sicherheitsgrade erwarten lassen. Dabei soll auch aufgezeigt werden, wie die Erkenntnisse aus der Forschung nicht nur bei Neuplanungen, sondern auch bei den häufigeren Um- und Ausbaumaßnahmen bestehender Knotenpunkte einfließen können. Neue Erkenntnisse zur zweckmäßigen Vorfahrtregelung hinter den Rechtsabbieger-Dreiecksinseln sollen eventuell in entsprechende Empfehlungen für die Straßenverkehrsbehörden münden.

Die wichtigsten Fragestellungen für die Untersuchung von Knotenpunktelementen bei Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage sind:

- Unter welchen Bedingungen kann bei Einmündungen auf Linksabbiegestreifen verzichtet werden?
- Unter welchen Bedingungen kann an Einmündungen auf die Anlage von Tropfen verzichtet werden?

- Unter welchen Bedingungen ist die gesonderte Führung der Rechtsabbieger mit Anlage einer Dreiecksinsel zweckmäßig?
- Welche Vorfahrtregelung ist hinter der Dreiecksinsel vorteilhaft?
- Welche Auswirkungen haben Aufstellbereiche in untergeordneten Zufahrten, die breiter sind, als es für die Befahrbarkeit eines einbiegenden maßgebenden Bemessungsfahrzeugs erforderlich ist?

2 Untersuchungsmethodik

2.1 Unfalluntersuchungen

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zunächst insgesamt etwa 100 Knotenpunkte ausgewählt. Deren Knotenpunktelemente sollten weitgehend den Vorgaben der RAL (2012) entsprechen, da nur so die Sicherheitswirkungen verschiedener regelkonformer Lösungen und nicht die von bekanntermaßen ungünstigen Gestaltungen beurteilt werden können. Neben der grundsätzlichen Auswahl der Knotenpunkte ist die Auswahl der zu untersuchenden Knotenpunktelemente von Bedeutung. Da im Rahmen des Projekts auch die Verkehrssicherheit und der Verkehrsablauf des Gesamtknotenpunkts untersucht werden sollten, wurde darauf geachtet, dass die ausgewählten Knotenpunkte verschiedene Kombinationen der zu untersuchenden Knotenpunktelemente aufweisen und dass deren Parameter im notwendigen Umfang variieren.

Bei sämtlichen untersuchten Knotenpunkten handelt es sich um Einmündungen, teilweise um Einmündungen von Rampen teilplangleicher Knotenpunkte.

Aufgrund der vorgenannten fünf Fragen wurden die 100 Knotenpunkte in fünf Teilkollektive gegliedert (Tabelle 1).

Anhand der Kollektive 1, 2 und 3 wurden die beiden Führungen der Rechtsabbieger untersucht. Anhand der Kollektive 2 und 3 wurde die unterschiedliche Vorfahrtsregelung nach der Dreiecksinsel untersucht. Anhand der Kollektive 4 und 5 wurde die Notwendigkeit von Linksabbiegestreifen und Tropfen untersucht, anhand der Kollektive 1 bis 4 die zweckmäßige Länge von Linksabbiegestreifen.

Zu beachten ist, dass die Verkehrsbelastungen der Knotenpunkte variieren, die Gesamtbelastung der Knotenpunkte in den Kollektiven 1 bis 4 liegt im Mittel mit etwa 7 000 bis 9 000 Kfz/24 h oberhalb der Grenze, ab der nach den RAL (2012) die Zweckmäßigkeit einer Signalisierung geprüft werden soll. Die mittlere Gesamtbelastung der Knotenpunkte des Kollektivs 5 liegt dagegen mit im Mittel etwa 3 500 Kfz/24 h deutlich darunter.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden diese fünf Knotenpunktkollektive in einer makroskopischen und einer mikroskopischen Unfalluntersuchung miteinander verglichen. Dieser Unfalluntersuchung lagen für insgesamt 98 Knotenpunkte ausführliche Unfalldaten mit Unfalldatenaufnahmen und Unfallskizzen aus dem Landkreis Karlsruhe für die Jahre 2006-2011 zugrunde.

de. Insgesamt wurden so 660 Unfälle berücksichtigt, die aufgrund von Fahrbeziehungen am Knotenpunkt entstanden sind und sich im Umkreis von bis zu 50 m um die Knotenpunktmittle (Schnittpunkt der Achsen) ereignet haben.

Tabelle 1: Übersicht Knotenpunktkollektiv

Kollektiv	Beschreibung
<p>①</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Linksabbiegestreifen - Kleiner Tropfen - Einfache Eckausrundung bzw. dreigeteilter Korbbogen - Hohe Verkehrsstärke
<p>②</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Linksabbiegestreifen - Großer Tropfen - Dreiecksinsel - Vorfahrtsregelung nach Dreiecksinsel „rechts vor links“ - Ausfahrkeil für Rechtsabbieger
<p>③</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Linksabbiegestreifen - Großer Tropfen - Dreiecksinsel - Vorfahrtsregelung nach Dreiecksinsel „Vorfahrt gewähren“ - Ausfahrkeil für Rechtsabbieger
<p>④</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Linksabbiegestreifen - Einfache Eckausrundung bzw. dreigeteilter Korbbogen
<p>⑤</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Linksabbiegestreifen - Einfache Eckausrundung bzw. dreigeteilter Korbbogen

Die Unfalluntersuchung erfolgte in zwei Stufen: Zum einen wurden die 660 Unfälle – nach Unfallkategorien differenziert – für die verschiedenen Knotenpunktkollektive aggregiert und daraus für die fünf Knotenpunktkollektive die üblichen Kenngrößen Unfalldichte, Unfallrate und Unfallkostenrate bestimmt (makroskopische Untersuchung). Die Unfallraten und Unfallkostenraten sind jeweils auf den gesamten Knotenpunkt bezogen (Grundlage bildet jeweils die Gesamtverkehrsstärke im Knotenpunkt).

Zum anderen wurden über die Beschreibungen der Unfallhergänge für sämtliche Unfälle die dreistelligen Unfalltypen bestimmt. Anschließend wurden für die fünf Knotenpunktkollektive wiederum wichtige Unfallkenngrößen (Anzahl der einzelnen

dreistelligen Unfalltypen und deren Unfallkostenrate) abgeleitet. Dadurch konnten bei den verschiedenen Knotenpunktkollektiven besondere Konfliktbereiche aufgedeckt werden (mikroskopische Untersuchung). Die Unfallkostenraten beziehen sich auch auf die Gesamtverkehrsbelastung im Knotenpunkt. Zusätzlich wurden allerdings auch die Unfallkostenraten der auffälligsten dreistelligen Unfalltypen in Abhängigkeit von der Stärke der betroffenen Knotenströme bestimmt. Ferner wurden die Unfallkostenraten auch in Abhängigkeit von der in der untergeordneten Zufahrt vorhandenen Anfahrtsichtweite nach links untersucht.

2.2 Fahrverhaltensanalyse

Von den 100 Knotenpunkten wurden – verteilt auf sämtliche Kollektive – 40 Knotenpunkte ausgewählt, in denen zusätzlich das Fahrverhalten analysiert wurde. Bei dieser Auswahl wurde darauf geachtet, dass Knotenpunkte enthalten sind, die – nach Möglichkeit zu gleichen Anteilen – ein eher hohes und eher niedriges Sicherheitsniveau aufweisen. Da dies vor der Erhebung der Verkehrsstärken geschah, konnten dafür nur die absoluten Unfallzahlen sowie Schätzungen des Verkehrsaufkommens herangezogen werden.

Durch die Fahrverhaltensanalysen sollten einige der Ergebnisse aus den Unfalluntersuchungen erklärt werden. Dies galt speziell in Bezug auf die Hypothese, ob die Befunde der Unfallanalyse durch unterschiedliche Zeitlücken zwischen Linksabbiegern und entgegenkommenden Durchfahrern erklärbar sind.

Außerdem sollte die Fahrverhaltensanalyse Antworten auf folgende spezielle Fragen geben:

- Welche Auswirkungen haben die Längen von Linksabbiegestreifen auf die Verzögerung nachfolgender Fahrzeuge?
- Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Breiten von Aufstellbereichen in den untergeordneten Zufahrten auf das Verhalten der Einbieger?

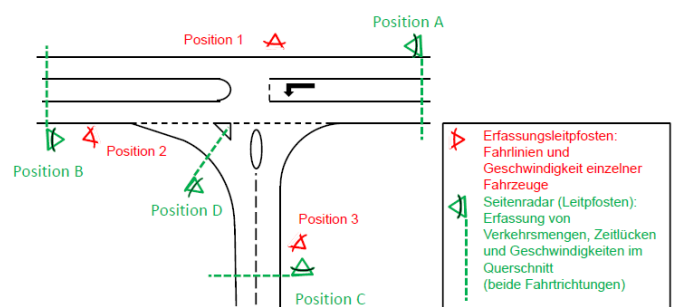


Bild 1: Fahrbeziehungen am Knotenpunkt

Zur Beurteilung des Fahrverhaltens wurden folgende Messgeräte eingesetzt: Die Verkehrsstärken aller Knotenströme wurden mit für Kraftfahrer nicht erkennbaren Seitenradargeräten erfasst (Bild 1, Position A-D). Das Aufstell- und Einbiegeverhalten der Fahrzeuge in der untergeordneten Zufahrt registrierte eine verdeckte Videokamera (Position 1), die gegenüber dem Aufstellbereich der Einbieger stand. Ein kombinierter Radar-/ Video-Erfassungslitpfosten (Position 2) erfasste von einem

Standort am Rand der übergeordneten Straße mögliche Störungen von Geradeausfahrern durch vor ihnen fahrende Linksabbieger beziehungsweise vor ihnen einbiegende Rechtseinbieger. Ein weiterer Erfassungsleitpfosten (Position 3) erfasst das Fahrverhalten der Rechtsabbieger und den Konfliktbereich der Links- und Rechtsabbieger nach der Dreiecksinsel im wegführenden Fahrstreifen der untergeordneten Straße.

Aufgrund der Kenntnis über die Verkehrsbelastung der einzelnen Knotenpunktarme lassen sich die Unfallkenngrößen in Abhängigkeit verschiedener Knotenströme darstellen. Da mittels der Querschnittserfassung in den Knotenpunktarmen die Verkehrsstärken der einzelnen Knotenströme nicht unmittelbar gemessen werden konnten, wurden diese aus den Querschnittsmessungen mithilfe eines Algorithmus nach Furness (Schnabel/Lohse, 1981) berechnet.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Unfalluntersuchungen

3.1.1 Linksabbiegestreifen

Bei Knotenpunkten ohne Tropfen zeigt der Vergleich der Unfallkostenraten (UKR) zwischen Kollektiv 4 und Kollektiv 5 keine positiven Auswirkungen eines Linksabbiegestreifens auf die Verkehrssicherheit. Allerdings ist zu beachten, dass die Verkehrsstärken in den betrachteten Einmündungen des Kollektivs 5 (ohne Linksabbiegestreifen) deutlich niedriger waren als in denen des Kollektivs 4.

3.1.2 Tropfen

Der Vergleich der mittleren Unfallkostenrate des Kollektivs 1 (2,5 €/1 000*Kfz) mit der des Kollektivs 4 (12,5 €/1 000*Kfz) bestätigt hingegen, dass untergeordnete Zufahrten mit Tropfen bei den relativ hohen Verkehrsstärken deutlich verkehrssicherer sind als solche ohne Tropfen.

3.1.3 Rechtsabbiegerführung

Der Vergleich der mittleren Unfallkostenraten zwischen Kollektiv 1 (UKR = 2,5 €/1 000*Kfz) und den Kollektiven 2 beziehungsweise 3 (UKR = 7 beziehungsweise 17 €/1 000*Kfz) zeigt, dass eine Führung der Rechtsabbieger ohne Dreiecksinsel deutlich sicherer ist als eine gesonderte Führung mit einer Dreiecksinsel. Das gilt insbesondere bei Verkehrsbelastungen bis 8 000 Kfz/24 h. Der erhebliche Sicherheitsunterschied macht deutlich, dass die in der Vergangenheit gängige Praxis, aus Gründen besserer Verkehrsqualität den Rechtsabbieger gesondert neben einer Dreiecksinsel zu führen, der Verkehrssicherheit abträglich ist.

Der Vergleich der mittleren Unfallkostenraten zwischen Kollektiv 2 (Vorfahrt des Rechtseinbiegers hinter der Dreiecksinsel) und Kollektiv 3 (Vorfahrt des Linksabbiegers nach der Dreiecksinsel) zeigt zudem, dass dabei das Kollektiv 3 (UKR = 17 €/1 000*Kfz) deutlich schlechter abschneidet als das Kollektiv 2 (UKR = 7 €/1 000*Kfz). Allerdings wird dieser Unterschied erst ab einer Gesamtverkehrsbelastung von ca. 8 000 Kfz/24 h auffällig, bei der gemäß den RAL (2012) Knotenpunkte vorzugs-

weise mit Lichtsignalanlage geplant werden sollen. Auch bei Verkehrsbelastungen unter 8 000 Kfz/24 h liegt die Unfallkostenrate beider Kollektive mit Dreiecksinsel jedoch mehr als doppelt so hoch wie die der entsprechend belasteten Einmündungen ohne Dreiecksinsel (Kollektiv 1).

Bemerkenswert ist, dass die beiden untersuchten Vorfahrtregelungen im eigentlichen Konfliktbereich unmittelbar bei der Zusammenführung der Ströme keinen Unterschied erkennen lassen, unter anderem weil dort so gut wie keine Unfälle geschehen sind. Eine Erklärung für die wesentlich höheren Unfallkostenraten für die hochbelasteten Knotenpunkte des Kollektivs 3 zeigt sich erst bei der Auswertung der Unfälle nach dem dreistelligen Unfalltyp. Hier wird erkennbar, dass vor allem die mittlere Unfallkostenrate für den UT211 (Konflikt eines Linksabbiegers mit einem entgegenkommenden Geradeausfahrer) beim Kollektiv 3 mit 6,1 €/1 000*Kfz deutlich höher ausfällt als beim Kollektiv 2 (2,5 €/1 000*Kfz). Als Erklärung wurde vermutet, dass die Vorfahrtregelung hinter der Dreiecksinsel "Vorfahrt für den Linksabbieger" den Linksabbieger veranlasst, bei höheren Verkehrsstärken auch kleinere Zeitlücken im entgegen gerichteten Geradeausstrom für den Abbiegevorgang zu nutzen. Inwieweit diese Vermutung zutrifft, wurde in den ergänzenden Fahrverhaltensanalysen untersucht. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die mittlere Unfallkostenrate für das Kollektiv 1 (Rechtsabbiegen ohne Dreiecksinsel) wiederum mit 1,0 €/1 000*Kfz deutlich günstiger liegt als bei beiden Lösungen mit der Führung neben einer Dreiecksinsel. An 13 der 17 Einmündungen mit dieser Gestaltung treten zum Beispiel keine Linksabbiegeunfälle auf.

Neben den insgesamt 137 Unfällen des UT211 sind vor allem die 177 Unfälle des UT302 (Linkseinbieger mit Geradeausfahrer von links) prägend für das gesamte Unfallgeschehen. Auch bei diesem Unfalltyp unterscheiden sich die beiden hier in Frage stehenden Kollektive 2 und 3, allerdings mit 4,8 beziehungsweise 6,9 €/1 000*Kfz nicht so deutlich. Auch hinsichtlich der Einbiegeunfälle liegen die Unfallkostenraten für das Kollektiv 1 (ohne Dreiecksinsel) mit 1,9 €/1 000*Kfz deutlich niedriger.

3.1.4 Sichtweiten und Lage von Teilknotenpunkten

In einer weiteren Detailuntersuchung wurde überraschend festgestellt, dass die Unfallkostenraten der Einbiegen-Unfälle zunehmen, wenn die vorhandenen Anfahrtsichtweiten nach links größer werden. Dieser Zusammenhang ist insbesondere beim UT302 (Linkseinbieger mit Geradeausfahrer von links) zu erkennen. Bei den Knotenpunkten des Kollektivs 3 ist der Zusammenhang stärker ausgeprägt als beim Kollektiv 2.

Aus dieser Erkenntnis kann jedoch nicht abgeleitet werden, dass bei Einmündungen geringe Sichtweiten generell vorteilhaft sind. Es fällt im Gegenteil auf, dass bei den oben liegenden Rampenanschlüssen von teilplangleichen Knotenpunkten, bei denen der Linksabbieger auf das Kreuzungsbauwerk zufährt und die Sichtweiten durch die Kuppenlage häufig eingeschränkt sind, tendenziell höhere Unfallkostenraten der Abbiegen-Unfälle auftreten.

3.1.5 Aufstellbereich

Unerwartet war, dass sich bei einer Analyse der Unfallkostenraten des dreistelligen Unfalltyps UT302 in Abhängigkeit von der Breite der Aufstellbereiche in der untergeordneten Zufahrt keinerlei Zusammenhänge erkennen lassen.

3.1.6 Radverkehrsführung

Der größte Teil der im vorliegenden Unfallkollektiv eher seltenen Radverkehrsunfälle ereignete sich bei Knotenpunkten der Kollektive 1 und 4 (beide ohne Dreiecksinsel), bei welchen die Radfahrer fahrbahnnahe und bevorrechtigt über die untergeordnete Zufahrt geführt werden.

3.2 Fahrverhaltensanalyse

3.2.1 Linksabbiegestreifen

Die Analyse der Zeitlücken zwischen vorausfahrenden Linksabbiegern und dem nachfolgenden Geradeausverkehr und deren Verzögerungsverhalten erbrachte keinen Zusammenhang zwischen der Länge der Linksabbiegestreifen und möglichen Behinderungen nachfolgender Geradeausfahrer. Zum einen leiten nachfolgende Geradeausfahrer die erforderlichen Verzögerungen so vorausschauend ein, dass es nicht zu kritischen Annäherungen an vorausfahrende Linksabbieger kommt. Zum anderen sind die Geschwindigkeiten der Durchfahrer selbst bei kurzen Linksabbiegestreifen hoch, zum Teil höher als die zulässige Höchstgeschwindigkeit. An den schwach belasteten Einmündungen waren selbst ohne Linksabbiegestreifen (Kollektiv 5) keine Störungen im Verkehrsablauf festzustellen.

3.2.2 Vorfahrtsregelung hinter der Dreiecksinsel

Die Analyse der Zeitlücken von Linksabbiegern gegenüber entgegenkommenden Durchfahrern bestätigt vor allem die aus der Sicherheitsanalyse erkennbaren Vorteile einer Gestaltung ohne Dreiecksinsel (Kollektiv 1). Die mittleren Zeitlücken sind größer als die bei beiden Kollektiven 2 und 3 mit Dreiecksinsel. Auch zeigt sich, dass bei einer Ankunft am Knotenpunkt auch bei größeren Zeitlücken eher die Vorbeifahrt des Gegenverkehrs abgewartet wird als bei den beiden anderen Kollektiven. Systematische Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven 2 und 3 (Rechtsabbiegeföhrung mit Dreiecksinsel aber verschiedenen Vorfahrtsregelungen hinter der Dreiecksinsel) sind nicht erkennbar. Das bedeutet, dass die Untersuchungen zum Fahrverhalten keine hinreichende Erklärung für das unterschiedliche Unfallgeschehen zwischen den Kollektiven 2 und 3 liefern.

Die Fahrverhaltensanalyse für den Bereich nach der Dreiecksinsel zeigt eine sehr geringe Anzahl an kritischen Fahrzeugfolgen (Nachrangiger vor Bevorrechtigtem) mit geringen Zeitlücken. Dies bestätigt den Befund aus der Unfallanalyse, dass diese Stelle bei beiden Verkehrsregelungen als sicher einzustufen ist.

3.2.3 Aufstellbereich

An 12 der 40 ausgewerteten Knotenpunkte gilt die Verkehrsregelung mit VZ 206 ("Halt! Vorfahrt gewähren!"). Die Durchfahreranteile bei den Einbiegern liegen jedoch nur rund 10 % niedriger als bei der Regelung mit VZ 205 ("Vorfahrt gewähren!"), sodass davon auszugehen ist, dass dem VZ 206 in seiner eigentlichen Bedeutung vom Verkehrsteilnehmer nicht genügend Beachtung geschenkt wird. Die Tatsache, dass bei einigen Einmündungen mit VZ 205 relativ hohe Anteile an haltenden Fahrzeugen festzustellen sind, legt die Vermutung nahe, dass andere Kriterien beim Einbiegen höher gewichtet werden als die vorgegebene Verkehrsregelung.

Bezüglich der Aufstellbreiten ist kein systematischer Anstieg der Durchfahreranteile bei größeren Aufstellbreiten feststellbar. Ebenfalls ohne Einfluss ist die Größe der Sichtweiten der Einbieger nach links. Die detaillierte Auswertung nebeneinanderstehender Einbieger hat nur sehr wenige Situationen gezeigt, in denen es zu potenziellen Verdeckungen kam. Daher kann nicht von einer systematischen Behinderung von Pkw durch nebeneinanderstehende größere Fahrzeuge ausgegangen werden. Gleichwohl zeigen die Pulkauswertungen, dass mit zunehmenden Aufstellbreiten bereits bei relativ geringen Verkehrsstärken die Anteile an nebeneinanderstehenden Fahrzeugen zunehmen. Bei geringen Aufstellbreiten von weniger als 5 m ist das Nebeneinanderstellen von Pkw erst bei deutlich höheren Verkehrsstärken zu beobachten.

4 Folgerungen für die Praxis

Insgesamt bestätigt diese Untersuchung sowohl aufgrund der Unfalluntersuchung als auch der Fahrverhaltensanalyse grundsätzlich die im aktuellen Regelwerk der RAL (2012) verankerten Einsatzgrenzen für bestimmte Knotenpunktelemente und deren Parameter. Zwar zeigt sich, dass ein Verzicht auf Linksabbiegestreifen und Tropfen bei sehr geringen Verkehrsstärken in Einmündungen nur geringe negative Folgen mit sich bringt, doch wären weitergehende Untersuchungen erforderlich, bevor in den zuständigen Fachgremien noch einmal diskutiert werden könnte, ob eine solche flächen- und kostensparende Ausbildung bei Straßen der EKL 4 generell vertretbar ist.

Eine wichtige Erkenntnis ist der Befund, dass eine gesonderte Führung der Rechtsabbieger neben einer Dreiecksinsel bei Einmündungen deutlich höhere Unfallkostenraten zur Folge hat als eine Führung der Rechtsabbieger ohne Dreiecksinsel. Diese Feststellung gilt für eine große Spannweite von Verkehrsstärken. Insofern wäre noch einmal zu überdenken, ob die zur Verbesserung des Verkehrsablaufs insbesondere bei höheren Verkehrsstärken in den RAL (2012) für die Straßen der EKL 3 verankerte Regellösung für den Rechtsabbieger RA3 aus Gründen der Verkehrssicherheit fallen gelassen werden soll.

Bei einer gesonderten Führung der Rechtsabbieger neben einer Dreiecksinsel zeigt sich, dass vor allem bei Gesamtbelastungen des Knotenpunkts über 8 000 Kfz/24 h eine deutlich erhöhte Unfallkostenrate zu verzeichnen ist, wenn dem Rechtsabbieger hinter der Dreiecksinsel die Wartepflicht gegenüber dem bereits abgebogenen Linksabbieger auferlegt wird. Diese Tatsache resultiert nahezu ausschließlich aus den unterschiedlichen Sicherheitsniveaus bei Unfällen zwischen Linksabbiegern

und entgegenkommenden Geradeausfahrern. Die Gründe für diese Unterschiede konnten nicht eindeutig geklärt werden. Im Übrigen ist darauf hinzuweisen, dass nach den RAL (2012) bei diesen Verkehrsstärken plangleiche Knotenpunkte vorzugsweise mit Lichtsignalanlagen ausgestattet werden sollen.

Von den zuständigen Verkehrsbehörden werden beide Vorfahrtregelungen gleichermaßen angeordnet. Unerwartet war, dass im Untersuchungskollektiv die Vorfahrtregelungen sogar innerhalb von Streckenzügen wechseln. Die Befunde aus der vorliegenden Forschung zeigen, dass die unterschiedlichen Vorfahrtregelungen für den eigentlichen Konfliktbereich hinter der Dreiecksinsel keinerlei Auswirkungen haben, allerdings deutliche Unterschiede in Bezug auf die Sicherheit der Linksabbieger aufweisen. Inwieweit diese Unterschiede ausschließlich auf die unterschiedliche Vorfahrtregelung zurückzuführen ist, konnte in den Fahrverhaltensbetrachtungen nicht hinreichend geklärt werden. Bevor deshalb in dieser Frage eine generelle Empfehlung ausgesprochen werden kann, wäre eine vertiefte Betrachtung der Hintergründe zu den unterschiedlichen Sicherheitsgraden der beiden Vorfahrtregelungen erforderlich.

Inwieweit ein Verzicht auf die Rechtsabbiegerführung RA3 in einer Überarbeitung der RAL auch für den Anschluss der Rampen von Autobahnen und anderen richtungsgetrenten Straßen sinnvoll wäre, bei denen eine Aufstellung der Wegweiser auf einer Dreiecksinsel möglicherweise zur Verhinderung von Falschfahrten beiträgt, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht geklärt werden.

Bei den untersuchten Knotenpunkten bestätigte sich die Erkenntnis, dass die für das Einbiegen des maßgebenden Bemessungsfahrzeugs erforderlichen Eckausrundungen zumindest bis zu einem Abstand ca. 6 m zum Rand der übergeordneten Straße Aufstellbreiten zur Folge haben, bei denen das Nebeneinanderstehen von Pkw und kleineren Lieferwagen nicht zu verhindern ist. Allerdings konnten weder die Unfalluntersuchungen noch die Fahrverhaltensanalyse einen Hinweis liefern, dass ein solches Nebeneinander-Aufstellen sicherheitsabträglich ist, wenn die Fahrbahnbreite neben dem Tropfen auf das für die Befahrbarkeit notwendige Maß von 4,50 m beschränkt bleibt.

Die Untersuchung bestätigte die Befürchtung, dass der auf Radwegen geführte Radverkehr an Landstraßen im Bereich der Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage durch Abbieger und Einbieger gefährdet ist. Die Beobachtungen bestärken die Vorgaben der RAL (2012), den Radverkehr auf Radwegen an Landstraßen in der Regel nicht fahrbahnnah bevorrechtigt über einmündende Zufahrten, sondern von der übergeordneten Fahrbahn abgesetzt wartepflichtig über den Tropfen zu führen.