

Inhaltsverzeichnis

1	Räumliche Linienführung	1-1
1.1	Allgemeine Anforderungen an die Überlagerung von Lage- und Höhenplan	1-1
1.2	Standardraumelemente	1-2
1.3	Defizite in der räumlichen Linienführung	1-7
1.4	Überprüfung der räumlichen Linienführung	1-11
1.5	Quantitative Überprüfung der räumlichen Linienführung	1-13
1.6	Verständnisfragen	1-15
2	Entwurfselemente der Sicht	2-1
2.1	Psychologische und physiologische Sichtweiten	2-2
2.2	Geometrische Sichtweiten	2-4
2.2.1	Haltesichtweiten	2-4
2.2.2	Überholsichtweiten	2-11
2.3	Sichtweitenkontrollen	2-13
2.4	Verständnisfragen	2-17
3	Knotenpunkte	3-1
3.1	Grundlagen der Knotenpunktgestaltung und Definitionen	3-1
3.2	Abgrenzung der Führungen im (Teil-)Knotenpunkt	3-1
3.3	Festlegung der Anzahl und Dichte von Knotenpunkten im Streckenverlauf	3-3
3.4	Verkehrsbewegungen am Knotenpunkt	3-3
3.5	Anforderungen an Knotenpunkte	3-5
3.6	Verständnisfragen	3-7

4	Knotenpunkte mit Verkehrsführungen Ein-/Abbiegen und Kreuzen (Teilplangleiche und plangleiche Knotenpunkte)	4-1
4.1	Knotenpunktarten und deren Einsatzbereiche	4-1
4.1.1	Teilplangleiche Knotenpunkte	4-3
4.1.2	Plangleiche Einmündungen / Kreuzungen mit Lichtsignalanlage	4-4
4.1.3	Plangleiche Einmündungen / Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage	4-5
4.1.4	Kreisverkehre	4-6
4.2	Formen der Abbieger-/Einbiegerführung	4-9
4.2.1	Linksabbiegen	4-9
4.2.2	Rechtsabbiegen	4-12
4.2.3	Kreuzen und Einbiegen	4-15
4.2.4	Führung des Fußgänger- und Radverkehrs bei Einmündungen / Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage	4-19
4.2.5	Führung des Fußgänger- und Radverkehrs bei Einmündungen / Kreuzungen mit Lichtsignalanlage	4-20
4.3	Knotenpunktelemente	4-20
4.3.1	Durchgehende Fahrstreifen	4-20
4.3.2	Verkehrsinselformen	4-20
4.3.2.1	Fahrbahnteiler	4-21
4.3.2.2	Dreiecksinsel	4-24
4.3.3	Eckausrundung	4-24
4.3.4	Kreisfahrbahn	4-27
4.3.5	Kreisinsel	4-28
4.3.6	Kreisein- und -ausfahrten	4-28

4.3.7 Bypass	4-29
4.4 Sichtfelder	4-30
4.4.1 Haltesicht	4-31
4.4.2 Anfahrsicht	4-31
4.4.3 Annäherungssicht	4-32
4.5 Straßenflächengestaltung	4-33
4.6 Knotenpunktabstände	4-34
4.7 Übergeordnete Straßen	4-34
4.8 Linienführung	4-34
4.9 Verständnisfragen	4-38
5 Knotenpunkte mit Verkehrsführungen Ein-/Ausfädeln und Verflechten (Planfreie und teilplanfreie Knotenpunkte)	5-1
5.1 Grundsätze für die Gestaltung von planfreien Knotenpunkten	5-1
5.2 Grundformen	5-2
5.2.1 Grundformen von Verbindungsrampen	5-6
5.2.2 Grundformen von Autobahnknotenpunkten	5-7
5.2.3 Grundformen von Anschlussstellen	5-17
5.3 Elemente der Knotenpunktgestaltung	5-23
5.3.1 Verbindungsrampen	5-23
5.3.2 Ausfahrten	5-29
5.3.3 Einfahrten	5-32
5.3.4 Verflechtungsstreifen	5-36
5.4 Verständnisfragen	5-40

6	Verkehrssicherheit	6-1
6.1	Unfallgeschehen	6-1
6.2	Möglichkeiten der Beeinflussung von Verkehrssicherheit	6-2
6.3	Örtliche Unfalluntersuchung	6-4
6.3.1	Polizeiliche Verkehrsunfallanzeige	6-4
6.3.2	Unfalltypen	6-5
6.3.3	Unfalltypen-Steckkarten	6-7
6.3.4	Erkennen von Unfallhäufungsstellen	6-9
6.3.5	Erkennen von Unfallhäufungslinien	6-10
6.3.6	Nähere Untersuchung von Unfallhäufungen	6-11
6.3.7	Maßnahmenfindung	6-13
6.3.8	Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten im Straßenentwurf	6-14
6.4	Verständnisfragen	6-14
7	Verfahren zur Wahl des Knotenpunkttyps	7-1
7.1	Allgemeines	7-1
7.2	Unfallkostenraten in Abhängigkeit von Knotenpunkttypen	7-1
7.3	Abminderung aus Zufahrten	7-6
7.4	Maßgebende Unfallkosten	7-7
7.5	Berechnungsbeispiel	7-7
7.6	Verständnisfragen	7-11
8	Verfahren zur Wahl des Querschnitts	8-1
8.1	Überprüfung der Verkehrssicherheit im Querschnitt	8-1

8.2	Querschnittsauswahl unter Berücksichtigung von Verkehrsablauf und Auslastungsgrad	8-5
8.2.1	Qualität des Verkehrsablaufs an Autobahnen	8-6
8.2.2	Qualität des Verkehrsablaufs an zweistreifigen Landstraßen	8-13
8.3	Verständnisfragen	8-19

1 Räumliche Linienführung

1.1 Allgemeine Anforderungen an die Überlagerung von Lage- und Höhenplan

Der Entwurf einer Straße und seine Darstellung erfolgt überwiegend getrennt im Lageplan, Höhenplan und Querschnitt. Der Fahrer sieht die Straße in ihren drei Dimensionen jedoch als Raumband. Der Entwurf muss somit auf seine räumliche Wirkung hin überprüft werden. Für die Beurteilung kommt nur die Fahrerperspektive in Frage.

Durch die Überlagerung der horizontalen und vertikalen Entwurfselemente entstehen Raumelemente und Raumelementfolgen. Da die Abfolge dieser Raumelemente maßgebende Auswirkungen auf das situationsgerechte Verhalten der Fahrer und somit auf die Verkehrssicherheit sowie auf die harmonische Einpassung der Straße in das Umfeld hat, ist diese nach bestimmten Grundsätzen aufeinander abzustimmen. Zusätzlich sind die empfohlenen Werte der Entwurfselemente in Lage und Höhe einzuhalten.

Die räumliche Linienführung ist unter optischen, entwässerungstechnischen und fahrdynamischen Aspekten im Allgemeinen dann befriedigend, wenn die Wendepunkte der Krümmungen im Lage- und Höhenplan ungefähr an der gleichen Stelle liegen und die Anzahl der Wendepunkte des Lageplanes und des Höhenplanes übereinstimmen. Ungünstig ist insbesondere, wenn die Anzahl der Wendepunkte im Höhenplan größer ist als im Lageplan. Kann eine unterschiedliche Anzahl nicht vermieden werden, sollen die Wendepunkte einer Ebene nicht mit Tangentschnittpunkten der anderen Ebene zusammenfallen. Dabei sollte das Höhenplanelement vom Lageplanelement eingeschlossen werden.

Defizite in der räumlichen Linienführung lassen sich vor allem danach unterscheiden, ob ihnen ein großer Einfluss auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit zuzuschreiben ist. Dieser ist in zwei Fällen besonders hoch: Zum einen dann, wenn durch die ungünstige Überlagerung von Lage- und Höhenplanelementen Sichtschattenbereiche entstehen, bei denen ein Bereich der vorausliegenden Strecke nicht einsehbar ist.; zum anderen in Fällen, in denen der fahrdynamisch relevante Beginn der Lageplankurve durch eine Kuppenüberlagerung verdeckt ist. Besondere Überprüfungen der räumlichen Wirkung einer Trassierung sind daher bei der Überlagerung eines Lageplanelementes mit mehreren Höhenplanelementen nötig, um sicher zu gehen, dass kein kritisches Wiederauftauchen der Fahrbahn nach einer Wanne vorliegt. Richtungsänderungen müssen allgemein deutlich erkennbar innerhalb der vorhandenen Sichtweite und vor dem Kuppenscheitel beginnen (Richtungsänderungswinkel mindestens 3,5 gon). Daher ist evtl. der Anfang der Kurve gegenüber dem der Kuppe vorzuziehen.

Weitere Defizite in der räumlichen Linienführung sind in der Regel eher gestalterischer Art.

Da durch die räumliche Überlagerung der Entwurfsebenen die Auswirkungen auf die Fahrersicht nur bedingt im Planungsprozess vorhersehbar sind, wurden im aktuellen Regelwerk zunächst die Regeln zur Vermeidung grundsätzlicher Mängel sowie zur Erkennbarkeit von Kurvenbeginnen verankert. Weitere sicherheitsrelevante Defizite insbesondere zu nicht erkennbaren Streckenabschnitten sind nur durch quantitative Verfahren überprüfbar. Gestalterische Mängel wiederum sind am ehesten durch die Erstellung und Überprüfung geeigneter Perspektivbilder aus Fahrersicht zu detektieren.

Die Einhaltung dieser Anforderungen an die räumliche Linienführung wird daher nach einem dreistufigen Verfahren überprüft, das in den „Hinweisen zur Visualisierung von Entwürfen für außerörtliche Straßen“ (H ViSt, 2008) und in den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, 2012) enthalten ist.

1.2 Standarddraumelemente

Standarddraumelemente entstehen, wenn Beginn und Ende von Kurven im Lageplan mit dem Beginn von Kuppen und Wannen im Höhenplan zusammenfallen. Dabei werden Geraden im Lageplan wie Kurven mit $R = \infty$ und konstante Längsneigungen im Höhenplan wie Ausrundungshalbmesser mit $R = \infty$ behandelt.

Abbildung 1-1 und Abbildung 1-2 zeigen die Wirkungen von Standarddraumelementen.

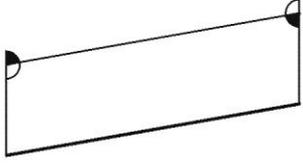
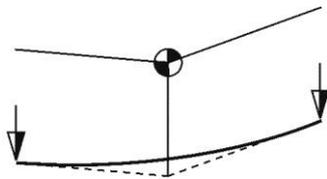
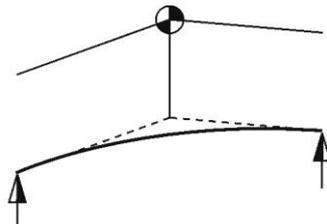
Lageplan/Höhenplan	Perspektivbild
Gerade mit konstanter Längsneigung	
<p>Höhenplan</p>  <p>Lageplan $R = \infty$</p> 	
gerade Wanne	
<p>Höhenplan</p>  <p>Lageplan $R = \infty$</p> 	
gerade Kuppe	
<p>Höhenplan</p>  <p>Lageplan $R = \infty$</p> 	

Abbildung 1-1 Standardraumelemente mit einer Geraden im Lageplan (RAL, 2012)

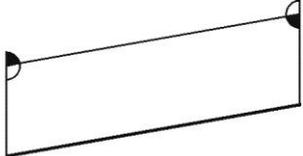
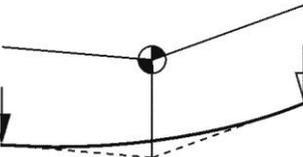
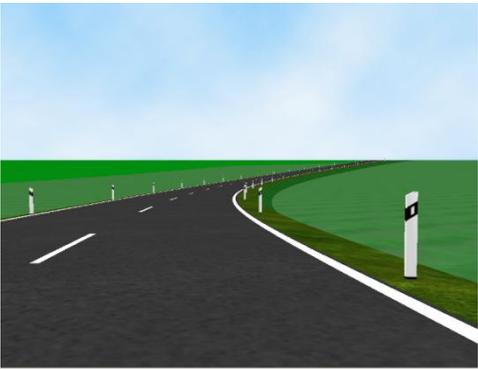
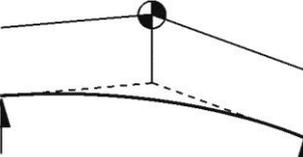
Lageplan/Höhenplan	Perspektivbild
Kurve mit konstanter Längsneigung	
<p><i>Höhenplan</i></p>  <p><i>Lageplan</i></p> 	
gekrümmte Wanne	
<p><i>Höhenplan</i></p>  <p><i>Lageplan</i></p> 	
gekrümmte Kuppe	
<p><i>Höhenplan</i></p>  <p><i>Lageplan</i></p> 	

Abbildung 1-2 Standarddraumelemente mit einer Kurve im Lageplan (RAL, 2012)

Für eine gute räumliche Linienführung ist es besonders hilfreich, wenn über den gesamten Streckenverlauf Standarddraumelemente unmittelbar aufeinanderfolgen, d.h. keine Überlagerungen entstehen, in denen die Wendepunkte bzw. Anfangs- und Endpunkte von Ausrundungen nicht geeignet zusammenfallen.

Abbildung 1-3 zeigt beispielhaft die Einteilung einer Strecke in Standarddraumelemente.

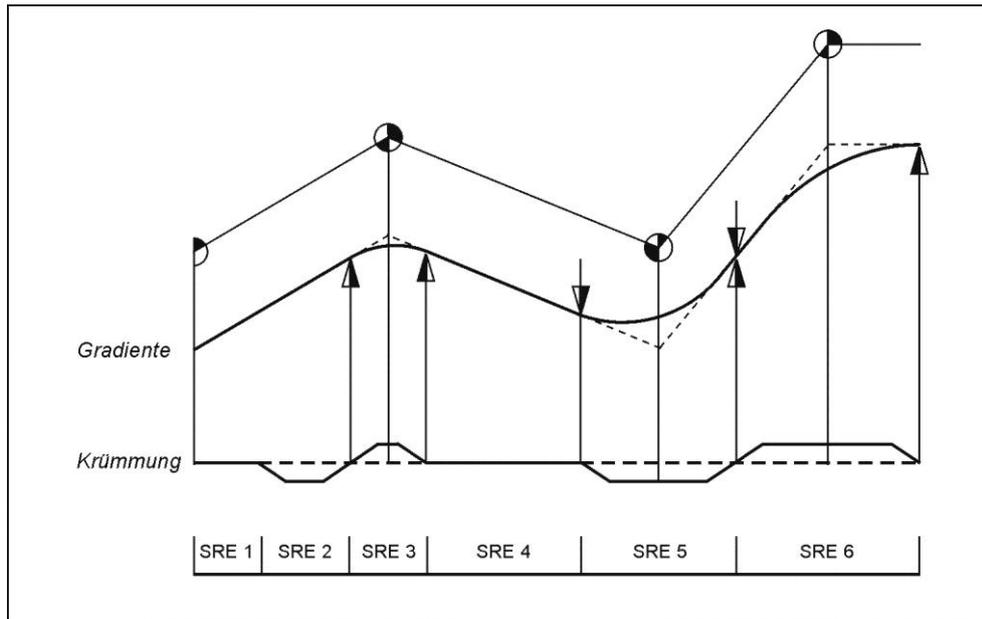


Abbildung 1-3 Beispiel für die Einteilung einer Strecke in Standardraumelemente (SRE) (RAL, 2012)

Um ein Standardraumelement handelt es sich prinzipiell auch, wenn diese Anfangs- und Endpunkte im Lage- und Höhenplan geringfügig (bis zu 20 % der Länge des Lageplanelements) verschoben sind, allerdings nur dann, wenn auch die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

Bei **Kuppen-/Kurvenüberlagerungen** ist eine Verschiebung des Kurvenbeginns vor den Kuppenbeginn ggf. erforderlich, um die Erkennbarkeit des Kurvenbeginns zu gewährleisten. Die in Abbildung 1-4 geforderten Werte berücksichtigen den ungünstigsten Fall der Folge Gerade (mit konstanter Längsneigung) – Klothoide (mit Kuppenausrundung) – Kreisbogen. Annäherungen aus einem Gegenbogen ergeben nahezu gleiche Werte.

Um kritische Dehnungen im Kurvenbeginn bei **wannenüberlagerten Kurven** mit einem Verhältnis $R:H > 1:10$ zu vermeiden, soll der Kurvenbeginn auch in diesem Fall nicht hinter dem Wannenberg liegen, d.h. eine Verschiebung ist nur zulässig, wenn das Höhenplanelement vom Lageplanelement eingeschlossen ist.

Kuppen- halb- messer H [m]	Klothoidenparameter A [m]			
	150	200	250	>=300
3.000	25	50	65	80
4.000	15	35	55	75
5.000	keine Ver- schiebung erforderlich	25	50	70
6.000		15	40	60
7.000		30	55	
8.000		20	45	
9.000		10	40	
10.000				30

Abbildung 1-4 Erforderliche Verschiebung [m] des Kuppenbeginns hinter den Kurvenbeginn beim Übergang Gerade – Klothoide – Kreisbogen (RAL, 2012)

Brückenbauwerke sollen sich in den Streckenverlauf eingliedern. Um die Brettwirkung einer geraden Brücke zwischen zwei Wannen zu vermeiden, sollen die Wannenhalbmesser besonders groß gewählt werden und lange Ausrundungen haben.

Bei der Bemessung der einzelnen Raumelemente sind einige qualitative Bewertungen zu beachten:

- Geraden mit konstanter Längsneigung wirken bei großen Längen eintönig, geschwindigkeitserhöhend und nachts besteht die Gefahr von Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge.
- Gerade Wannen ergeben gute Sichtverhältnisse und eine gute optische Führung und sind somit besonders geeignet für Knotenpunkte. Zu vermeiden sind jedoch die Folge mehrerer Wannen mit kleinen Halbmessern sowie die Lage kurzer Wannen zwischen Geraden.
- Kritisch sind gerade Kuppen, da hinter dem Horizont der Straßenverlauf nicht mehr einsehbar ist. Bei Kuppen sollten daher möglichst große Halbmesser angestrebt werden.
- Kurven mit konstanter Längsneigung sind unproblematisch, wenn ausreichende Sichtweiten gewährleistet sind. Kleine Radien sollten jedoch vermieden werden, da sie einen optischen Knick bewirken.

- Wenn die Entwurfselemente groß genug gewählt werden, sind sowohl gekrümmte Wannens als auch gekrümmte Kuppen problemlos einsetzbar und gewährleisten eine gute optische Führung.

1.3 Defizite in der räumlichen Linienführung

Fehler bei der Bildung von Raumelementen und Raumelementfolgen führen zu Defiziten in der räumlichen Linienführung. Abbildung 1-5 enthält die Differenzierung der Defizite hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit.

Defizit	Einfluss auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit
Sichtschatten (Springen/Tauchen)	hoch
Verdeckter Kurvenbeginn	hoch
Dehnungen	mittel
Stauchungen	gering
Gestalterische Defizite	gering

Abbildung 1-5 Defizite der räumlichen Linienführung und ihre Auswirkungen

Bei Neubaumaßnahmen sollen Defizite aller Gruppen vermieden werden. Im Zuge grundlegender Ausbaumaßnahmen gilt dies zumindest für Sichtschatten sowie für verdeckte Kurvenbeginne.

Sichtschatten

Sichtschattenbereiche treten dann auf, wenn der Kraftfahrer (Augpunkthöhe $h_a = 1$ m) über eine Fahrstrecke von mindestens 75 m einen Abschnitt des Fahrbahnbandes im vorausliegenden Fahrraum (600 m) nicht erkennen kann (Abbildung 1-6). Sichtschattentiefen von mehr als 0,75 m sollten vermieden werden. Besonders kritisch sind solche Sichtschattentiefen dort, wo für Überholvorgänge der Fahrstreifen für den Gegenverkehr genutzt werden soll. Sind solche Abschnitte nicht zu vermeiden, ist das Überholen zu unterbinden. Sichtschattenbereiche können durch Springen und Tauchen (Abbildung 1-7) entstehen.

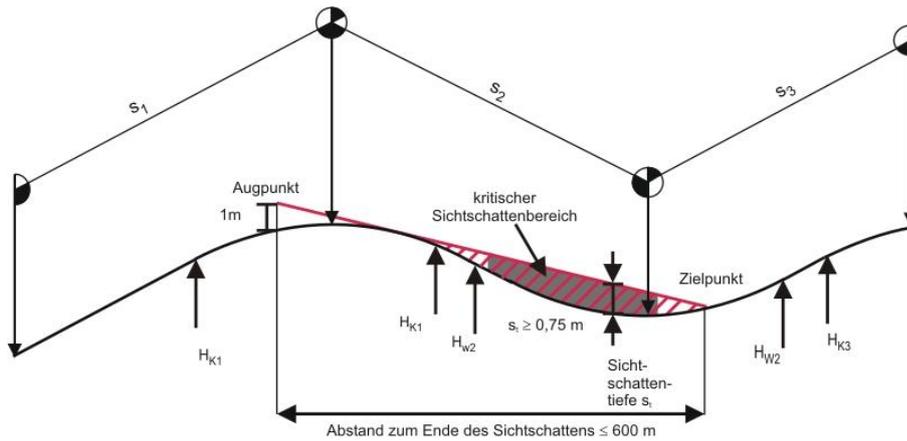


Abbildung 1-6 Definition eines kritischen Sichtschattenbereichs (H ViSt, 2008)

Lageplan/Höhenplan	Perspektivbild
Springen	
<p>Höhenplan</p> <p>Krümmung</p>	
Tauchen	
<p>Höhenplan</p> <p>Krümmung</p>	

Abbildung 1-7: Sichtschatten - Springen / Tauchen (RAL, 2012)

Verdeckter Kurvenbeginn

Ein verdeckter Kurvenbeginn liegt dann vor, wenn aus einer Entfernung von 75 m vor dem Kurvenbeginn im Lageplan die voraus liegende Straßenoberfläche nicht mindestens bis zu dem Punkt einsehbar ist, an dem eine Richtungsänderung von $3,5 \text{ gon}$ im Lageplan vorliegt. Daher ist im Entwurf zu gewährleisten, dass der Beginn des für den Fahrer unsichtbaren Teils der Kuppe vom Fahrer weiter entfernt liegt als der Punkt der relevanten Richtungsänderung. Bei großen Klothoidenparametern ($A \geq 300 \text{ m}$) ist es ausreichend, wenn die Klothoide auf mindestens 100 m Länge einsehbar ist (siehe Abbildung 1-4).

Dehnungen und Stauchungen

In einer Wanne erscheint der Radius des Kreisbogens gedehnter (Abbildung 1-8 oben), in einer Kuppe gestaucht (Abbildung 1-8 unten) als bei einer Kurve mit konstanter Längsneigung. Die Größe der Dehnung/Stauchung wird durch das Verhältnis von Lageplanradius zu Höhenplanhalbmesser ($R : H$) beeinflusst.

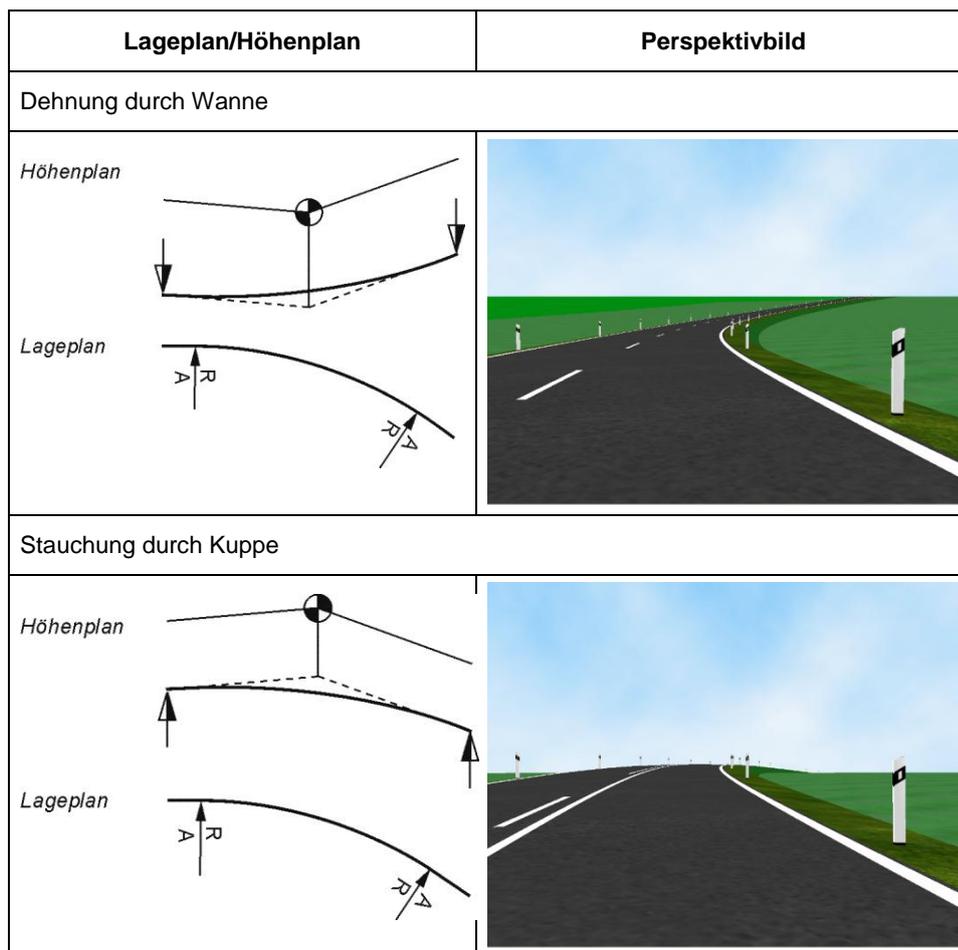


Abbildung 1-8: Dehnung und Stauchung einer Lageplankurve mit gleichem Radius
(RAL, 2012)

Gestalterische Defizite

Unstetigkeiten im Fahrbahnband vermitteln dem Kraftfahrer eine unausgewogene Linienführung (Abbildung 1-9 und Abbildung 1-10).

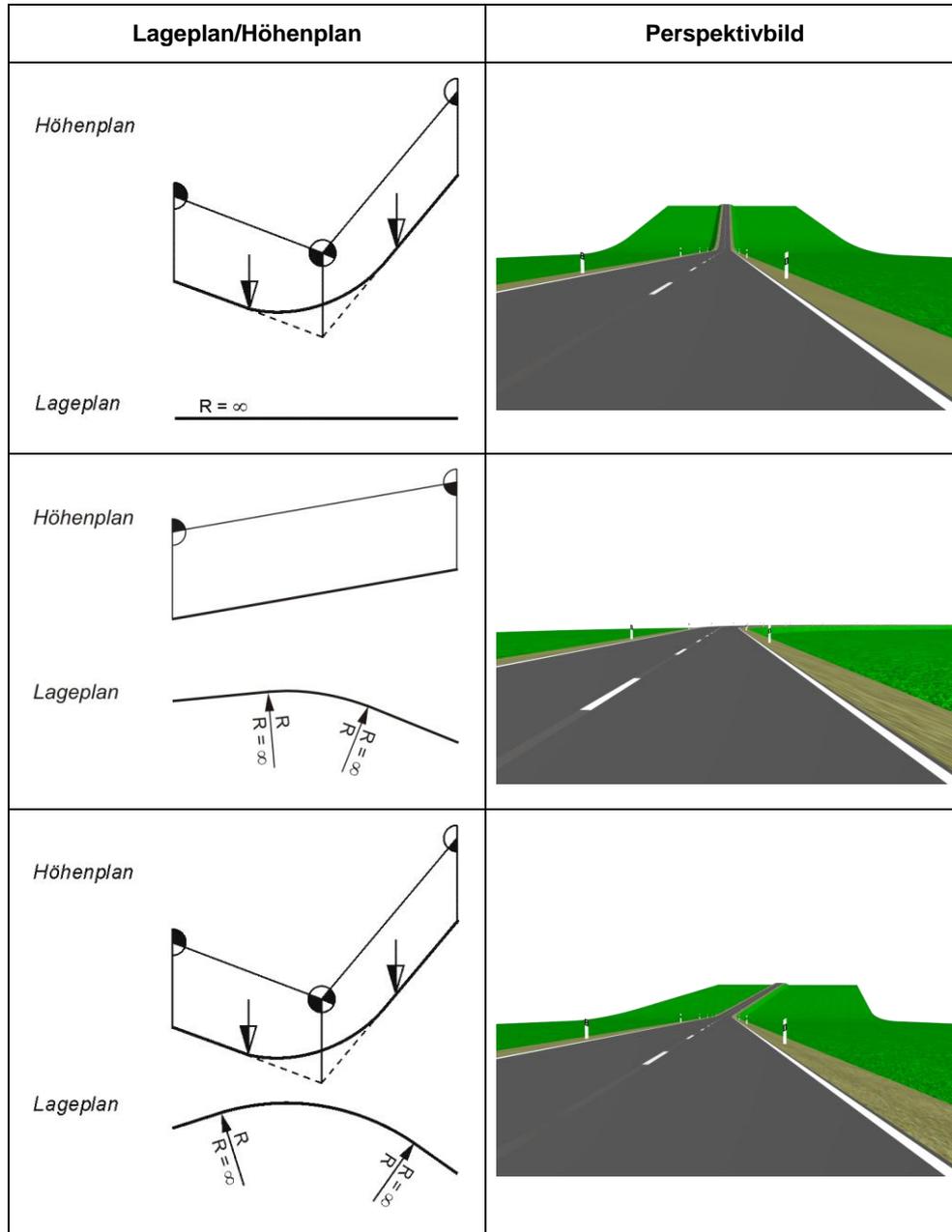


Abbildung 1-9: Gestalterische Defizite – Knicke (RAL, 2012)

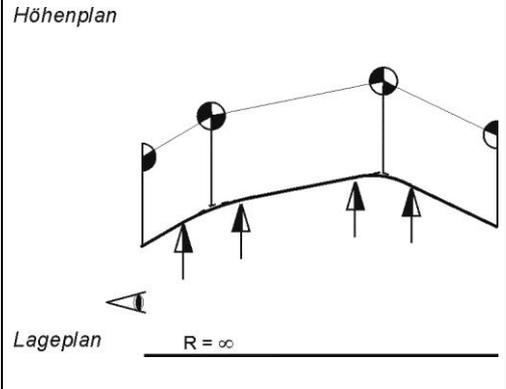
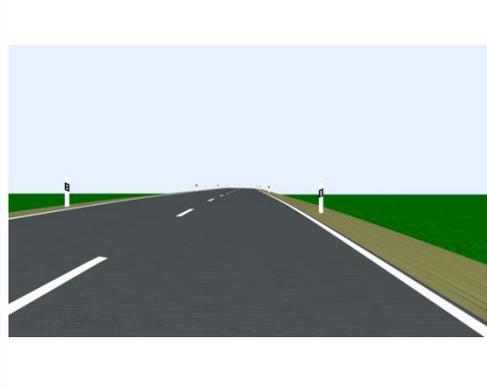
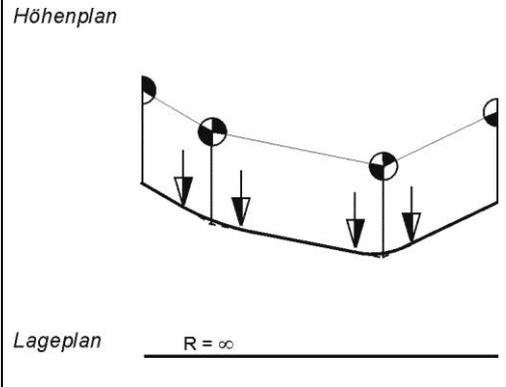
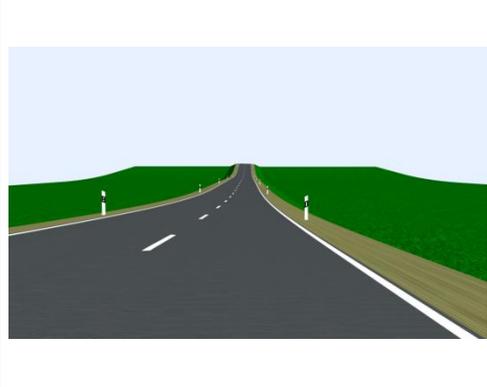
Lageplan/Höhenplan	Perspektivbild
Abplattung	
<p><i>Höhenplan</i></p>  <p><i>Lageplan</i> $R = \infty$</p>	
Aufwölbung	
<p><i>Höhenplan</i></p>  <p><i>Lageplan</i> $R = \infty$</p>	

Abbildung 1-10: Gestalterische Defizite – Abplattung und Aufwölbung ohne und mit Bauwerk (RAL, 2012)

1.4 Überprüfung der räumlichen Linienführung

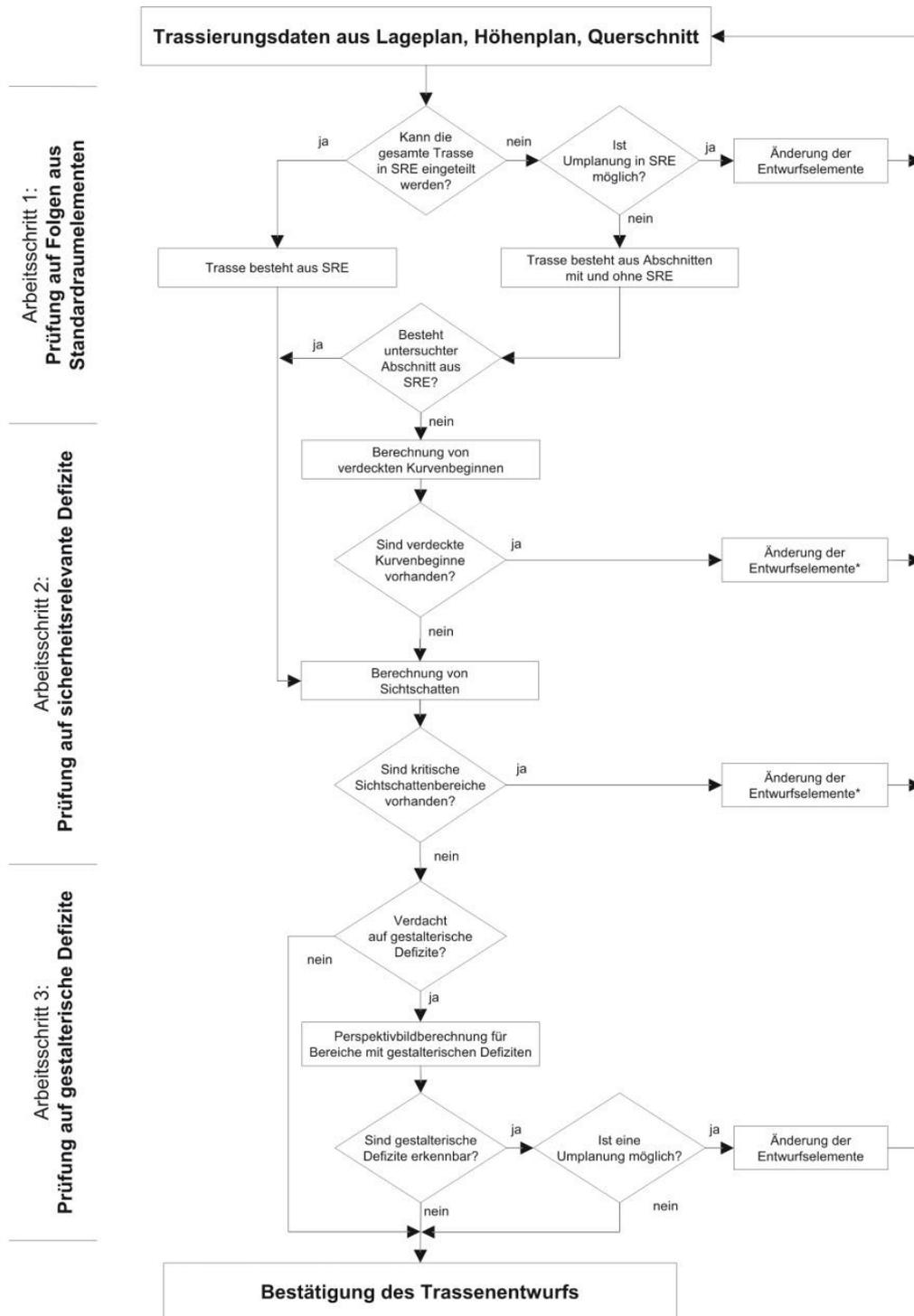
Die Überprüfung der räumlichen Linienführung einer Straße erfolgt im Rahmen eines dreistufigen Verfahrens nach dem H ViSt (2008) (siehe Abbildung 1-11).

Im ersten Arbeitsschritt wird für Trassenabschnitte, die nicht Standarddraumelementen entsprechen, geprüft, ob durch Umplanung eine hinreichende Abstimmung der Lage der Wendepunkte möglich ist.

Für die Abschnitte, die auch danach nicht Standarddraumelementen entsprechen, wird in einem zweiten Arbeitsschritt geprüft, ob die Kurvenanfänge rechtzeitig und ausreichend zu erkennen sind. Darüber hinaus wird für die gesamte Trasse geprüft, ob der Verlauf des Fahrbahnbandes rechtzeitig und ausreichend zu erkennen ist.

Solche sicherheitskritischen Defizite sind grundsätzlich durch Änderung der Entwurfselemente im Lage- und/oder Höhenplan zu beseitigen. Darauf kann aber verzichtet werden, wenn

anhand von Perspektivbildern bzw. Perspektivbildfolgen nachgewiesen wird, dass der voraus liegende Trassenverlauf für den Kraftfahrer gut erkennbar und begreifbar ist.



* Auf eine Änderung der Entwurfs Elemente kann verzichtet werden, wenn anhand eines Perspektivbilds nachgewiesen wird, dass trotz Vorhandensein eines berechneten Defizits der weitere Streckenverlauf für den Kraftfahrer eindeutig und gut erkennbar ist. Unterschiede zwischen berechneten Defiziten und dem erstellten Perspektivbild können entstehen bei:

- geringen Richtungsänderungen bei großen Radien
- nicht sichtbarem (aber theoretischem) Wiederauftauchen der Strecke insbesondere bei flachem Gelände
- Vorhandensein von unterstützenden dauerhaften Objekten im Straßenraum (z. B. Böschungen)

Abbildung 1-11: Prüfablauf zur räumlichen Linienführung (HViSt, 2008)

In einem dritten Arbeitsschritt wird die Trasse durch die qualitative Analyse von Lage- und Höhenplan unter gezielter Verwendung berechneter Perspektivbilder aus Fahrersicht auf gestalterische Defizite geprüft. Die o.a. Beispieldarstellungen dienen dabei als Hilfestellung. Gestalterische Defizite können akzeptiert werden, wenn Änderungen am Entwurf mit vertretbarem Aufwand nicht möglich sind.

1.5 Quantitative Überprüfung der räumlichen Linienführung

Für die Überprüfung der Trassierung auf Sichtschattenstrecken und verdeckte Kurvenbeginne geben letztendlich nur quantitative Verfahren Gewissheit, da vor allem Sichtschattenstrecken auch durch die Verwendung von Standardraumelementen und andere planerische Vorgaben nicht ausgeschlossen werden können. Da die Beurteilung dieses Defizits u.a. von der Tiefe des nicht einsehbaren Abschnittes abhängt, sind auch Perspektivbildanalysen nicht zielführend.

Ausgangspunkt für die quantitative Prüfung ist die vorliegende Trassenberechnung mit Hilfe eines CAD-Programms, bei welchem die Achsdaten im Lageplan, die Gradienten im Höhenplan und die Querschnittsdaten in ein digitales Geländemodell überführt werden.

Die vorhandenen Softwaremodule erlauben eine gleichzeitige Überprüfung von kritischen Sichtschattenbereichen und verdeckten Kurvenbeginnen. Deshalb ist eine gemeinsame Prüfung auch für die Trassenabschnitte mit Standardraumelementen zweckmäßig.

Erkannte Defizite können im Rahmen eines Iterationsprozesses durch Veränderung der Entwurfselemente im Lage- und Höhenplan beseitigt werden.

Um die sicherheitsrelevanten Defizite eines Streckenabschnitts besser beurteilen zu können, können die Prüfergebnisse der quantitativen Kontrollgrößen in einem Eigenschaftsband – dem Sichtschattenband – dargestellt werden.

Dabei werden Sichtschatten in der Regel in einem Stationsintervall von 20 m berechnet. Kritische Sichtschattenbereiche sind im Sichtschattenband daran zu erkennen, dass über mindestens 3 Stationen (entspricht einem Abschnitt zwischen 40 und 80 m) eine Sichtschattentiefe s_t von mehr als 0,75 m angezeigt wird (rote Farbgebung) und die Fahrbahn für den Fahrer in einer Entfernung von maximal 600 m wieder sichtbar wird (Abbildung 1-12).

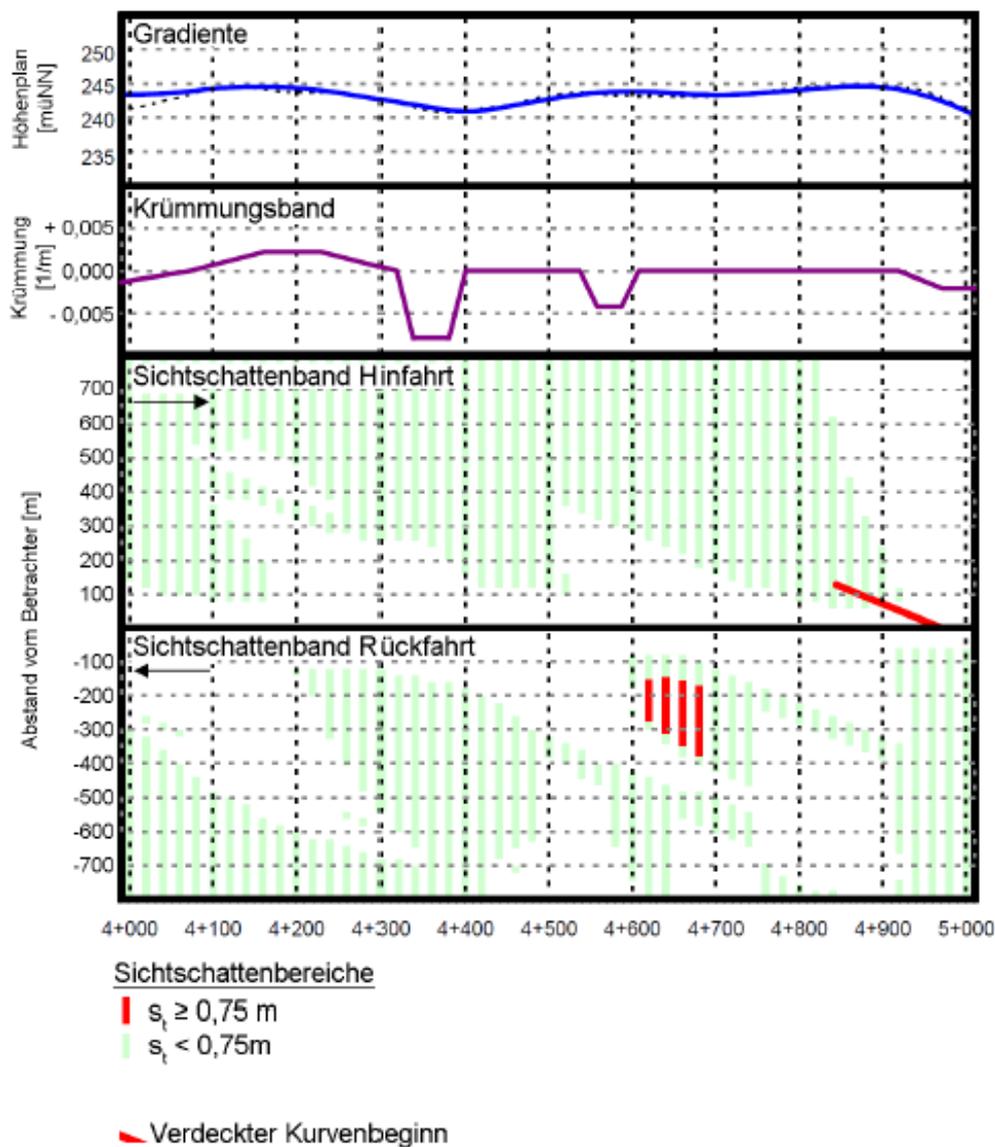


Abbildung 1-12: Beispiel für ein Sichtschattenband (Ausschnitt) mit kritischem Sichtschattenbereich und verdecktem Kurvenbeginn (H ViSt, 2008)

Das Beispiel zeigt einen kritischen Sichtschattenbereich zwischen den Stationen 4+620 und 4+680 entgegen der Stationierungsrichtung (unteres Sichtschattenband). Nicht einsehbare Straßenabschnitte, in denen die Sichtschattentiefe kleiner als 0,75 m ist, werden hellgrün dargestellt, um den für die Beurteilung von Kurvenbeginnen relevanten Grenzpunkt zwischen sichtbaren und unsichtbaren Bereichen zu markieren.

Das Sichtschattenband zeigt die Kontrollgrößen für beide Fahrrichtungen (Hin- und Rückfahrt) an. Die Entfernung vom Augpunkt wird für die Stationierungsrichtung nach oben, für die Gegenrichtung nach unten abgelesen.

Verdeckte Kurvenbeginne werden im Sichtschattenband durch eine schräg verlaufende rote Linie dargestellt, die für jede Augpunktstation die aktuelle Entfernung zum Punkt der relevanten Richtungsänderung (3,5 gon) verbindet. Diese Linie beginnt 75 m vor dem Kurvenbeginn und endet am Punkt der relevanten Richtungsänderung.

Das Beispiel zeigt einen verdeckten Kurvenbeginn zwischen Station 4+840 und 4+960 in Stationierungsrichtung. 75 m vor dem Klothoidenbeginn (ca. 4+920) müsste die relevante Richtungsänderung von 3,5 gon (ca. 4+960) erkennbar sein. Bei Station 4+840 liegt allerdings der Beginn der unsichtbaren Fahrbahnoberfläche – im Farbbalken des oberen Feldes der Anfang des grünen Bereiches – näher zum Augpunkt als die gezeichnete diagonale Linie, welche die aktuelle Entfernung zur relevanten Richtungsänderung anzeigt.

Die Linie wird dann als Zeichen für eine ausreichende Erkennbarkeit des Kurvenbeginns nicht gezeichnet, wenn der Punkt der relevanten Richtungsänderung näher zum Augpunkt liegt als der Beginn der unsichtbaren Fahrbahnoberfläche.

1.6 Verständnisfragen

- Welche zwei Hauptvorteile bietet eine Überlagerung der Wendepunkte in Lage- und Höhenplan?
- Welche negativen Folgen hat es in der Regel, wenn ein Lageplanelement von mehreren Höhenplanelementen überlagert wird?
- Welches Unfallmuster ist der Hauptgrund, Strecken mit Abschnitten des Tauchens vermeiden zu wollen?
- Wie groß ist die Richtungsänderung einer vorausliegenden Kurve, die mindestens einsehbar sein sollte?
- Wie können optische Knicke vermieden werden?
- Welches Verhältnis zwischen Lage- und Höhenplanelement sollte nicht überschritten werden?
- Mit welcher Darstellung können sicherheitsrelevante Defizite in der räumlichen Linieneinführung aufgezeigt werden?

2 Entwurfselemente der Sicht

Die Sichtweite hat einen bedeutenden Einfluss auf die Sicherheit, Leistungsfähigkeit und den Fahrkomfort und ist daher beim Entwurf einer Straße als Parameter zu gewährleisten. Somit ist es erforderlich, bereits im Entwurfsstadium Sichtweitenanalysen durchzuführen. Zudem ist die Sichtweite als eindimensionale Größe ein charakteristisches und quantifizierbares Merkmal zur Beschreibung der räumlichen Linienführung.

Es werden mehrere Arten von Sichtweiten unterschieden, die zum Teil vom Fahrer selbst zu beachten sind oder vom entwerfenden Ingenieur eingehalten werden müssen:

- Die wahrnehmungsphysiologische Sichtweite ist definiert als der Abstand, aus dem ein Fahrer mit gegebener Sehschärfe ein Objekt mit gegebener Charakteristik (Kontrast, Form, Größe) wahrnehmen kann (Aulhorn 1972); sie muss vom Fahrer selbst beachtet werden.
- Die meteorologische Sichtweite ist die wetterbedingte Sichtweite; auch sie muss vom Fahrer selbst beachtet werden.
- Die Tag- und Nachtsichtweite ist die beleuchtungsbedingte Sichtweite, die ebenfalls vom Fahrer beachtet werden muss.
- Die wahrnehmungspsychologische Sichtweite ist dagegen im Straßenentwurf zu gestalten; sie ist definiert als „die Tiefe des Verkehrsraumes, von dem der Fahrer den Eindruck hat, ihn....erfasst zu haben" (Hiersche 1968).
- Die geometrische Sichtweite als Länge des Sehstrahls bis zum Zielpunkt ist ebenfalls im Entwurf zu berücksichtigen.

Die optischen Informationen, die der Fahrer während seiner Fahrt erhält, haben maßgeblichen Einfluss auf die Wahl der Geschwindigkeit. Eine wichtige Information ist die Sichtweite, weitere kommen aus der Straßenraumgestaltung. Für das Verhalten des Fahrers ist entscheidend, wie er mit Hilfe seines optischen Wahrnehmungssinnes den Straßenraum als Sichtfeld erfasst und bewertet. Die Informationen aus dem Straßenraum müssen daher eindeutig sein. Um dies zu erreichen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie z.B.:

- Die Linienführung kann großzügig oder bewusst eng erfolgen.
- Es wird eine möglichst große Seitenfreiheit angestrebt oder konsequent eingeengt.
- Eine gute optische Führung wird im Nahbereich durch Sperr- und Leitlinien und in der Tiefe durch Leitpfosten und Kurvenzeichen erzielt.

- Der Einsatz einer zweckmäßigen Beleuchtung und von aufgehellten Belägen verbessert die Sicht.

Zu beachten ist auch, dass mit zunehmender Geschwindigkeit der von den Augen fixierte Punkt in immer größere Entfernung rückt, wodurch sich das Sichtfeld verengt. Die Größe des Sichtfeldes ist somit geschwindigkeitsabhängig (Abbildung 2-1).

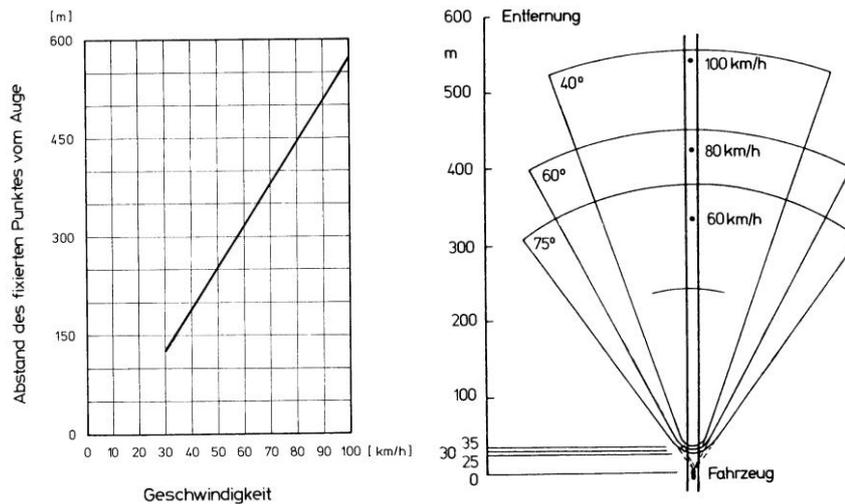


Abbildung 2-1 Abstand des fixierten Punktes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (links); Blickpunkte und Blickwinkel in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit (rechts); (HAV 1995)

Zu den Sichtweiten im Allgemeinen kann zusammenfassend festgehalten werden, dass

- das Fahrverhalten von der Summe aller optischen Informationen, die der Fahrer im Verlauf seiner Fahrt verarbeiten muss, bestimmt wird;
- zwischen der Sichtweite und der mittleren Geschwindigkeit ein Zusammenhang besteht;
- die Sichtverhältnisse in Richtung und Gegenrichtung unterschiedlich sind und somit getrennt erfasst werden müssen;
- die Gewährleistung ausreichender physiologischer und psychologischer Sichtweiten für den Kraftfahrer maßgebend ist, damit er den Fahrraum rechtzeitig erfassen kann. Das ermöglicht ihm, bei plötzlich veränderten Anforderungen Entscheidungen zu treffen und dementsprechend zu handeln.

2.1 Psychologische und physiologische Sichtweiten

Die psychologischen und physiologischen Sichtweiten waren in den 70er Jahren Gegenstand mehrerer Untersuchungen, die zum Ziel hatten, die tatsächlichen Sichtverhältnisse zu

beschreiben. Der Verkehrsraum muss demnach so gestaltet sein, dass die aufnehmbaren Informationen das vom Fahrer gewählte Geschwindigkeitsniveau rechtfertigen. Gefordert wird eine Sichtweite, die an jeder Stelle ein Anhalten vor einem plötzlich auftauchenden Hindernis mit einer definierten Verzögerung sicherstellt. Die sogenannte Erfassungssichtweite soll dem Weg entsprechen, den der Fahrer in den nächsten 10 s zurücklegen wird, wodurch es ihm ermöglicht wird, den Fahrraum im Voraus zu beurteilen. Die Erkennbarkeitssichtweite umfasst die Entfernung, in der ein Streckenabschnitt einwandfrei zu überschauen ist. In diesem Zusammenhang wurde der Fahrraum in Zonen eingeteilt, die durch wachsende Aufmerksamkeit und Anspannung gekennzeichnet sind (Abbildung 2-2). Zone 1 liegt im Bereich von 600 bis 250 m und kennzeichnet die Fernorientierung und Information; Zone 2 reicht von 250 bis 75 m und umfasst den Bereich von Bereitschaft und Entscheidung; in Zone 3 bis 75 m findet die Nahorientierung und Handlung statt.

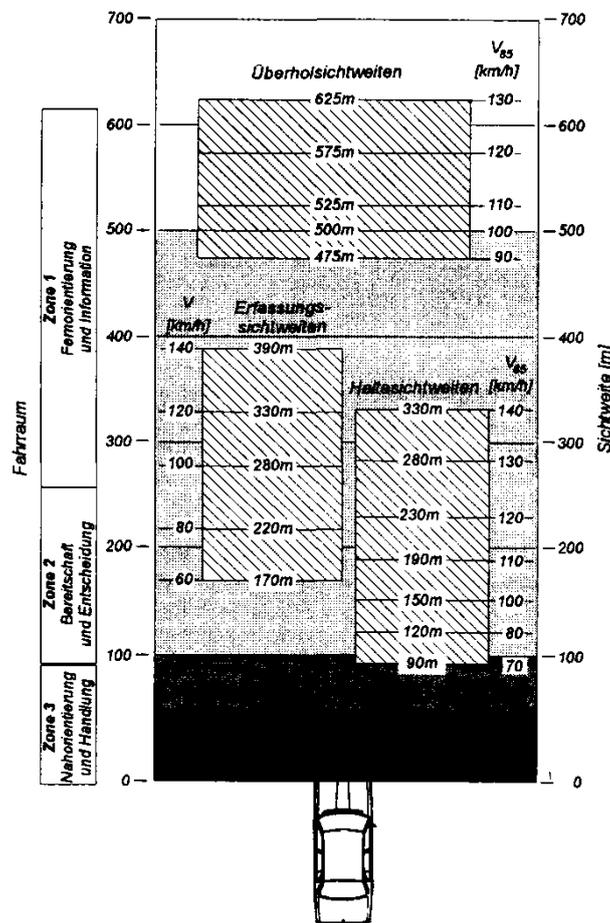


Abbildung 2-2 Unterteilung des Fahrraumes in Sichtweitzonen (WEISE / DURTH)

Direkt anwendbar sind diese psychologischen und physiologischen Sichtweiten im Straßenentwurf jedoch nicht. Für die Festlegung von Entwurfs-elementen muss daher von geometrischen Sichtweiten als Hilfsgrößen ausgegangen werden.

2.2 Geometrische Sichtweiten

Geometrische Sichtweiten sind ein regelndes Element im Entwurf. Daher müssen bestimmte Mindestsichtweiten eingehalten werden: Auf allen Straßen ist jederzeit die erforderliche Haltesichtweite relevant, die ein rechtzeitiges Anhalten vor einem Hindernis ermöglicht. Auf Straßen der Entwurfsklasse EKL 3 sowie auf Straßenabschnitten der EKL 2, auf denen ausnahmsweise das Überholen unter Nutzung des Fahrstreifens des Gegenverkehrs zulässig ist, ist auch die erforderliche Überholsichtweite von Bedeutung, die ein sicheres Überholen ermöglicht.

In die Sichtweitenmodelle fließen dabei fahrdynamische Gesichtspunkte und einige vereinfachte Annahmen über Reaktions- und Auswirkzeiten oder den technischen Zustand von Fahrzeug und Fahrbahn ein, optische und wahrnehmungspsychologische Aspekte bleiben jedoch unberücksichtigt.

2.2.1 Haltesichtweiten

Als Haltesichtweite S_h wird die Strecke bezeichnet, die ein mit seiner Ausgangsgeschwindigkeit fahrender Fahrer benötigt, um sein Fahrzeug vor einem unerwartet auftretendem Hindernis auf der Fahrbahn zum Halten zu bringen. Sie setzt sich aus dem Weg während der Reaktions- und Auswirkdauer (S_1) und dem reinen Bremsweg (S_2) zusammen und entspricht dem Anhalteweg eines Kraftfahrzeuges:

$$S_h = S_1 + S_2$$

S_1 ist der lineare Anteil des Anhalteweges, da das Fahrzeug während der Reaktions- und Auswirkdauer mit konstanter Geschwindigkeit V_1 weiterfährt (Abbildung 2-3)

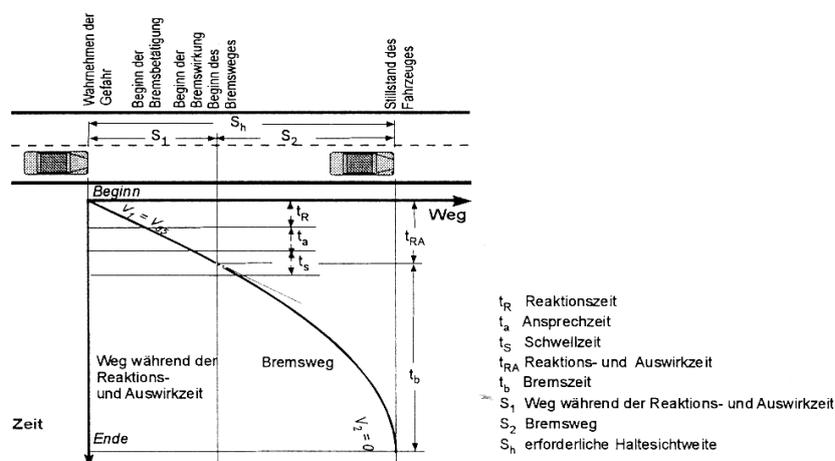


Abbildung 2-3 Modell zur Bestimmung der erforderlichen Haltesichtweite (WEISE / DURTH)

$$S_1 = v \cdot t_R \rightarrow S_1 = \frac{V_1}{3,6} \cdot t_R$$

S_2 umfasst den variablen Anteil des Anhalteweges und ist abhängig von der erreichbaren Bremsverzögerung a .

$$S_2 = \int_{t_0}^{t_1} v \, dt$$

mit

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dt = \frac{dv}{a}$$

wird

$$S_2 = \int_{v_2}^{v_1} \frac{v}{a} \, dv = \int_{v_2}^{v_1} \frac{V}{3,6^2 \cdot a} \, dV$$

Die Größe der Bremsverzögerung hängt von der unter definierten Bedingungen (z.B. Gleitbeiwert auf nasser Fahrbahn) erreichbaren Bremskraft F_{Brems} des Fahrzeuges sowie den dem Fahrzeug entgegenwirkenden Widerstandskräften ab. Als äußere Fahrwiderstände werden der Steigungs- und der Luftwiderstand betrachtet. Damit ergibt sich für die maximale Bremskraft:

$$F_{\text{Brems}} = m \cdot a = W_{\text{Reibung}} + W_{\text{Steigung}} + W_{\text{Luft}}$$

Das in den RAL verwendete Modell des reinen Bremsweges basiert auf der Erkenntnis, dass mit Antiblockiersystem (ABS) ausgestattete Fahrzeuge eine über den gesamten Geschwindigkeitsbereich während des Bremsvorganges annähernd konstante Bremsverzögerung gewährleisten, da dieses System den Schlupf dahingehend optimiert, dass ein optimaler Kraftschluss genutzt werden kann, der höher liegt als bei gleitendem Rad.

Demgegenüber tritt bei Bremsungen mit Fahrzeugen ohne ABS (gleitendes Rad) eine mit geringer werdender Geschwindigkeit ansteigende Verzögerung auf.

Bremswegberechnung bei gleitendem Rad

Für den Fall ohne ABS lässt sich nach Rückführung auf die spezifischen Kräfte die erreichbare Bremsverzögerung berechnen:

$$F_{\text{Brems}} = m \cdot a = f_T(V) \cdot m \cdot g + \frac{s}{100} \cdot m \cdot g + f(V)$$

$$a = g \cdot \left(f_T(V) + \frac{s}{100} + \frac{W_{\text{Luft}}}{G} \right)$$

Durch Einsetzen von a in das Integral folgt die anwendungsbezogene Formulierung der Gleichung:

$$S_2 = \frac{1}{3,6^2 \cdot g} \cdot \int_{V_2}^{V_1} \frac{V}{\left(f_T(V) + \frac{s}{100} + \frac{W_{\text{Luft}}}{G} \right)} dV$$

S_h	Haltesichtweite	[m]
S_1	Weg während der Reaktions- und Auswirkdauer	[m]
S_2	Weg während des Bremsvorganges	[m]
v	Geschwindigkeit	[m/s]
V_1	Geschwindigkeit bei Beginn der Bremsung	[km/h]
V_2	Geschwindigkeit am Ende der Bremsung	[km/h]
t_R	Reaktions- und Auswirkdauer (2 sec)	[s]
g	Erdbeschleunigung	[m/s ²]
a	Bremsverzögerung	[m/s ²]
$f_T(V)$	tangentialer Kraftschlussbeiwert	[-]
s	Längsneigung (positiv: Steigung, negativ: Gefälle)	[%]
W_L	Luftwiderstand eines Pkw	[N]
G	Gewicht eines Pkw	[N]

Bremswegberechnung mit konstanter Verzögerung

Für die Randbedingungen nach RAL lässt sich die Komponente S_2 für Haltesichtweiten nach folgender Gleichung unter Verwendung der mittleren Bremsverzögerung a ermitteln:

$$S_2 = \frac{1}{2 \cdot 3,6^2} \cdot \frac{V_0^2}{a + \frac{g \cdot s}{100}}$$

mit:	S_2 = reiner Bremsweg	[m]
	V_0 = Geschwindigkeit bei Beginn der Bremsung	[km/h]
	g = Erdbeschleunigung	[m/s ²]
	a = Mittlere Bremsverzögerung	[m/s ²]
	s = Längsneigung (positiv: Steigung, negativ: Gefälle)	[%]

Für die Festlegung der erforderlichen Haltesichtweite wird in den RAL eine mittlere Bremsverzögerung von 3,7 m/s² verwendet. Dieser Wert basiert auf empirisch ermittelten möglichen Bremsverzögerungen, berücksichtigt aber eine Fahrbahngriffigkeit in Höhe des

Schwellenwertes sowie unterdurchschnittliche Fahrzeug- und Reifeneigenschaften, so dass davon auszugehen ist, dass dieser Verzögerungswert jederzeit erzielbar ist.

Unter Anwendung der Geschwindigkeitsbegriffe der RAL kennzeichnet die erforderliche Haltesichtweite die Entfernung, aus der Hindernisse auf der Fahrbahn an jeder Stelle mindestens erkennbar sein müssen, um dem Kraftfahrer beim Befahren mit der planerisch angemessenen Geschwindigkeit auch auf nasser Fahrbahn ein rechtzeitiges Anhalten zu ermöglichen). Abbildung 2-4 zeigt die erforderliche Haltesichtweite in Abhängigkeit von der Entwurfsklasse und der Längsneigung.

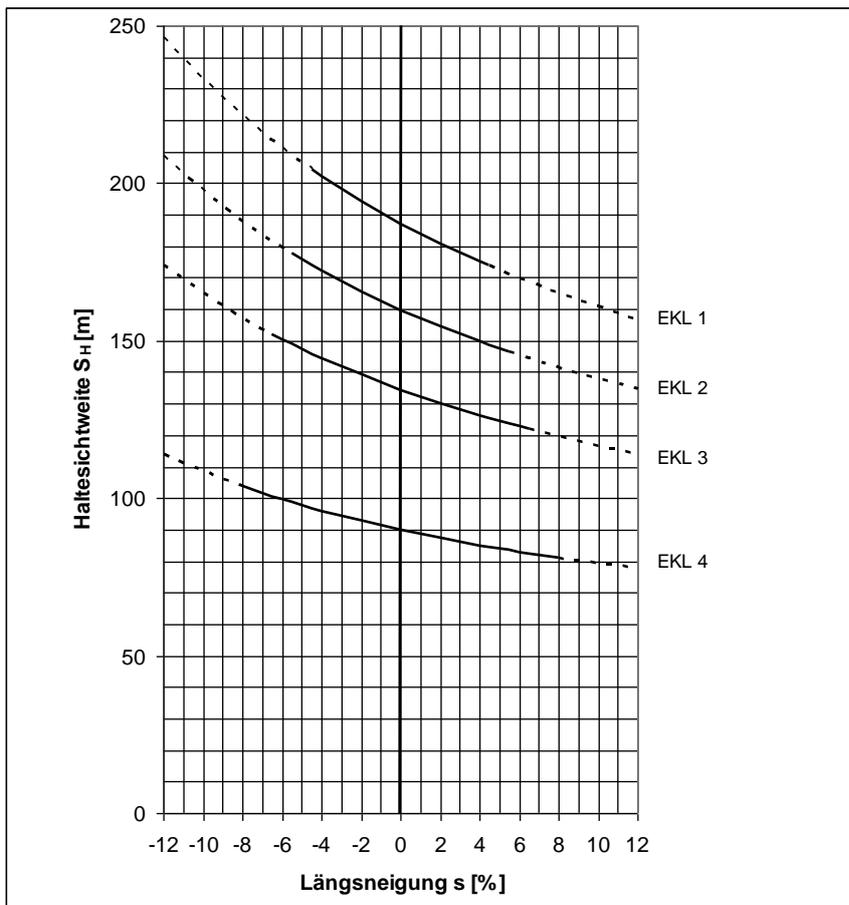


Abbildung 2-4: Erforderliche Haltesichtweite S_h [m] (RAL, 2012)

Um dem Fahrer eine rechtzeitige Orientierung über den vor ihm liegenden Straßenverlauf und dadurch ein Fahren ohne erhöhte Aufmerksamkeitsanforderungen zu ermöglichen, sind in der Regel größere Sichtweiten als die erforderlichen Haltesichtweiten notwendig. Diese Orientierungssichtweiten liegen ungefähr 30 % über den für die jeweilige Entwurfsklasse erforderlichen Haltesichtweiten. Sie sollten auf dem größten Teil der Strecke gegeben sein.

Haltesichtweite in Kuppen

Die Mindestausrundungshalbmesser für Kuppen werden generell durch das Kriterium der Sicht bestimmt, die daraus abgeleiteten empfohlenen Werte nach RAL berücksichtigen allerdings auch Anforderungen aus der Orientierungssichtweite, so dass die Verwendung der Regelwerte für H_k größere Sichtweiten gewährleistet als die erforderlichen Mindestsichtweiten. Zwischen dem Kuppenmindesthalbmesser $\min H_k$, der Haltesichtweite S_h , der Höhe des Augenpunktes h_A und der Höhe des Zielpunktes h_Z besteht der in Abbildung 2-5 gezeigte geometrische Zusammenhang.

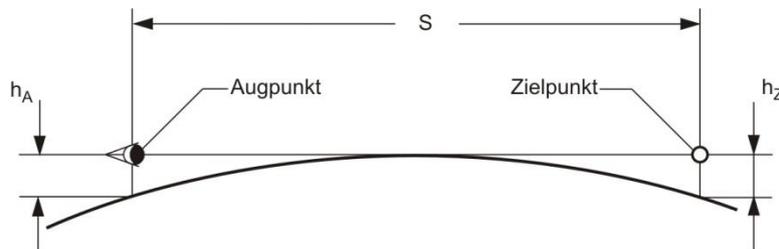


Abbildung 2-5 Geometrisches Bemessungsmodell für Haltesichtweiten in Kuppen (RAL, 2012)

Die Berechnung der vorhandenen Haltesichtweite S_h ergibt sich somit zu:

$$S_h = \sqrt{2 \cdot H_k} \cdot (\sqrt{h_A} + \sqrt{h_Z})$$

Für die Gewährleistung der erforderlichen Haltesichtweite in Kuppen berechnet sich ein Kuppenmindesthalbmesser von:

$$\min H_k = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S_h}{\sqrt{h_A} + \sqrt{h_Z}} \right)^2$$

Dabei gelten folgende Modellannahmen:

- Der gesamte Anhalteweg liegt im Kuppenbereich bei einer mittleren Längsneigung von $s_m = \pm 0 \%$ (eine Hälfte liegt vor, eine Hälfte nach dem höchsten Punkt der Ausrundung).
- Augenhöhe $h_A = 1 \text{ m}$
- Zielhöhe $h_Z = 1 \text{ m}$ (u.a. Stauende)

Haltesichtweiten in Linkskurven auf Richtungsfahrbahnen

Gesondert betrachtet werden muss die Gewährleistung der Haltesichtweite in Linkskurven auf Richtungsfahrbahnen. Die Einhaltung der Kurvenmindestradien gewährleistet nicht zwangsläufig, dass die erforderliche Sichtweite insbesondere bei der Fahrt auf dem linken Fahrstreifen einer Richtungsfahrbahn eingehalten wird. Schutzplanken oder Bepflanzungen können Hindernisse darstellen, die den Sichtstrahl über den Mittelstreifen hinaus unterbrechen.

Die Sichtweite wird maßgeblich beeinflusst vom Kurvenradius und dem Abstand des Sichthindernisses vom Fahrer. Dieser Abstand hängt wiederum von der Querschnittsgestaltung und dem Spurverhalten der Kraftfahrer ab. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wurde das in Abbildung 2-6 dargestellte Modell zur Ermittlung der Sichtweiten auf Richtungsfahrbahnen in Linkskurven entwickelt. Für die praktische Berechnung wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Das Fahrzeug fährt so auf dem linken Fahrstreifen, dass sich der Augpunkt des Fahrers unabhängig von der Breite des Fahrstreifens im Abstand $b = 1,80$ m vom linken Fahrstreifenrand befindet.
- Der Zielpunkt befindet sich ebenfalls in einem konstanten Abstand $b = 1,80$ m vom linken Fahrstreifenrand.

Das Modell setzt auch hier voraus, dass flache Hindernisse keine erhebliche Gefahr darstellen, ein Stauende aber rechtzeitig erkannt werden muss.

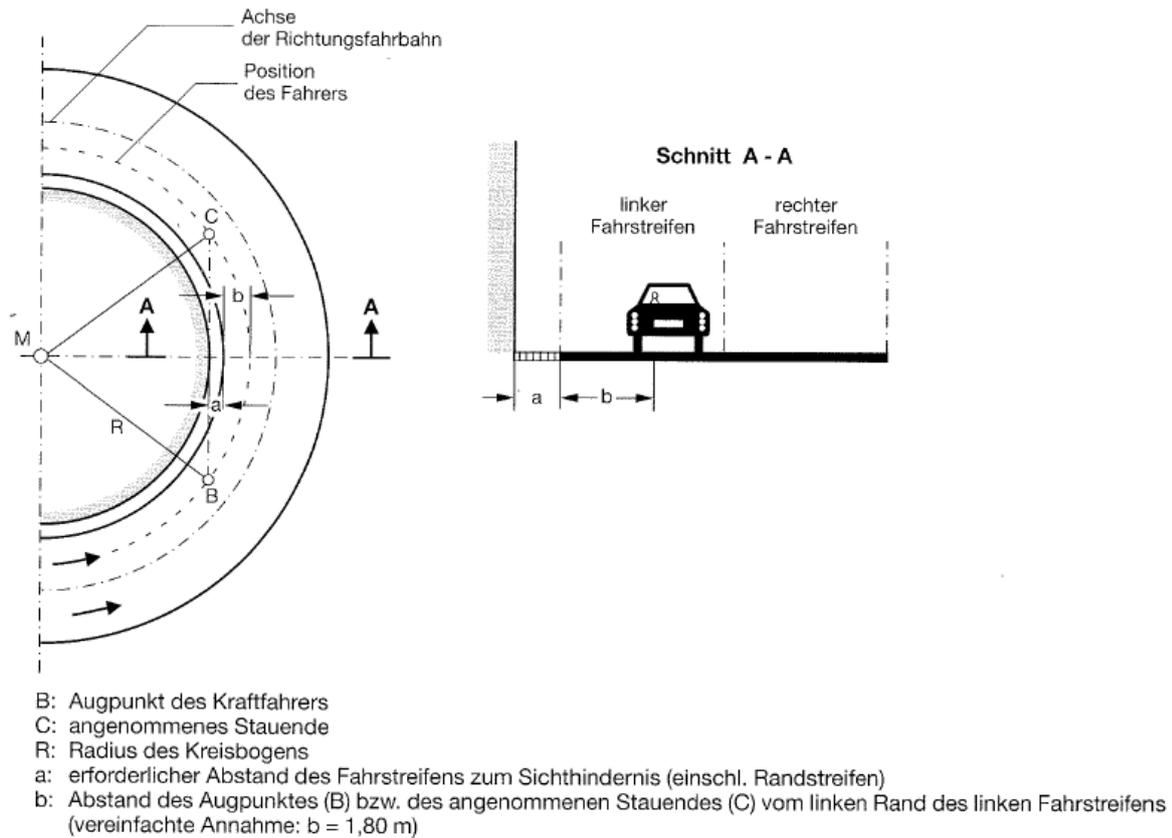


Abbildung 2-6 Geometrisches Modell zur Ermittlung der Sichtweiten auf Richtungsfahrbahnen in Linkskurven nach RAA (2008)

Der Abstand a kennzeichnet den Abstand des linken Fahrstreifenrandes zum Sichthindernis. Er ist je nach Regelquerschnitt unterschiedlich.

Aus Abbildung 2-7 kann der für die Gewährleistung der Haltesichtweite erforderliche Abstand a eines Sichthindernisses vom Fahrbahnrand in Abhängigkeit von der erforderlichen Haltesichtweite, der Geschwindigkeit, dem Kurvenradius und der Längsneigung entnommen werden. Dieser Wert muss mit dem vorhandenen Abstand a bei richtliniengerechtem Ausbau verglichen werden.

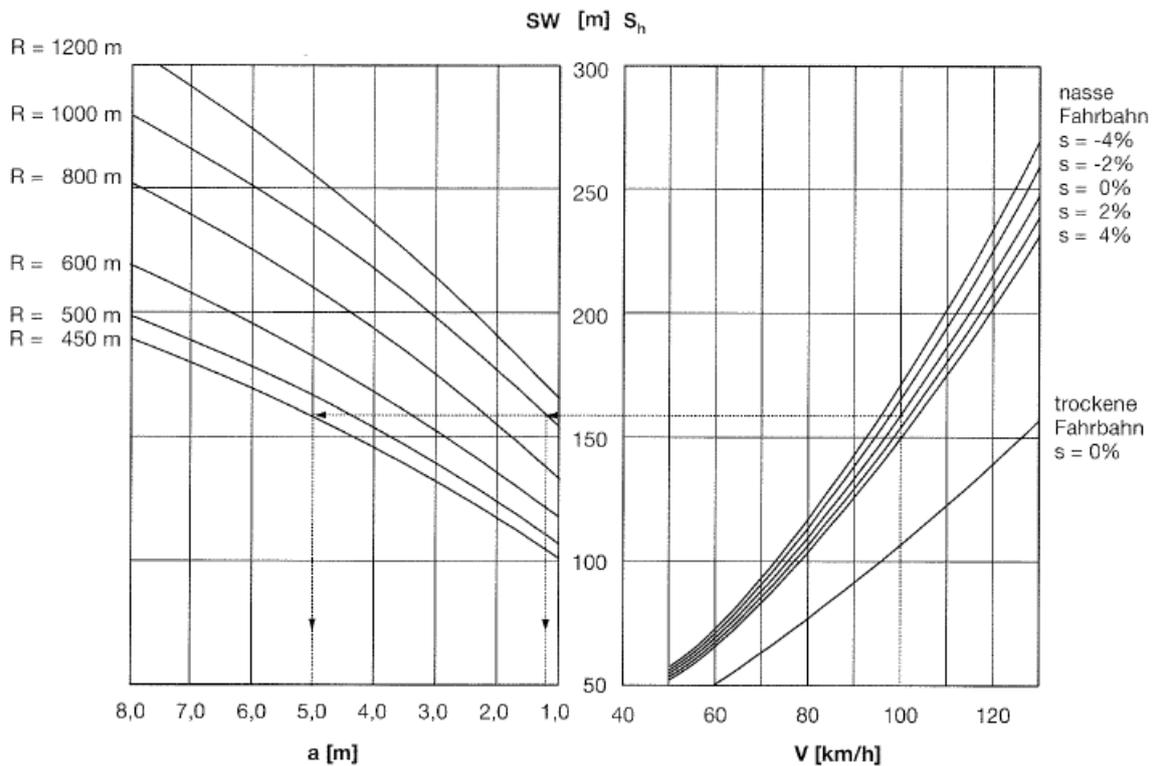


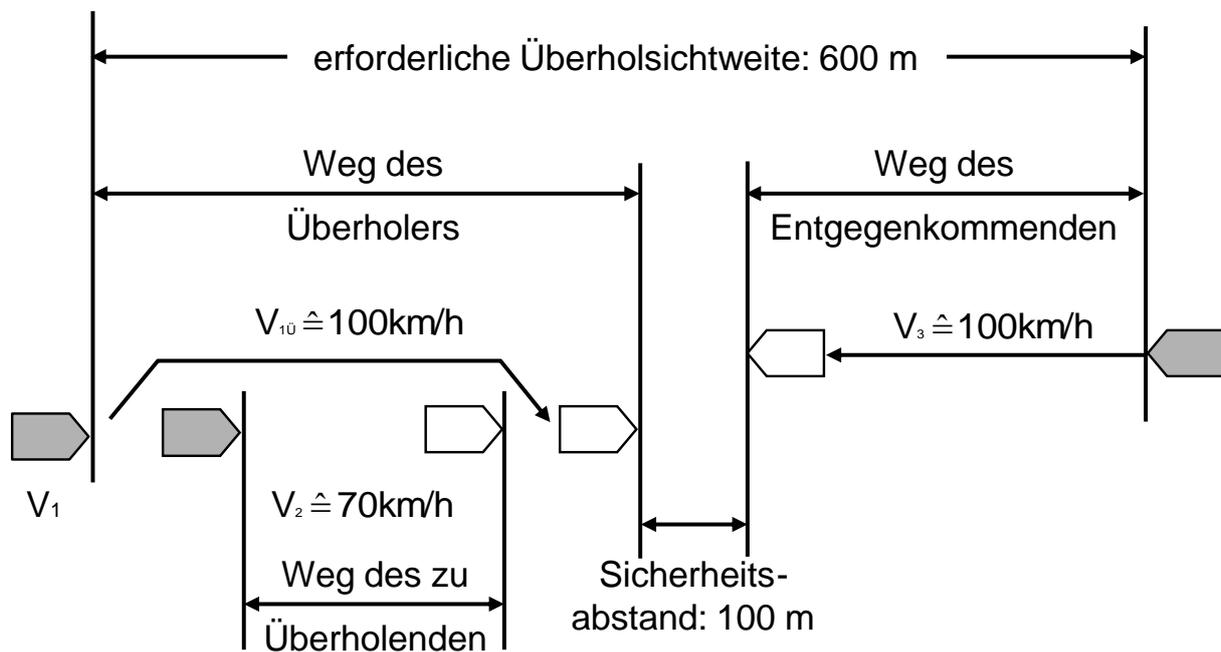
Abbildung 2-7 Erforderliche Haltesichtweite und erforderliche Abstände zwischen dem linken Rand des inneren Fahrstreifens einer Richtungsfahrbahn und Sichthindernissen im Mittelstreifen (RAA 2008)

Bei Radien im Bereich der Grenzwerte kann die erforderliche Haltesichtweite auf den linken Fahrstreifen von Richtungsfahrbahnen bei ebener Gradiente nur eingehalten werden, wenn im Mittelstreifen auf Fahrzeug-Rückhalteeinrichtungen mit einer Höhe von mehr als 0,90 m und auf Bewuchs verzichtet wird, d.h. der Sichtstrahl zwischen Aug- und Zielpunkt über die Schutzeinrichtung hinweg führt. Ob Fahrzeug-Rückhalteeinrichtungen im Mittelstreifen bei den tatsächlichen Trassierungsverhältnissen in Lage- und Höhenplan ein Sichthindernis darstellen, ist deshalb durch eine räumliche Sichtweitenüberprüfung zu prüfen.

2.2.2 Überholweiten

Nach den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, 2012) ist für die Entwurfsklassen EKL 1 und EKL 2 vorgesehen, dass Überholvorgänge nur noch in Bereichen zulässig sind, in denen Überholfahrstreifen bzw. Richtungsfahrbahnen mit mindestens zwei Fahrstreifen vorhanden sind. Überholvorgänge unter Verwendung des Fahrstreifens des Gegenverkehrs sind daher seitens der Richtlinien nur noch in der Entwurfsklasse EKL 3 und ausnahmsweise in besonders übersichtlichen Streckenabschnitten der EKL 2 vorgesehen, die Querschnitts-

breite und –aufteilung des Regelquerschnittes der EKL 4 schließen in Verbindung mit den maximal zulässigen Verkehrsmengen auf diesen Straßen Überholvorgänge in der Regel aus. Damit ein Überholvorgang unter Verwendung des Fahrstreifens des Gegenverkehrs sicher ausgeführt werden kann, ist eine bestimmte Strecke notwendig. Diese wird als erforderliche Überholsichtweite $S_{\bar{u}}$ bezeichnet und setzt sich zusammen aus dem Weg des Überholenden und dem Weg des Entgegenkommenden, den diese während der Dauer des Überholvorganges zurücklegen, sowie einem Sicherheitsabstand zwischen diesen beiden Fahrzeugen am Ende des Überholvorganges (Abbildung 2-8).



Legende:

-  Fahrzeug zu Beginn des Überholvorganges
-  Fahrzeug am Ende des Überholvorganges

Abbildung 2-8 Modell zur Bemessung der Überholsichtweite (WEISE / DURTH (1997) mit Werten gemäß RAL, 2012))

Die Überholsichtweite ist somit abhängig von der Geschwindigkeit. Fahrdynamische Berechnungen zur Bestimmung der Überholsichtweite haben sich wegen der Streuung der Ausgangs- und Verhaltenswerte nicht durchgesetzt.

Da in den höherrangigen Entwurfsklassen von Landstraßen (EKL 1 und EKL 2) keine bzw. nur im Ausnahmefall ungesicherte Überholvorgänge unter Nutzung des Fahrstreifens des Gegenverkehrs mehr vorgesehen sind, erübrigt sich die Festlegung eines in früheren Regel-

werken vorgesehenen Mindestanteils von Streckenabschnitten mit ausreichender Überhol-sichtweite. Aus Untersuchungen zum Fahrverhalten und Unfallgeschehen ist bekannt, dass im Bereich geringer Sichtweiten nahe der Haltesichtweite kaum Überholvorgänge durchge-führt werden. Liegen die Werte der Sichtweiten jedoch zwischen der halben und der vollen Überhol-sichtweite, dann steigt die Bereitschaft der Kraftfahrer zu gefährlichen Überholvor-gängen. Dies beeinträchtigt die Verkehrssicherheit, weshalb der Entwurf immer bezüglich Sichtweiten, die in diesem Bereich liegen, kontrolliert werden muss.

2.3 Sichtweitenkontrollen

Mit der Beachtung der Mindestwerte bei den Entwurfselementen ist nicht zwangsläufig ge-währleistet, dass die erforderlichen Sichtweiten eingehalten werden. Aus Sicherheitsgründen ist daher zu prüfen, ob an jeder Stelle die vorhandene Sichtweite größer ist als die erforder-liche Haltesichtweite. Dies erfolgt abschnittsweise. Beim Vergleich der vorhandenen Sicht-weiten mit den erforderlichen Haltesichtweiten ist für jeden Abschnitt von der innerhalb der erforderlichen Haltesichtweite gemittelten Längsneigung auszugehen. Unterschreitet die vor-handene Sichtweite bei örtlichen Zwangsbedingungen die erforderliche Haltesichtweite, ist eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zumindest bei Nässe erforderlich.

Da wie bereits erläutert in den höherrangigen Entwurfsklassen von Landstraßen (EKL 1 und EKL 2) keine bzw. nur im Ausnahmefall ungesicherte Überholvorgänge unter Nutzung des Fahrstreifens des Gegenverkehrs mehr vorgesehen sind und aufgrund der Fahrweiten auf Straßen der EKL 3 nur in begrenztem Umfang Überholmöglichkeiten bereitzustellen sind, ist vorwiegend zu prüfen, ob die Fahrer auf für Überholvorgänge unzureichende Sichtweiten hinzuweisen sind.

Für den Fahrer ist nicht eindeutig erkennbar, in welchem Ausmaß die Sicht durch eine Kup-pe verringert wird. Dies kann auch bei Kurven mit unscharfem Rand des Sichtfeldes auftre-ten. In solchen Fällen ist bei Straßen der EKL 3 dort, wo die vorhandene Sichtweite 350 m unterschreitet, ein Überholverbot zweckmäßig.

Das Überholverbot wird durch eine 105 m lange Warnlinie mit drei Vorankündigungspfeilen (Zeichen 297.1 StVO) angekündigt. Die nachfolgende Fahrstreifenbegrenzungslinie (Zeichen 295 StVO) erstreckt sich bis zu der Stelle, wo die vorhandene Sichtweite 450 m wieder über-schreitet. Ist das Überholen für den Gegenverkehr in diesem Bereich möglich, kann die Mar-kierung als einseitige Fahrstreifenbegrenzungslinie (Zeichen 296 StVO) ausgeführt werden.

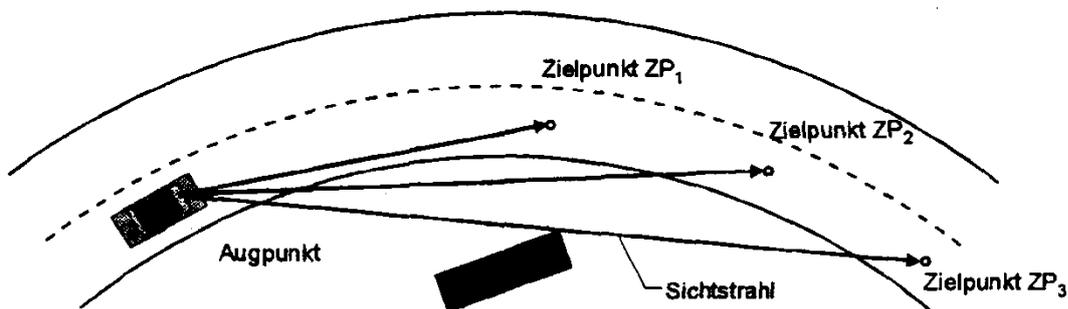
Entstehen zwischen den so bestimmten Fahrstreifenbegrenzungslinien einschließlich der vorauslaufenden Warnlinien Abschnitte mit Leitlinien von weniger als 50 m Länge, sollten die

Fahrfstreifenbegrenzungslinien zusammengefasst werden. In diesem Fall soll auf eine evtl. vorgesehene einseitige Fahrfstreifenbegrenzungslinie verzichtet werden.

Die tatsächlich vorhandenen Sichtweiten sind ein Ergebnis aus Linienführung, Querschnitt und Straßenumfeld. Für die Ermittlung der vorhandenen Sichtweiten gilt:

- Sie muss unter Berücksichtigung des Straßenraumes durchgeführt werden. Dabei sind alle Straßenausstattungsgegenstände sowie die vorhandene und vorgesehene Bepflanzung zu berücksichtigen.
- Sie ist für jede Sichtweitenart (Halte- und Überholsichtweite) und für jede der beiden Fahrtrichtungen getrennt vorzunehmen.
- Den Ermittlungen sind als Eingangsgrößen für Aug- und Zielpunkt jeweils Höhen von 1 m zugrunde zu legen.
- Die Lage des Aug- und Zielpunktes, getrennt nach Halte- und Überholsichtweite, ist in Abbildung 2-9 enthalten.

Möglicher Verlauf des Sichtstrahls vom Aug- zum Zielpunkt bei der Haltesichtweite



Möglicher Verlauf des Sichtstrahls vom Aug- zum Zielpunkt bei der Überholsichtweite

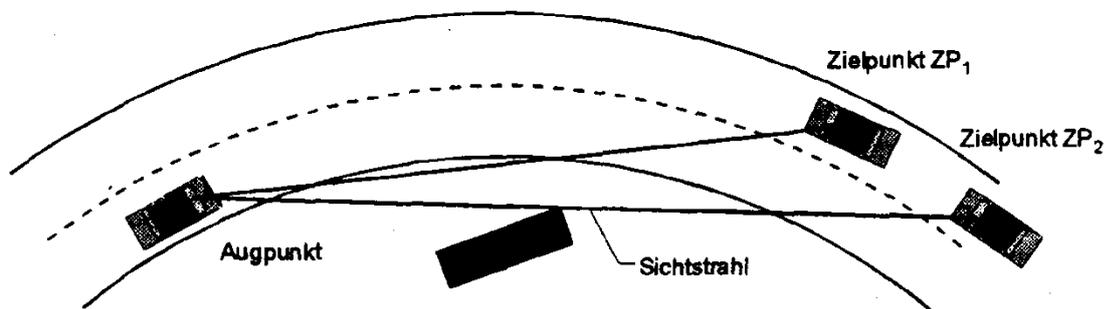


Abbildung 2-9 Lage von Aug- und Zielpunkt für Haltesichtweite und Überholsichtweite nach RAS-L (1995)

Die Überprüfung der Sichtweiten im Entwurf dient im Wesentlichen dazu,

- die Verkehrssicherheit auf der Straße zu gewährleisten,
- die erforderliche seitliche Hindernisfreiheit von Einschnittböschungen, Bauwerken, Bepflanzungen usw. zu bestimmen,
- die minimalen Ausrundungsradien von Kuppen und Wannen zu berechnen,
- die Baulinien zu bestimmen und zu kontrollieren sowie
- die verschiedenen Trassierungsvarianten zu bewerten.

Das Ergebnis der Sichtweitenanalyse wird getrennt für beide Fahrrichtungen in einem Sichtweitenband dargestellt (Abbildung 2-10). Damit können die vorhandenen Halte- bzw. Überholsichtweiten mit den erforderlichen Sichtweiten verglichen werden.

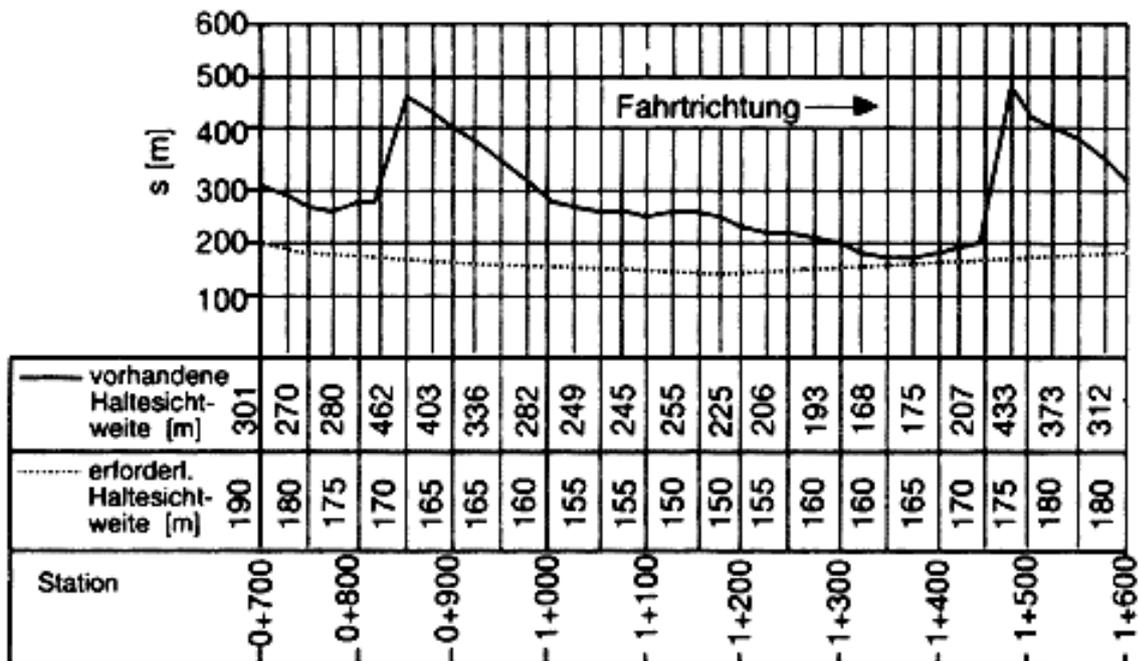


Abbildung 2-10 Beispiel für eine Sichtweitenanalyse anhand eines Sichtweitenbandes

Da heute üblicherweise im Straßenentwurf mit EDV-Programmen gearbeitet wird, ist auch eine Kontrolle der Sichtweiten mit dafür ausgelegten Computerprogrammen möglich. Mit deren Hilfe kann von jedem Augpunkt aus die vorhandene Sichtweite bis zu einem definierten Zielpunkt in beiden Fahrrichtungen ermittelt werden. Der Zielpunkt liegt bei der Ermittlung der Haltesichtweite S_h in Fahrtrichtung im eigenen Fahrstreifen, bei der Analyse der Überholsichtweite S_u im Fahrstreifen des Gegenverkehrs. Abbildung 2-11 zeigt an einem Trassierungsbeispiel das Schema für die Darstellung von Sichtschattenstrecken. Von einer Augpunktstation aus wird bestimmt, welche Perspektivbildpunkte sichtbar oder unsichtbar sind, und die Übergangspunkte zwischen dem perspektivisch sichtbaren und den unsichtba-

ren Bereichen werden berechnet. Die nicht sichtbaren Trassenbereiche werden in roter Farbe dargestellt.

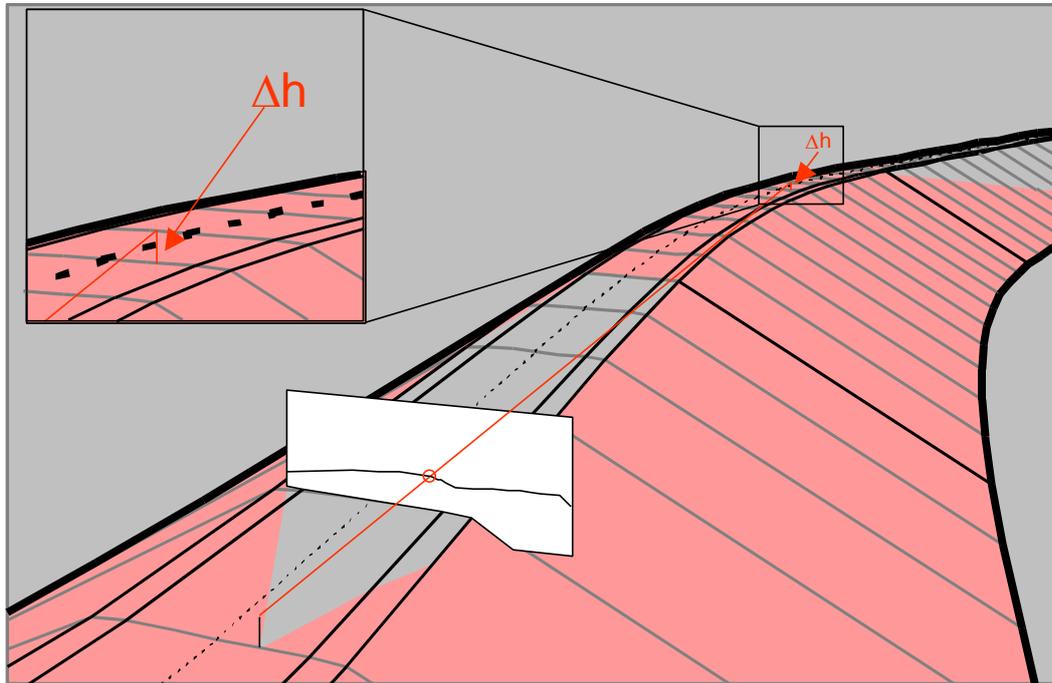


Abbildung 2-11 Computergestützte Sichtweitenkontrolle (ZIMMERMANN, 2001)

Der Sichtweitenkontrolle kommt eine große Bedeutung in Bezug auf die Sicherheit von Straßen zu. Daher wird an neuen Verfahren gearbeitet, die eine bessere Beurteilung der Sicht auch schon im Verlauf des Entwurfes ermöglichen. In einer Untersuchung von Zimmermann (2001) wurde z.B. ein quantitatives Verfahren entwickelt, mit dem nicht nur die Sichtweiten, sondern auch die räumliche Linienführung beurteilt werden können. Mit Hilfe einer speziell entwickelten Software wird an jeder Station der Strecke eine Perspektive einschließlich der Informationen zu verdeckten Fahrbahnabschnitten erzeugt. In konstanten Abständen - vom Augpunkt des Fahrers aus betrachtet - wird in der Mitte des eigenen Fahrstreifens, bzw. in der Mitte des Überholfahrstreifens in Bereichen der Überholsichtweite, die Tiefe des Zielpunktes unter dem rechnerischen Horizont bestimmt, d.h. es wird ersichtlich, welche Hindernishöhe gerade nicht mehr sichtbar ist. Somit können in einem Bearbeitungsschritt sowohl verschiedene Zielpunkthöhen als auch die Tiefen von Sichtschattenstrecken (z.B. Tauchen) beurteilt werden.

Das Ergebnis für jeden charakteristischen – sichtbaren wie auch unsichtbaren - Zielpunkt kann in einem „sichtbaren Höhenplan“ dargestellt werden, wobei die Tiefe der Sichtschatten über dem Abstand vom Blickpunkt aufgetragen wird. In Abbildung 2-12 zeigt die dicke schwarze Linie die Tiefe der Sichtschattenstrecken. Aus diesem Diagramm kann die Sichtweite abgelesen werden. Wird die Straße nach einer Sichtschattenstrecke wieder sichtbar,

dann liegt Tauchen vor. Die Tiefe der Sichtschattenstrecke zeigt, ob es sich um ein flaches oder ein tiefes Tauchen handelt.

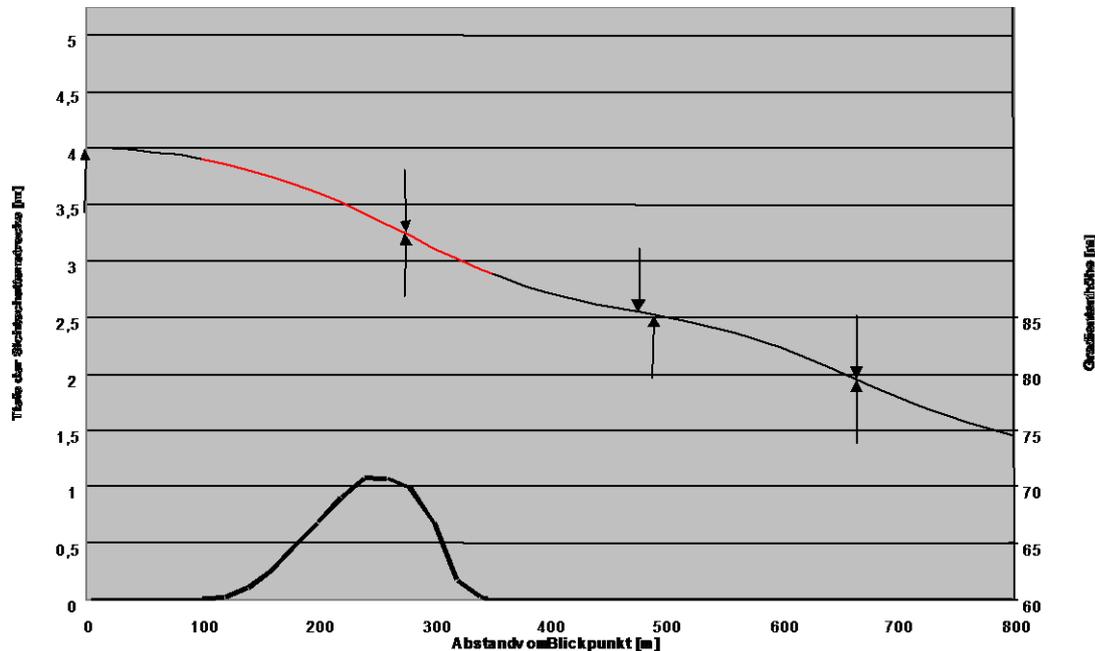


Abbildung 2-12 Beispiel eines „sichtbaren Höhenplanes“ auf der Basis der Tiefe von Sichtschattenstrecken (ZIMMERMANN, 2001)

2.4 Verständnisfragen

- Welche Augpunkthöhe und welche Zielpunkthöhe werden in der Regel für Sichtweitenüberprüfungen angesetzt und warum?
- Führen höhere Aug- und Zielpunkte tendenziell zu größeren oder kleineren vorhandenen Sichtweiten?
- Welcher Einfluss auf die erforderliche Haltesichtweite ist betragsmäßig größer: der einer größeren Steigung oder der eines größeren Gefälles?
- Welche Sichtweite ist an jedem Punkt der Strecke zu gewährleisten?
- Welche planerische Maßnahme soll im Regelwerk die Gefahren von Überholvorgängen reduzieren?
- Welcher Einfluss auf die vorhandene Haltesichtweite ist in der Regel größer: der Unterschied zwischen trockener und nasser Fahrbahn oder der aus der maximalen und minimalen Längsneigung?
- Wie können die vorhandenen Sichtweiten in Linkskurven an Richtungsfahrbahnen verbessert werden?

3 Knotenpunkte

3.1 Grundlagen der Knotenpunktgestaltung und Definitionen

Als Knotenpunkte werden bauliche Anlagen bezeichnet, die der Verbindung von zwei oder mehreren Straßen dienen. Wird eine Straße an eine durchgehende Straße angeschlossen, dann entsteht eine Einmündung (dreiarmer Knotenpunkt). Ein Knotenpunkt mit mehr als drei Knotenpunktarmen ist eine Kreuzung; sie wird von mindestens zwei durchgehend befahrbaren Straßen gebildet.

Die relevanteste Unterscheidung an Knotenpunkten wird durch die Führung der Verkehre in den (Teil-)Knotenpunkten markiert. Dabei werden Bereichen, in denen lediglich Ein- und Ausfädelvorgänge sowie Verflechtungen stattfinden, grundsätzlich von denen unterschieden, in denen auch kreuzende Verkehrsströme auftreten. Eine spezielle Knotenpunktform ist der Kreisverkehrsplatz, der gleichrangig drei oder mehr an einem Knotenpunkt zusammentreffende Straßen durch eine Kreisringfahrbahn verbindet.

Die bauliche Grundform ergibt sich aus der Kombination der Verkehrsführung auf den zu verknüpfenden Straßen. Daher gibt es nicht nur reine planfreie bzw. plangleiche Knotenpunkte, sondern auch teilplanfreie und teilplangleiche. Für alle Grundformen gilt, dass in der Regel als übergeordnete Straße diejenige mit der größeren Verkehrsbedeutung gegenüber anderen Straßen definiert ist. Auf diesen Straßen fahren die Fahrzeuge in der Regel bevorrechtigt. Diese Bevorrechtigung ist im Knotenpunkt besonders hervorzuheben. Auf der untergeordneten Straße mit geringerer Verkehrsbedeutung sind die Fahrzeuge im Regelfall wartepflichtig.

Durch die Kombination der baulichen Grundform mit der Betriebsform (Verkehrsregelung mit Verkehrszeichen bzw. mit Lichtsignalanlage) ergibt sich die Knotenpunktart.

3.2 Abgrenzung der Führungen im (Teil-)Knotenpunkt

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Einsatzbereiche und Festlegungen der Knotenpunkte durch die vorherrschende Verkehrsführung im Knotenpunkt abgegrenzt. Im Gegensatz zum früheren Regelwerk, das für den Bereich der Knotenpunkte die Abgrenzung zwischen Knotenpunkten mit planfreier Führung und solchen mit plangleichen Führungen aufwies, sind in den RAA (2008) und RAL (2012) zwangsläufig beide Knotenpunktgrundsätze erläutert, da es prinzipiell jeweils für beide Gruppen Regelungsbedarf in beiden Regelwerken gibt.

Da im Regelfall Knotenpunkte von Landstraßen ein-/abbiegende und kreuzende Verkehrsführungen enthalten (d.h. plangleiche bzw. teilplangleiche Knotenpunkte aufweisen), die Führung im Zuge und bei der Verknüpfung von Autobahnen jedoch nur Ein-/Aus-

fädelvorgänge sowie Verflechtungen beinhaltet, wird in den folgenden Kapiteln diese Richtlinienabgrenzung genutzt.

Aus Abbildung 3-1 werden die Verwendung der Begriffe für die bauliche Grundform des Gesamtknotenpunktes sowie die zugehörigen Führungen im Teilknotenpunkt ersichtlich. Planfreie Knotenpunkte sind daher nur Knotenpunkte, die in allen Teilknotenpunkten lediglich die Führung Ein- und Ausfädeln beinhalten, d.h. in der Regel Autobahn- bzw. Landstraßenkreuze sowie -dreiecke. Teilplanfreie Knotenpunkte kennzeichnen Systeme, bei denen die Anbindung an die übergeordnete Straße mittels Ein- und Ausfädeln, die Rampenverbindung an die untergeordnete Straße aber mittels Ein-/Abbiegevorgängen bzw. als Kreisverkehr erfolgt.

Bauliche Grundform	Führung im Teilknotenpunkt/ Knotenpunkt		Beispiele (übergeordnete Straße senkrecht dargestellt)
	übergeordnete Straße	untergeordnete Straße	
Planfreier Knotenpunkt	Einfädeln/ Ausfädeln	Einfädeln/ Ausfädeln	
Teilplanfreier Knotenpunkt	Einfädeln/ Ausfädeln	Einbiegen/ Abbiegen Kreisverkehr	
Teilplangleicher Knotenpunkt	Einbiegen/ Abbiegen	Einbiegen/ Abbiegen Kreisverkehr	
Plangleicher Knotenpunkt			
Einmündung	Einbiegen/ Abbiegen	Einbiegen/ Abbiegen	
Kreuzung	Einbiegen/ Abbiegen/ Kreuzen	Einbiegen/ Abbiegen/ Kreuzen	
Kreisverkehr	Kreisverkehr		

*) Kann auch als Raute ausgeführt werden.
Die vorfahrberechtigte Straße ist als Breitstrich dargestellt.

Abbildung 3-1 Bauliche Grundformen von Knotenpunkten (RAL, 2012)

Daher wird auf die planfreien und teilplanfreien Knotenpunkte im Zuge von Landstraßen der EKL 1 nicht gesondert eingegangen, da sie sich systematisch nicht von den Ausführungen an Autobahnen unterscheiden.

In den nachfolgenden Kapiteln sind die zur Anlage von Knotenpunkten relevanten Teile der jeweiligen Richtlinien ausführlich wiedergegeben. Da es bei vielen Regelungen auf den Wortlaut ankommt, sind relevante Festlegungen wörtlich wiedergegeben, auch wenn sie nicht im Einzelnen als Zitate gekennzeichnet sind.

3.3 Festlegung der Anzahl und Dichte von Knotenpunkten im Streckenverlauf

Die Anzahl und Ausbildung der Knotenpunkte sollen so sein, dass auf der übergeordneten Straße über längere Strecken die raumordnerisch angestrebte Reisegeschwindigkeit erreicht werden kann. Dies gilt insbesondere für Landstraßen, bei denen die Anbindungsbestrebungen besonders ausgeprägt sind. Knotenpunkte zwischen Straßen der EKL 1 und der EKL 4 sind dabei zu vermeiden, auch Knotenpunkte zwischen Straßen der EKL 2 und der EKL 4 sind nicht zu empfehlen.

3.4 Verkehrsbewegungen am Knotenpunkt

Verkehrstechnisch gesehen sind Knotenpunkte Verkehrsflächen, die von mehr als einem Verkehrsstrom genutzt werden. Der Verkehrsablauf kann fließend, unterbrochen oder eine Kombination von fließendem und unterbrochenem Ablauf sein. Die Art des Verkehrsablaufes an einem Knotenpunkt ist maßgebend für seine Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Die an einem Knotenpunkt auftretenden Bewegungsabläufe werden bestimmt durch

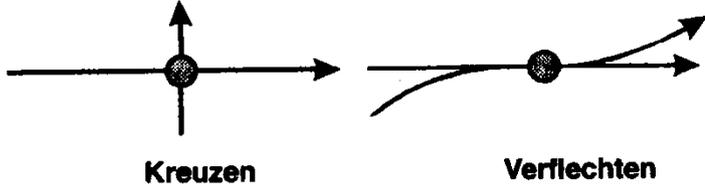
- die Führung im (Teil-)Knotenpunkt,
- die bauliche Grundform des Gesamtknotenpunktes,
- die Betriebsform (Verkehrsregelung),
- die Trassierung und Querschnittsgestaltung im Knotenpunkt,
- die Stärke und Richtung der Verkehrsströme,
- die Geschwindigkeit im Knotenpunktbereich und
- die Sichtweiten.

Aus den Bewegungsvorgängen ergeben sich Konfliktflächen; darunter versteht man die Schnitt- oder Verflechtungsstellen von Verkehrsströmen. Sie entstehen dort, wo:

Ströme zusammengeführt werden



Ströme sich durchdringen



Ströme auseinandergeführt werden

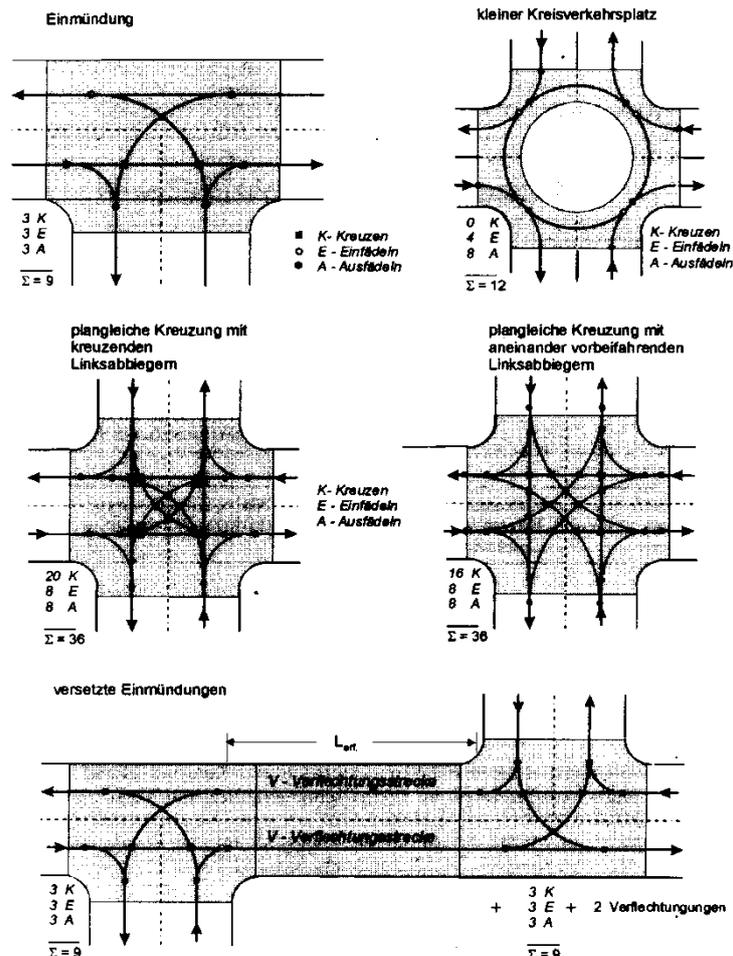
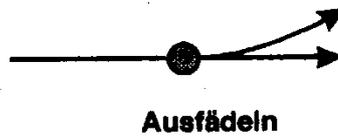


Abbildung 3-2 Konfliktpunkte und -flächen an plangleichen Einmündungen und Kreuzungen (WEISE / DURTH)

Abbildung 3-2 zeigt einige Beispiele von Konfliktpunkten und Konflikflächen an Einmündungen und Kreuzungen.

Die Anzahl der Konfliktpunkte wird deutlich größer, wenn der Knotenpunkt mehr als vier Arme hat oder die Fahrzeugströme in mehrere Fahrstreifen aufgeteilt werden. Die Umhüllende aller Konfliktpunkte in einem Knoten ergibt die Konflikfläche. Ihre Größe hängt von der Zahl der Knotenpunktarme und der Form des Knotenpunktes ab. Die Anzahl der Konfliktpunkte und die Größe der Konflikflächen haben maßgeblichen Einfluss auf die Verkehrssicherheit des Knotenpunktes. Daher ist anzustreben, die Konfliktpunkte und -flächen möglichst gering zu halten. Dies kann erreicht werden durch

- die Reduzierung der Anzahl von Knotenpunktarmen,
- die vertikale Trennung der Ströme in mehrere Ebenen,
- ein möglichst senkrechtes Kreuzen der Verkehrsströme,
- das Anordnen kleiner Ein- und Abbiegeradien sowie
- die Kanalisierung der Verkehrsströme durch Fahrbahnteiler.

3.5 Anforderungen an Knotenpunkte

Die Grundanforderungen an einen Knotenpunkt sind Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Verkehrssicherheit

Das Ziel der Verkehrssicherheit an einem Knotenpunkt setzt folgendes voraus:

Erkennbarkeit:

- Ausreichende Haltesicht auf den Knotenpunkt durch Anlage in einer Wanne
- Hervorheben des Knotenpunktes durch deutliche Unterbrechung im Verlauf der Straße (Lücke in der Bepflanzung, in der Bebauung)
- auffällige Vorwegweisung in genügendem Abstand mit eindeutigen Zielangaben
- Bau von Fahrbahnteilern in der untergeordneten Zufahrt zur Verdeutlichung der Wartepflicht und zur eindeutigen Führung der Verkehrsströme
- optische Betonung der kreuzenden Straße durch Bepflanzung oder senkrechte Leiteinrichtungen
- frühzeitiges Einleiten durch Zusatzfahrstreifen, Fahrbahnmarkierungen und Inseln (Verlängerung des Fahrbahnteilers in Kuppen und Kurven)

Übersichtlichkeit:

- Anordnung der Zufahrten höher als der Knotenpunkt selbst (Anordnung in einer Wanne)

- Freihalten der Sichtfelder von Sichthindernissen (Bepflanzung, feste Einbauten, falsch aufgestellte Wegweiser)
- Vermeiden von spitzwinkligen Einmündungen
- Kanalisierung der Verkehrsströme (möglichst einstreifige untergeordnete Knotenpunktzufahrt; Hauptströme möglichst ungehindert durchführen)

Begreifbarkeit:

- Verwenden von einfachen, bekannten Knotenpunktformen
- Knotenpunktform und bauliche Gestaltung aufeinander abstimmen (durch die Gestaltung muss die unterschiedliche Bedeutung von über- und untergeordneter Straße eindeutig zum Ausdruck kommen)
- gute optische Führung der Verkehrsströme durch Inselkanten, hervorgehobene Inselköpfe, Fahrbahnränder, Fahrbahnmarkierungen und sonstige Leiteinrichtungen
- gut erkennbare, eindeutige Vorwegweiser, Wegweiser und sonstige Verkehrszeichen
- Anzahl der gleichzeitig zu treffenden Entscheidungen minimieren

Befahrbarkeit:

- alle Fahrstreifen müssen ausreichend breit, den Bewegungsvorgängen entsprechend markiert geführt und jenseits der Kreuzung fortgesetzt werden
- Kennzeichnung der Fahrstreifenbegrenzung durch Fahrbahnmarkierungen
- Hauptverkehrsströme sollten gerade oder nur unwesentlich abgelenkt geführt werden
- Inselkanten und Fahrbahnränder müssen der Fahrgeometrie schwerer Fahrzeuge angepasst werden und dürfen nicht in die Fahrwege hineinreichen (Schleppkurven beachten)

Ein weiteres Kriterium für die Verkehrssicherheit ist die Einheitlichkeit aufeinanderfolgender Knotenpunkte. In der Knotenpunktfolge eines Straßenzuges soll die Einheitlichkeit so lange eingehalten werden, bis eine bewusste Veränderung herbeigeführt werden soll (z.B. durch Querschnittswechsel, Änderung der Bevorrechtigung, gewollte Geschwindigkeitsreduzierung).

Leistungsfähigkeit

Der Knotenpunkt muss zum Zeitpunkt des Planungszieles ausreichend leistungsfähig sein; das bedeutet, alle Ströme sind so zu führen, dass keine unzumutbaren Wartezeiten oder Umwege entstehen.

Wirtschaftlichkeit

Aufgrund der Schwierigkeit, den Nutzen von Knotenpunktentwürfen zu ermitteln, beschränkt sich die vergleichende wirtschaftliche Beurteilung von Knotenpunktvarianten vorrangig auf

die Quantifizierung der Baulastträger- und Straßennutzerkosten. Die Summe der Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten ist minimal zu halten.

3.6 Verständnisfragen

- Was ist der grundlegende Unterschied zwischen Knotenpunkten mit Ein-/Ausfädelvorgängen gegenüber den übrigen Knotenpunkten?
- Bei welcher Knotenpunktart eines plangleichen Knotenpunktes lassen sich Konfliktpunkte kreuzender Verkehre vollständig vermeiden?
- Welche Voraussetzungen muss ein Knotenpunkt erfüllen, um einen sicheren Verkehrsablauf zu gewährleisten?
- In welchen Zufahrten sind Fahrbahnteiler vorgesehen? Warum?
- Welche Probleme ergeben sich bei spitzwinkligen Einmündungen?
- Welche Anforderungen werden bzgl. der Befahrbarkeit an Hauptverkehrsströme gestellt?

4 Knotenpunkte mit Verkehrsführungen Ein-/Abbiegen und Kreuzen (Teilplangleiche und plangleiche Knotenpunkte)

4.1 Knotenpunktarten und deren Einsatzbereiche

Für Straßen einer Entwurfsklasse sind für den Regelfall nur bestimmte Knotenpunktarten vorgesehen. Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 zeigen die Regeleinsatzbereiche der Knotenpunktarten. Wenn bei den Regeleinsatzbereichen der Knotenpunkte in den EKL 3 und EKL 4 mehrere Varianten dargestellt sind, sind beide Varianten gleichberechtigt anwendbar und es ist eine Lösung anhand der konkreten Randbedingungen auszuwählen. Die Anschlüsse von stark belasteten Grundstückszufahrten werden wie Anschlüsse von Straßen der EKL 4 behandelt.

Erfordern die örtlichen und verkehrlichen Gegebenheiten in Bezug auf Verkehrssicherheit, Verkehrsqualität, Umweltverträglichkeit und Baulastträgerkosten eine andere Knotenpunktart, kann deren Zweckmäßigkeit in Ausnahmefällen geprüft werden. Bei der Ausbildung der gewählten Knotenpunktart muss darauf geachtet werden, dass im Planungsprozess für jeden einzelnen Knotenpunkt die verkehrlichen Erfordernisse und die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Flächenverfügbarkeit
- Zwangspunkte
- Flächenneigungen
- Richtung und Stärke der Verkehrsströme
- benachbarte Knotenpunkte

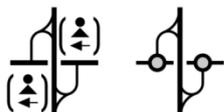
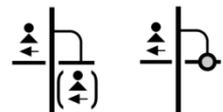
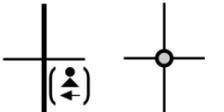
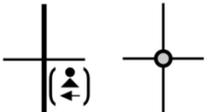
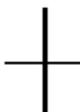
übergeordnete Straße / untergeordnete Straße	EKL 1	EKL 2	EKL 3	EKL 4
EKL 1		Legende:  Lichtsignalanlage mit Linksabiegerschutz  Einsatz der Lichtsignalanlage prüfen		
EKL 2			Die übergeordnete Straße ist senkrecht dargestellt. Die vorfahrtberechtigte Straße ist als Breitstrich dargestellt. weitere Einsatzbereiche der Knotenpunktarten siehe Ziffer 6.3.3	
EKL 3				
EKL 4	nicht zu vertreten	nicht zu empfehlen *		

Abbildung 4-1 Regeleinsatzbereiche von Knotenpunktarten bei vierarmigen Knotenpunkten (RAL, 2012)

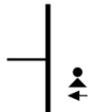
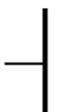
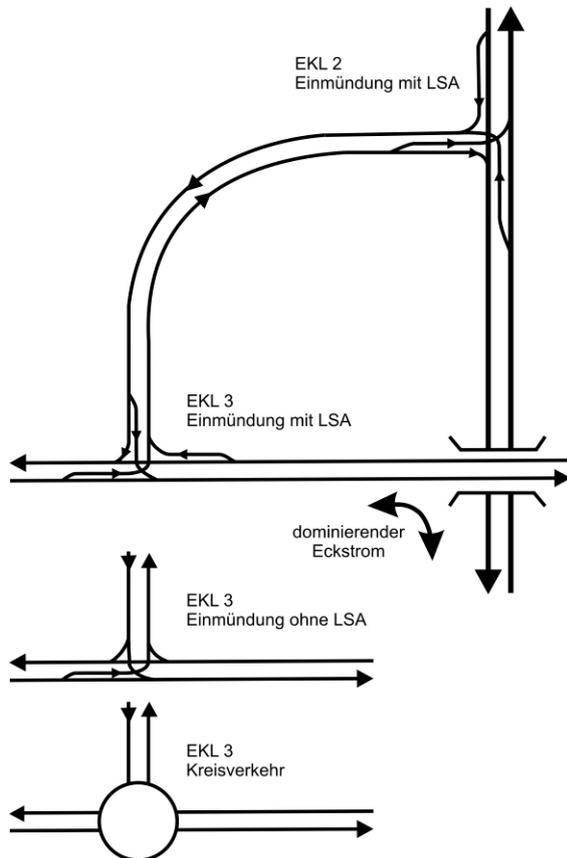
übergeordnete Straße / untergeordnete Straße	EKL 1	EKL 2	EKL 3	EKL 4
EKL 1		Legende:  Lichtsignalanlage mit Linksabiegerschutz  Einsatz der Lichtsignalanlage prüfen		
EKL 2			Die übergeordnete Straße ist senkrecht dargestellt. Die vorfahrtberechtigte Straße ist als Breitstrich dargestellt. weitere Einsatzbereiche der Knotenpunktarten siehe Ziffer 6.3.3	
EKL 3				
EKL 4	nicht zu vertreten	nicht zu empfehlen *		

Abbildung 4-2 Regeleinsatzbereiche von Knotenpunktarmen bei dreiarmligen Knotenpunkten (RAL, 2012)

Teilplanfreie Knotenpunkte bestehen aus Ein-/Ausfahrbereichen an der übergeordneten Straße und plangleichen Teilknotenpunkten (Einmündung mit oder ohne Lichtsignalanlage oder Kreisverkehr) an der untergeordneten Straße sowie dazwischen liegenden Verbindungsrampen. Teilplanfreie Knotenpunkte kommen zur Anwendung, wenn eine Straße der EKL 1 oder eine Autobahn mit einer Straße der EKL 2 oder 3 verbunden wird. Bei der Verknüpfung mit einer Straße der EKL 2 sind an den plangleichen Einmündungen im Regelfall Lichtsignalanlagen vorzusehen, bei Verknüpfungen mit Straßen der EKL 3 sind Kreisverkehre die bevorzugte Lösung. Planfreie und Teilplanfreie Knotenpunkte werden vertieft im Kapitel zu Knotenpunkten mit den Verkehrsführungen Ein-/Ausfädeln und Verflechten behandelt.

4.1.1 Teilplangleiche Knotenpunkte

Teilplangleiche Knotenpunkte verbinden Straßen in zwei Ebenen. Sie bestehen aus zwei plangleichen Teilknotenpunkten und einer dazwischen liegenden Verbindungsrampe und kommen zur Anwendung, wenn eine Straße der EKL 2 mit einer Straße der EKL 2 oder EKL 3 verbunden wird. Beim Anschluss der Verbindungsrampe an eine Straße der EKL 2 ist in der Regel eine Lichtsignalanlage, beim Anschluss an eine Straße der EKL 3 ein Kreisverkehr vorzusehen. Die Rampe sollte nach Möglichkeit so angeordnet werden, dass der stärkste Eckstrom nicht links einbiegen muss. Zudem sollen die Teilknotenpunkte möglichst so weit auseinander gezogen werden, dass Linksabbiegestreifen auf bzw. unter dem Brückenbauwerk vermieden werden. Abbildung 4-3 zeigt eine Beispiellösung für einen teilplangleichen Knotenpunkt einschließlich des entsprechenden dominierenden Eckstroms.



**Abbildung 4-3 Beispiellösungen für einen teilplangleichen Knotenpunkt
(EKL 2 / EKL 3), (RAL, 2012)**

4.1.2 Plangleiche Einmündungen / Kreuzungen mit Lichtsignalanlage

Plangleiche Einmündungen (ggf. Kreuzungen) mit Lichtsignalanlage kommen regelmäßig zur Anwendung, wenn

- eine Straße der EKL 2 an eine gleich- oder höherrangige Straße angebunden wird,
- eine Straße der EKL3 oder EKL2 in eine Straße der EKL 2 einmündet, oder
- eine Straße der EKL 2 oder EKL 3 eine Straße der EKL 2 kreuzt, dies allerdings nur in Ausnahmefällen.

Bei Verknüpfungen von Straßen der EKL 3 oder EKL 4 mit Straßen der EKL 3 ist nach Prüfung der Verkehrsqualität und der Verkehrssicherheit entsprechend den Regelungen der RiLSA über den Einsatz einer Lichtsignalanlage zu entscheiden. Dabei ist auch die Verkehrsregelung an benachbarten Knotenpunkten zu beachten.

Die Lichtsignalanlagen sollten nach Möglichkeit verkehrsabhängig gesteuert werden, mit Einbeziehung von Fußgängern und Radverkehr. Die Linksabbieger sollen durch eine eigene Phase geschützt werden. Der signaltechnische Entwurf erfolgt nach den Kriterien der RiLSA. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird gemäß VwV-StVO im Knotenpunktbereich auf $V =$

70 km/h beschränkt. Hinweise zur Linienführung sind in Kapitel 4.8 zu finden. Bei Einmündungen/Kreuzungen mit Lichtsignalanlage ist ein Anschluss der untergeordneten Knotenpunktzufahrt mit einem Knick (Abbildung 4-28 b) zu vermeiden. Abbildung 4-4 zeigt das Beispiel einer Einmündung mit Lichtsignalanlage.

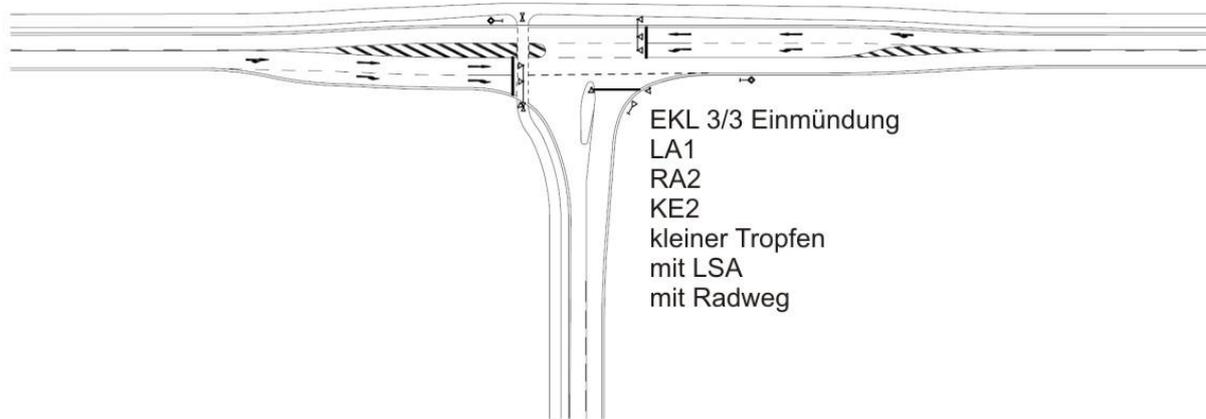


Abbildung 4-4 Beispiel einer Einmündung mit LSA (RAL, 2012)

4.1.3 Plangleiche Einmündungen / Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage

Plangleiche Einmündungen/Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage können zur Anwendung kommen, wenn

- eine Straße der EKL 3 mit einer Straße der EKL 3 oder EKL 4,
- eine Straße der EKL 4 mit einer Straße der EKL 4,
- eine Straße der EKL 3 mit einem teilplanfreien oder teilplangleichen Knotenpunkt an höherrangige Straßen angebunden wird oder
- (in begründeten Ausnahmefällen) eine Straße der EKL 3 an eine Straße der EKL 2 angebunden wird, wobei hier Einmündungen vorteilhafter als Kreuzungen sind.

In engen Kurven ist diese Knotenpunktart zu vermeiden, da für die auf der Innenseite Wartepflichtigen dann die Sicht erschwert ist und für die auf der Außenseite Zufahrenden die Erkennbarkeit des Knotenpunktes sowie die Einschätzung der Geschwindigkeiten im übergeordneten Verkehrsstrom problematisch ist. Die Lage von Einmündungen/Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage in Kuppen oder in Sichtschattenbereichen soll vermieden werden. Ist dies in zu begründenden Ausnahmefällen nicht möglich, sind für die wartepflichtigen Knotenpunktzufahrten gesonderte Maßnahmen zur Verbesserung der Erkennbarkeit, z.B. verlängerte Fahrbahnteiler sowie die Bepflanzung oder Verwallung des Umfeldes, erforderlich.

Bei Einmündungen/Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage sind wartepflichtige Zufahrten einstreifig auszubilden. Insbesondere bei schwierigen Sichtverhältnissen für den einfahrenden Verkehr oder eingeschränkter Erkennbarkeit für den bevorrechtigten Verkehr kann die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h zweckmäßig sein. Bei Anlage von Mittelinseln als Querungshilfen für Fußgänger und Radfahrer ist generell eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h zweckmäßig. Abbildung 4-5 zeigt ein Beispiel für eine plangleiche Kreuzung ohne Lichtsignalanlage.

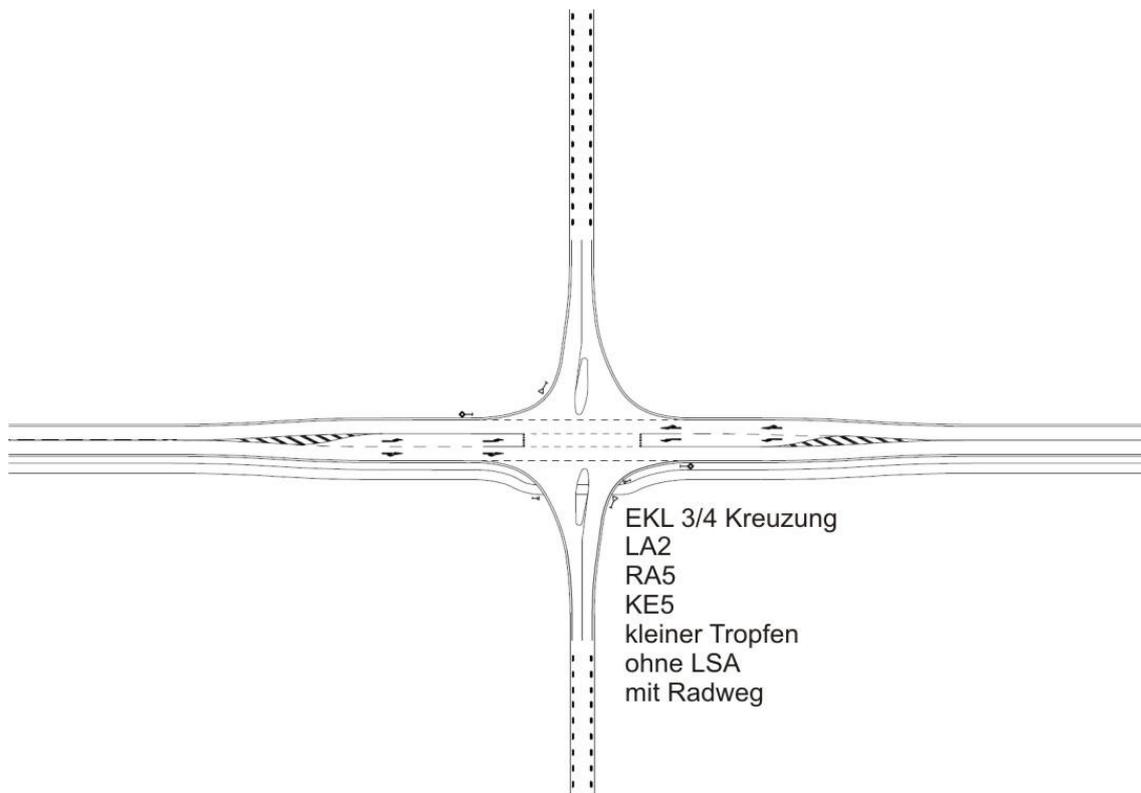


Abbildung 4-5 Beispiel einer Kreuzung ohne LSA (RAL, 2012)

4.1.4 Kreisverkehre

Kreisverkehre kommen in der Regel zur Anwendung, wenn

- eine Straße der EKL 3 mit einer Straße der EKL 3 oder 4 verbunden wird,
- eine Straße der EKL 3 mit einem teilplanfreien oder teilplangleichen Knotenpunkt an eine höherrangige Straße angebunden wird oder,
- in begründeten Ausnahmefällen, eine Straße der EKL 2 mit einer Straße der EKL 2 oder EKL 3 verknüpft wird.

Abbildung 4-6 gibt die Anwendungsbereiche von Kreisverkehrsplätzen wieder. Sie lassen sich bezüglich der Größe des Kreisdurchmessers, der Zahl der Fahrstreifen auf der Kreisfahrbahn und in den Zufahrten sowie hinsichtlich ihrer Lage und städtebaulichen Einordnung typisieren.

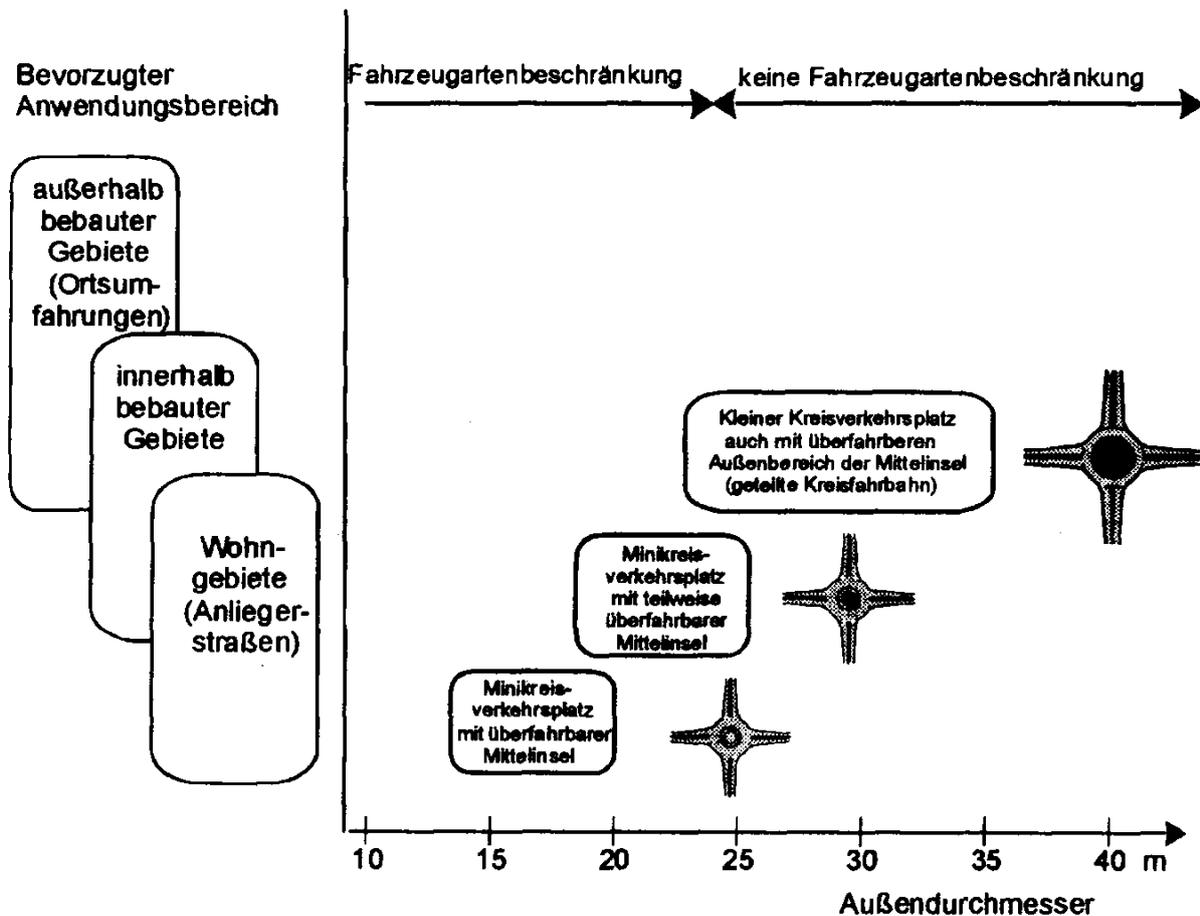


Abbildung 4-6 Anwendungsbereiche von Kreisverkehrsplätzen (modifiziert nach WEISE / DURTH)

Bei dieser Knotenpunktart werden die Fahrzeuge auf einer kreisförmigen Fahrbahn im Einrichtungsverkehr gegen den Uhrzeigersinn um eine nicht oder teilweise überfahrbare Mittelinsel geführt. Sie verbindet in der Regel gleichrangig drei oder mehr an diesem Knotenpunkt zusammentreffende Straßen, was bedeutet, dass die Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn den einfahrenden Fahrzeugen aller Zufahrten gegenüber vorfahrtsberechtigt sind. Am Kreisverkehrsplatz entfallen somit die Kreuzungsvorgänge, da nur Ein- und Ausfädeln, bei mehrstreifigen Kreisverkehrsbahnen auch Verflechtungen, zugelassene Bewegungsvorgänge sind (siehe Abbildung 4-7). Sie sind besonders geeignet, wenn die Belastungen der verknüpften Straßen in etwa gleich groß sind. Die Verkehrsstärke in den schwächer belasteten Knotenpunktzufahrten bei dreiarmligen Kreisverkehren sollte mindestens 15 % und bei vierarmigen Kreisverkehren mindestens 20 % (der Summe der Verkehrsstärke beider Knotenpunktzufahrten des schwächer belasteten Straßenzuges) der Gesamtbelastung des zuführenden Verkehrs betragen.

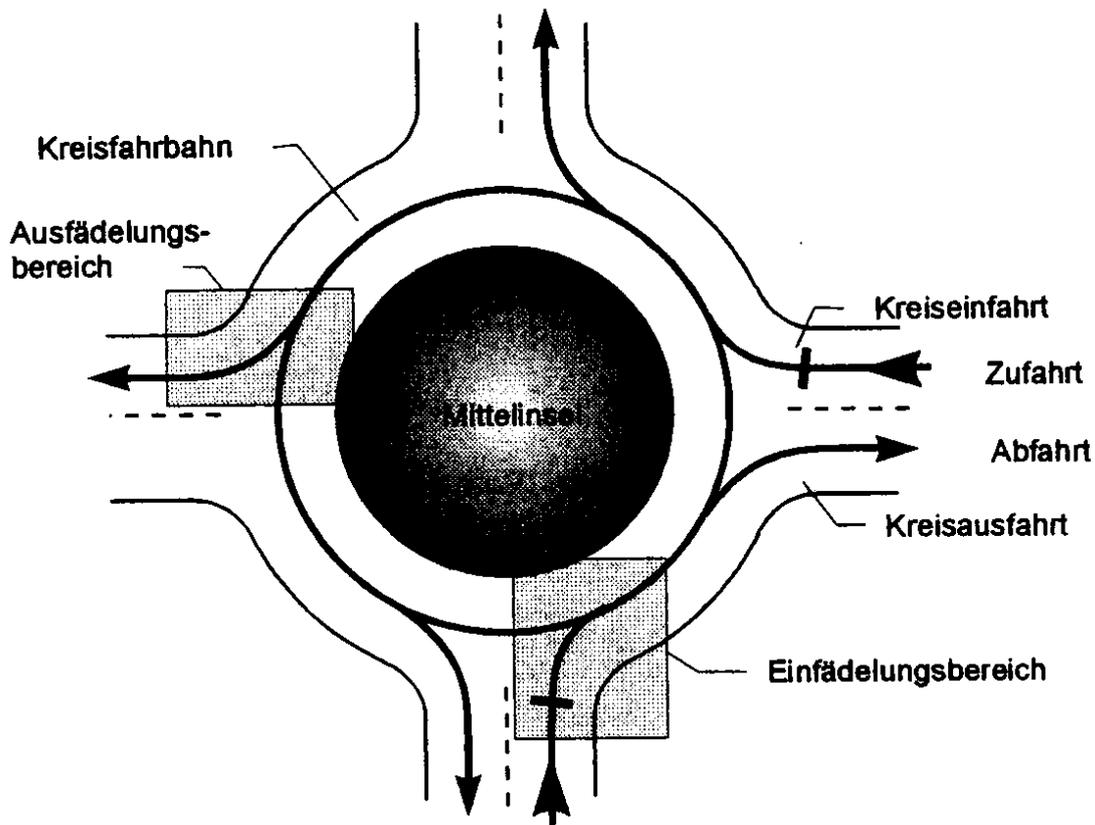
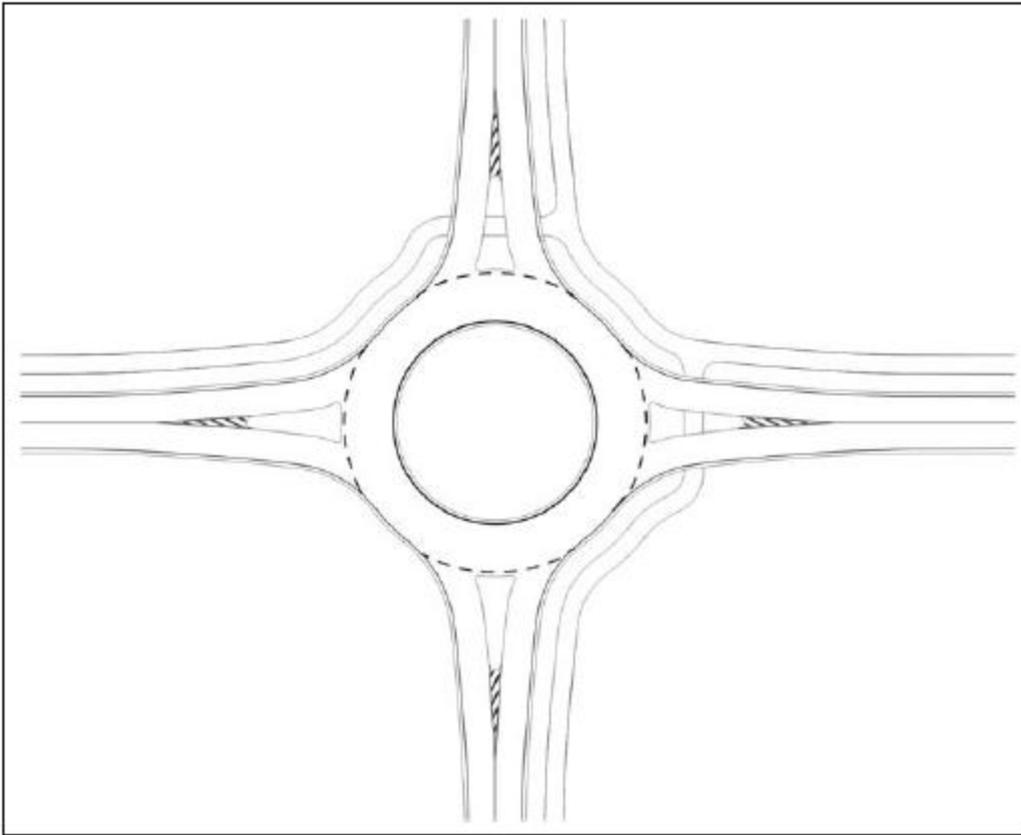


Abbildung 4-7 Systemskizze eines Kreisverkehrsplatzes mit seinen Bestandteilen (WEISE / DURTH)

Ist die Verkehrsqualität eines Kreisverkehrs mit einstreifiger Kreisfahrbahn nicht ausreichend und besteht ein starker Rechtsabbiegeverkehr, kann diese durch eine getrennte Rechtsabbiegefahrbahn (Bypass) erhöht werden (siehe Kapitel 4.3.7). Wenn beim Neubau die Verkehrsqualität eines einstreifigen Kreisverkehrs mit einem Bypass nicht ausreicht, sollte nach Möglichkeit eine andere Knotenpunktart gewählt werden. Beim Um- und Ausbau kann er entsprechend den Regelungen des Merkblattes für die Anlage von Kreisverkehren verbessert werden. Die Achsen der zu verknüpfenden Straßen sollen radial auf den Kreismittelpunkt gerichtet sein. Abbildung 4-8 zeigt eine Standardlösung für einen vierarmigen Kreisverkehr. Aufgrund der im Vergleich zu Kreuzungen und Einmündungen geringeren Anzahl von Konflikten mit anderen Verkehrsteilnehmern gewährleisten Kreisverkehrsplätze eine hohe Verkehrssicherheit. Bei richtiger Anlage wird durch den Kreisverkehrsplatz die Geschwindigkeit des motorisierten Verkehrs reduziert, wodurch die durchschnittliche Unfallschwere relativ gering ist. Kreisverkehrsplätze verbrauchen eher weniger Fläche als vergleichbare leistungsfähige plangleiche Knotenpunkte, vor allem wird weniger Fläche versiegelt. Durch den verstetigten Verkehrsfluss ergeben sich insbesondere nachts geringere Emissionen von Lärm und Abgasen.



**Abbildung 4-8 Beispiellösung für einen vierarmigen Kreisverkehr (EKL 3 / EKL 3)
(RAL, 2012)**

An Kreisverkehren, bei denen mindestens an einer Knotenpunktzufahrt ein fahrbahnbegleitender Geh-/Radweg angelegt ist, wird der nicht motorisierte Verkehr auf separaten Geh-/Radwegen geführt. An den Überquerungsstellen der Knotenpunktarme wird der nicht motorisierte Verkehr grundsätzlich nicht bevorzugt. Die Führung über die untergeordnete Straße soll deshalb abgesetzt von der Kreisfahrbahn über den Fahrbahnteiler erfolgen. Die Wartepflicht ist durch Verkehrszeichen zu verdeutlichen. Weitere Einzelheiten zur Führung des Fußgänger- und Radverkehrs enthält das „Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren“.

4.2 Formen der Abbieger-/Einbiegerführung

4.2.1 Linksabbiegen

Es werden die vier in Abbildung 4-9 dargestellten Linksabbiegetypen unterschieden. Abbildung 4-10 zeigt die Einsatzbereiche der Linksabbiegetypen in Abhängigkeit von der Entwurfsklasse der Straße, aus der abgebogen wird, und der Betriebsform des Knotenpunktes.

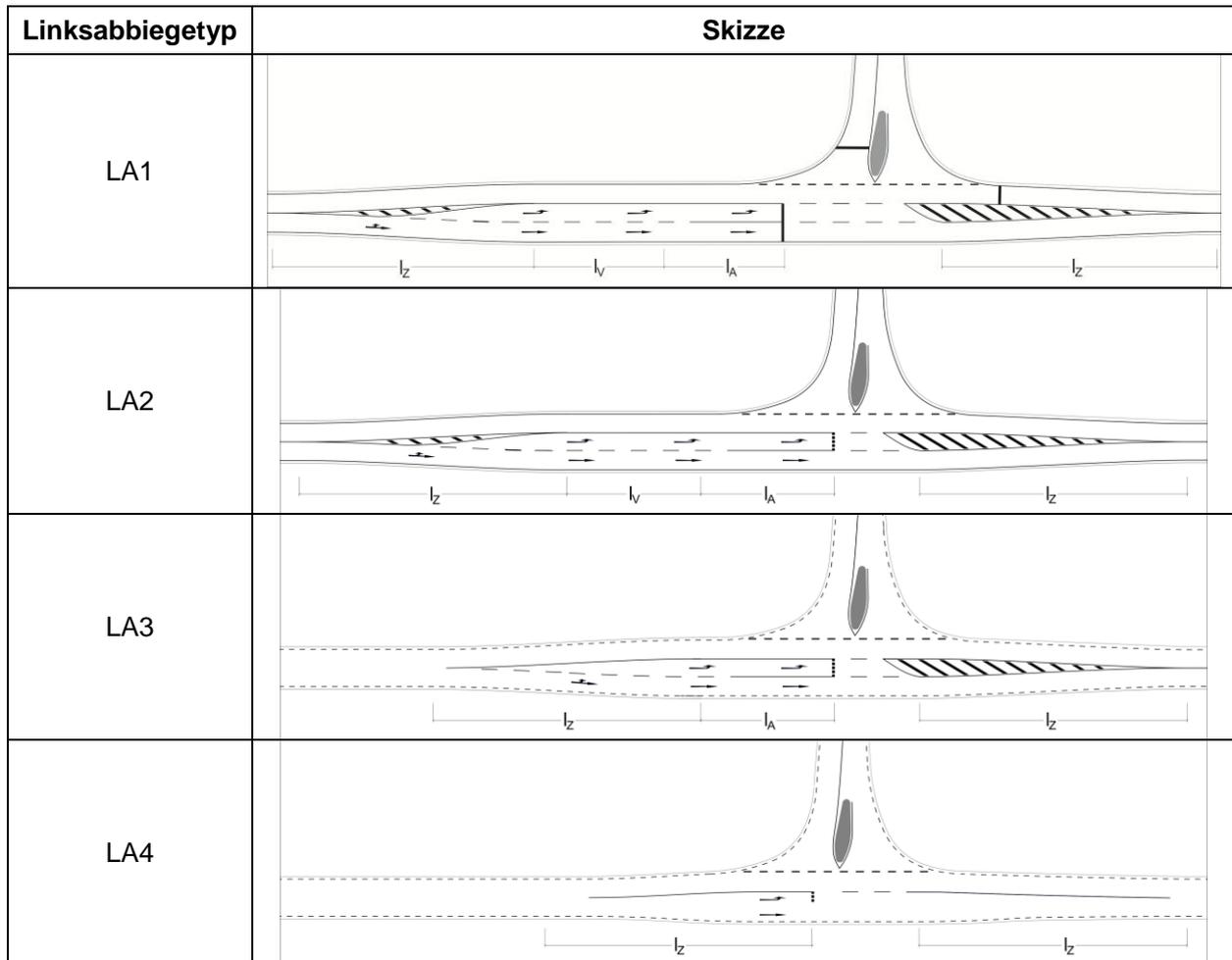


Abbildung 4-9 Linksabbiegetypen (RAL, 2012)

EKL der Straße, aus der abgelenkt wird	Betriebsform des Knotenpunkts	EKL der Straße, in die abgelenkt wird	Linksabbiegetyp
EKL 2	mit LSA	EKL 2, EKL 3	LA1
EKL 3	mit LSA	EKL 3, EKL 4	LA1
	ohne LSA	EKL 3, EKL 4	LA2
EKL 4	ohne LSA	EKL 4	LA3
EKL 4	ohne LSA	EKL 4 * LS V **	LA4

*) Bei geringem Linksabbiegerverkehr
**) Auch Hauptwirtschaftswege, Werkszufahrten

Abbildung 4-10 Einsatzbereiche für Linksabbiegetypen (RAL, 2012)

Knotenpunkte mit sonstigen Straßen (Straßen der Verbindungsfunktionsstufe LS V, Hauptwirtschaftswege, stark belastete Werkszufahrten etc.) werden wie Straßen der EKL 4 angeschlossen.

Der **Linksabbiegetyp LA1** besteht aus dem Linksabbiegestreifen, der sich aus der Verziegungsstrecke l_z , der Verzögerungsstrecke l_v , der Aufstellstrecke l_A und der in der Regel geschlossenen Einleitung zusammensetzt. Der Linksabbiegestreifen ist 3,25 m breit. Die Einleitung des Linksabbiegestreifens erfolgt mit einer Sperrfläche. Die Rückverziehung gegen den Linksabbiegestreifen beginnt bei beidseitiger Aufweitung nach 30 m, bei einseitiger Aufweitung nach 40 m. So entsteht eine etwa 2 m breite Sperrfläche. Die Verziegungsstrecke l_z ist gemäß Abbildung 4-10 zu gestalten. Die Länge der Verzögerungsstrecke l_v beträgt 40 m bei Straßen der EKL 2 und 20 m bei Straßen der EKL 3. Die Aufstelllänge l_A , die an der Haltlinie beginnt, entspricht der erforderlichen Länge des Stauraumes gemäß den Berechnungen nach HBS und sollte jedoch mindestens 20 m lang sein. An Einmündungen ohne Radfahrer- oder Fußgängerfurten wird die Haltlinie für den Linksabbieger durch die Standorte der Signalgeber bestimmt. Die Länge der Verziegungsstrecke l_z beträgt 70 m bei einseitiger Verziehung und 50 m bei beidseitiger Verziehung. Diese Maße gelten für alle Linksabbiegetypen.

Der **Linksabbiegetyp LA2** besteht aus dem Linksabbiegestreifen, der sich aus der Verziegungsstrecke l_z , der Aufstellstrecke l_A und der geschlossenen Einleitung zusammensetzt. Der Linksabbiegestreifen ist 3,25 m breit. Die Länge der Aufstellstrecke l_A , die an der Wartelinie beginnt, entspricht der erforderlichen Länge des Stauraumes gemäß den Berechnungen nach HBS. An Knotenpunkten mit Straßen der EKL 3 soll sie mindestens 20 m und an Knotenpunkten mit Straßen der EKL 4 10 m betragen. An Einmündungen ohne Radfahrer- oder Fußgängerfurten wird die Wartelinie in der Verlängerung des rechten Randes des untergeordneten Knotenpunktarmes markiert. An Kreuzungen ist analog zu verfahren, wenn dadurch Wegweiser für Einbieger nicht verdeckt und die Bedingungen für gleichzeitiges Linksabbiegen bzw. Linkseinbiegen eingehalten werden. Dies ist mit Schleppkurven nachzuweisen.

Der **Linksabbiegetyp LA3** besteht aus einem Linksabbiegestreifen, der sich aus einer Aufstellstrecke l_A und einer Verziegungsstrecke l_z mit offener Einleitung zusammensetzt. Der Linksabbiegestreifen ist 2,75 m breit. Die durchgehenden Fahrstreifen werden in der Verziegungsstrecke auf 2,75 m verbreitert. Die Breite der Randstreifen beträgt unverändert 0,50 m.

Der **Linksabbiegetyp LA4** besteht aus einem Aufstellbereich l_A und einer Verziegungsstrecke l_z . Zur Herstellung des Aufstellbereichs mit einer Länge von 10 m wird die Fahrbahn so aufgeweitet, dass für die Fahrtrichtung, aus der abgebogen wird, ein Fahrstreifen mit einer Breite von 4,75 m markiert werden kann. Die Verziehung beginnt ohne Sperrfläche. Der

Fahstreifen der Gegenrichtung erhält eine Breite von 2,75 m. Die Breite der Randstreifen beträgt unverändert 0,50 m.

4.2.2 Rechtsabbiegen

Es werden sechs Rechtsabbiegetypen unterschieden (Abbildung 4-11). Abbildung 4-12 zeigt die Einsatzbereiche der Rechtsabbiegetypen in Abhängigkeit von der Entwurfsklasse der Straße, von der abgebogen wird. Bei Einmündungen von Straßen mit geringer Verkehrsbelastung an Straßen der EKL 3 kann abweichend von der Abbildung 4-11 auch der Rechtsabbiegetyp RA6 zum Einsatz kommen.

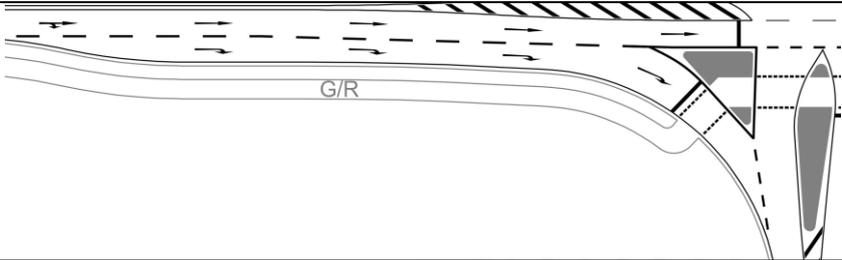
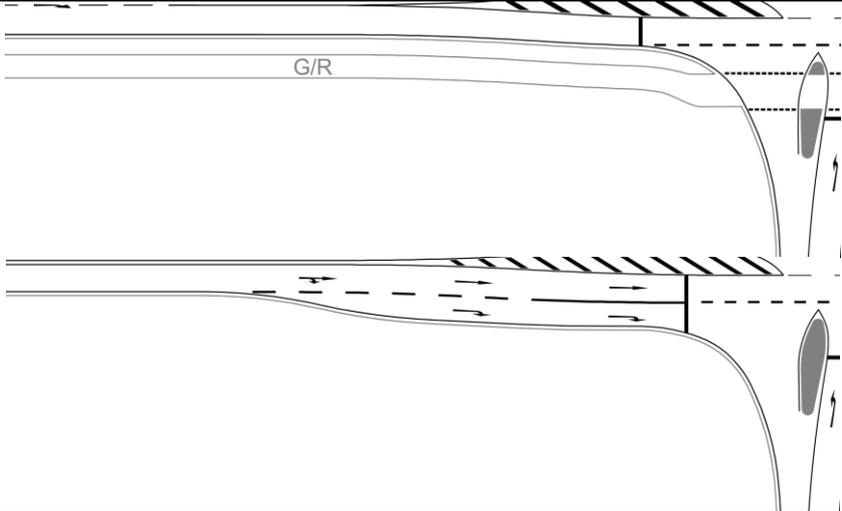
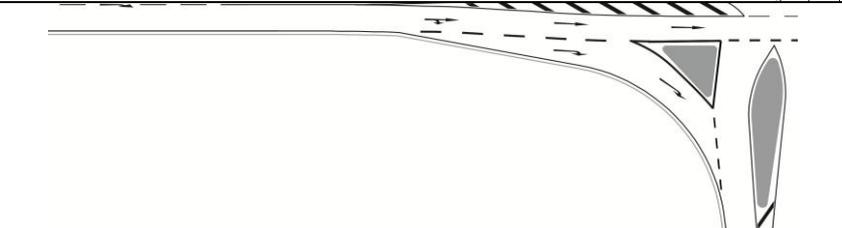
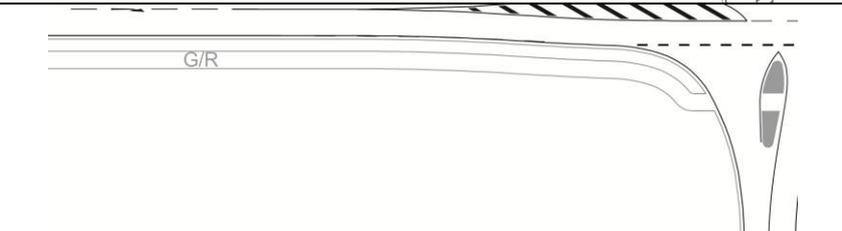
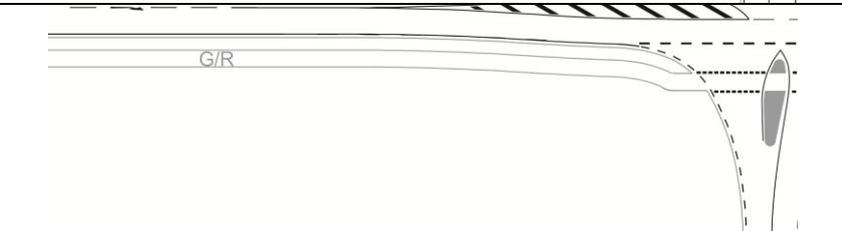
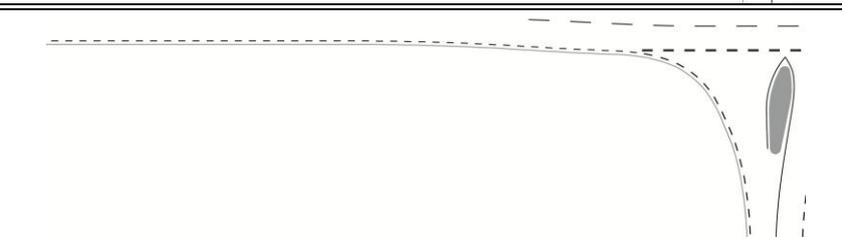
Rechts- abbiegetyp	Skizze	zugeordneter Zufahrtstyp
RA1		KE1 / KE2
RA2		KE1 / KE2
RA3		KE3
RA4		KE4
RA5*		KE5*
RA6*		KE6*

Abbildung 4-11 Rechtsabbiegetypen (RAL, 2012)

EKL der Straße, aus der abgebogen wird	Betriebsform des Knotenpunkts	EKL der Straße, in die abgebogen wird	gesonderte Führung von Radfahrern/Fußgängern		Rechtsabbiegetyp	Zugehöriger Zufahrtstyp für Kreuzen/Einbiegen
			parallel zur übergeordneten Straße über die untergeordnete Zufahrt	quer zur übergeordneten Straße		
EKL 2	mit LSA	EKL 2/EKL 3	ja	ja	RA1	KE1/KE2
(EKL 2)/EKL 3	mit LSA	EKL 3/EKL 4	ja	ja	RA2	KE1/KE2
EKL 3	ohne LSA	EKL 3	nein	nein	RA3	KE3
	ohne LSA	EKL 3	ja	ja*	RA4	KE4
	ohne LSA	EKL 4	ja	ja*	RA5	KE5
EKL 4	ohne LSA	EKL 4	-	-	RA6	KE6
*) Nur bei Einmündungen anwendbar. Die Querung erfolgt über eine Querungshilfe im Bereich der Sperrfläche, die dem Linksabbiegestreifen gegenüber liegt. () Ausnahme						

Abbildung 4-12 Einsatzbereiche von Rechtsabbiegetypen (RAL, 2012)

Der **Rechtsabbiegetyp RA1** besteht aus einem zur Hauptfahrbahn parallel geführten Rechtsabbiegestreifen, einer Dreiecksinsel sowie einem großen Tropfen (vgl. Kapitel 4.3.2.1). Die Länge des Rechtsabbiegestreifens setzt sich aus der Verziehungsstrecke l_z , der Verzögerungsstrecke l_v und der Aufstellstrecke l_a zusammen.

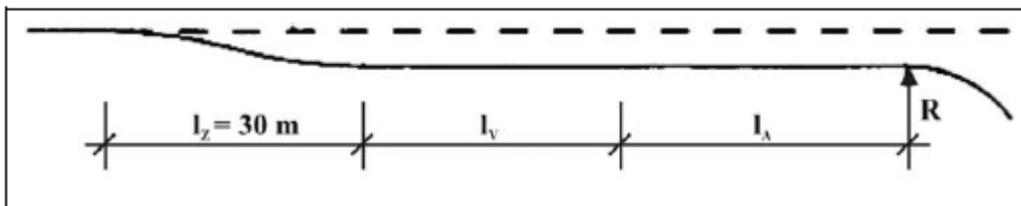


Abbildung 4-13 Bemessung von Rechtsabbiegestreifen (RAL, 2012)

Die Länge der Verziehungsstrecke l_z beträgt 30 m. Die Länge der Verzögerungsstrecke l_v beträgt 40 m bei Straßen der EKL 2 und 20 m bei Straßen der EKL 3. Die Länge der Aufstellstrecke l_a , die an der Warte- bzw. Haltlinie beginnt, entspricht der erforderlichen Länge des Stauraumes gemäß den Berechnungen nach dem HBS. Der Rechtsabbiegestreifen ist 3,25 m breit. Die Fahrbahnbreite zwischen Dreiecksinsel und Fahrbahnrand beträgt mindestens 5,50 m. Die Befahrbarkeit ist mit Schleppkurven nachzuweisen. Die Eckausrundung erfolgt mit einem einfachen Kreisbogen. Dessen Radius ergibt sich aus den vorhandenen geometrischen Zwangslagen (Fahrbahnrand des Rechtsabbiegestreifens sowie Mindestab-

stände zur Dreiecksinsel und zum großen Tropfen). Kapitel 4.3.2.2 enthält Hinweise zur Ausbildung der Dreiecksinsel. Rechtsabbieger sollen in die Signalsteuerung mit einbezogen werden. Sind parallel geführte Fußgänger bzw. Radfahrer vorhanden, sollen Rechtsabbieger eine separate Phase erhalten.

Der **Rechtsabbiegetyp RA2** besteht aus einem zur Hauptfahrbahn parallel geführten Rechtsabbiegestreifen und einem kleinen Tropfen (vgl. Kapitel 4.3.2.1). Die Längen der Verziehungs-, Verzögerungs- und Aufstellstrecken ergeben sich analog dem Rechtsabbiegetyp RA1. Der Rechtsabbieger soll in die Signalsteuerung mit einbezogen werden.

Der **Rechtsabbiegetyp RA3** wird als Eckausrundung mit einem Kreisbogen, einem großen Tropfen sowie einer Dreiecksinsel ausgeführt. Die Wartepflicht des Rechtsabbiegers ist durch Verkehrszeichen zu verdeutlichen. Die Fahrbahnbreite zwischen Dreiecksinsel und Fahrbahnrand beträgt mindestens 5,50 m. Die Befahrbarkeit ist mit Schleppekurven nachzuweisen. Der Kreisbogen der Eckausrundung besitzt einen Radius von 25 m. Der Rechtsabbiegetyp ist nicht geeignet, wenn Sonderwege für Fußgänger oder Radfahrer in einer der beiden Straßen den gesonderten Rechtsabbiegestrom queren müssen.

Der **Rechtsabbiegetyp RA4** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem kleinen Tropfen ausgeführt. Wenn Radfahrer und Fußgänger auf einem Sonderweg parallel zur übergeordneten Fahrbahn über die untergeordnete Zufahrt geführt werden, soll die Querung abgesetzt von der übergeordneten Fahrbahn (in der Regel mindestens 6,00 m entfernt) wartepflichtig (ohne Furtmarkierung) über den kleinen Tropfen erfolgen.

Der **Rechtsabbiegetyp RA5** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem kleinen Tropfen ausgeführt. Wenn Radfahrer und Fußgänger auf einem Sonderweg parallel zur übergeordneten Fahrbahn über die untergeordnete Zufahrt geführt werden, soll die Querung nah zur übergeordneten Fahrbahn (in der Regel bis zu 4,00 m entfernt) auf einer (rot eingefärbten) Furt bevorrechtigt über den kleinen Tropfen erfolgen.

Der **Rechtsabbiegetyp RA6** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem kleinen Tropfen ausgeführt. Er kommt lediglich kombiniert mit dem Linksabbiegetyp LA4 zur Anwendung.

4.2.3 Kreuzen und Einbiegen

Fahrestreifen für einbiegende und kreuzende Verkehrsströme bei plangleichen Einmündungen/Kreuzungen sowie plangleichen Teilknotenpunkten dienen als Stauraum für wartepflichtige Fahrzeuge. Zur Verdeutlichung der Wartepflicht sind in der Regel Fahrbahnteiler auszuführen. Die Fahrlinie kreuzender Fahrzeuge soll möglichst geringe Richtungsänderungen aufweisen.

An plangleichen Einmündungen innerhalb von teilplanfreien und teilplangleichen Knotenpunkten sollte der Aufstellbereich möglichst auf das gerade Teilstück der Rampe begrenzt bleiben.

An plangleichen Einmündungen und Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage ist der Aufstellbereich einstreifig auszubilden. Die Fahrbahnbreite neben dem Fahrbahnteiler beträgt 4,50 m (einschließlich Randstreifen bzw. Randmarkierung).

An plangleichen Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen kann der Aufstellbereich auch mehrstreifig ausgebildet werden. Die Länge zusätzlicher Aufstellstreifen ergibt sich gemäß HBS.

Separate Aufstellstreifen für Linkseinbieger erhalten eine geschlossene Einleitung; alle anderen zusätzlichen Aufstellstreifen erhalten eine offene Einleitung. Für plangleiche Knotenpunkte und Teilknotenpunkte werden sechs Zufahrtstypen für Kreuzen und Einbiegen unterschieden (Abbildung 4-14).

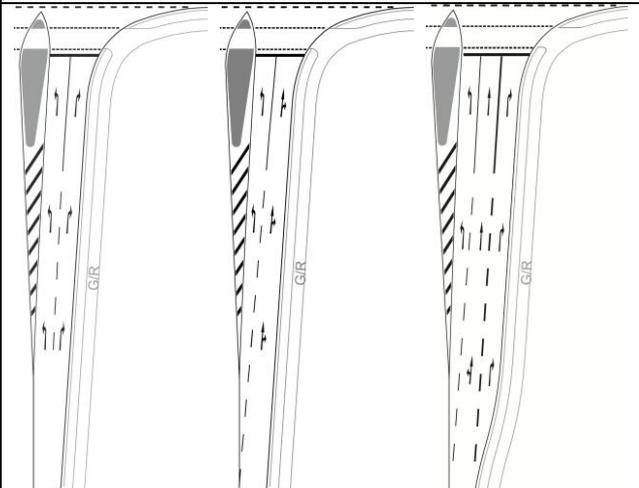
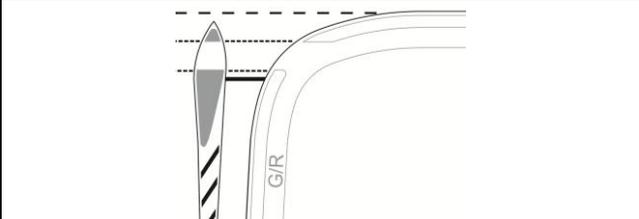
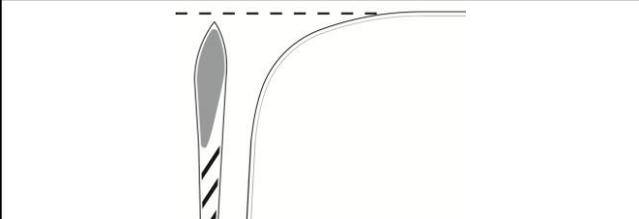
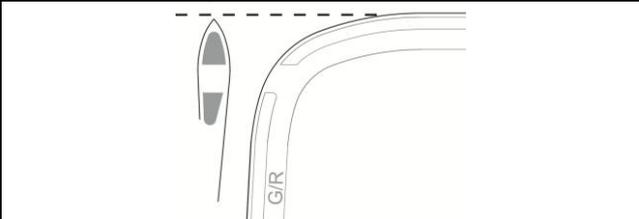
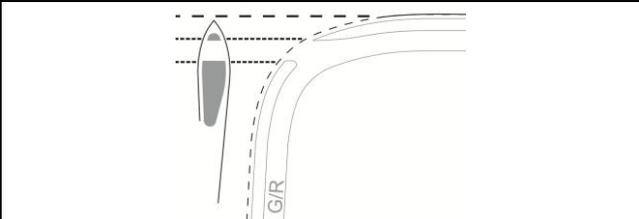
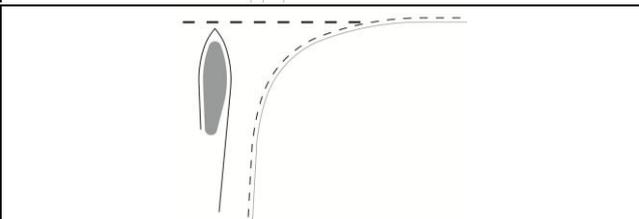
Zufahrtstyp	Skizze	zugeordneter Rechtsabbiegetyp
KE1**		RA1 / RA2
KE2**		RA1 / RA2
KE3		RA3
KE4		RA4
KE5		RA5
KE6		RA6*

Abbildung 4-14 Zufahrtstypen für Kreuzen und Einbiegen (RAL, 2012)

Der **Zufahrtstyp KE1** besteht aus separaten Aufstellstreifen für Linkseinbieger, Rechtseinbieger und kreuzende Fahrzeuge sowie einem Fahrbahnteiler. Die Eckausrundung wird als eine dreiteilige Kreisbogenfolge ausgeführt. Als Fahrbahnteiler wird in Kombination mit dem Rechtsabbiegetyp RA1 ein großer Tropfen und in Kombination mit dem Rechtsabbiegetyp RA3 ein kleiner Tropfen verwendet. Der Zufahrtstyp KE1 kommt bei Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage nur zur Anwendung, wenn dadurch die Kapazität des Knotenpunktes erhöht werden soll. Notwendige Fahrbahnverbreiterungen und deren geometrische Anordnung sind analog zu Verzierungen auf der freien Strecke auszuführen. Sind bei Kreuzungen nicht für alle Verkehrsströme separate Aufstellstreifen nötig, können der kreuzende und der rechts einbiegende Verkehrsstrom zusammengefasst werden.

Der **Zufahrtstyp KE2** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem Fahrbahnteiler ausgeführt. Als Fahrbahnteiler wird in Kombination mit dem Rechtsabbiegetyp RA2 ein kleiner Tropfen verwendet. Zur Verdeutlichung der Wartepflicht und zur Verbesserung der Sicht nach links ist die Eckausrundung unter Berücksichtigung der fahrgeometrischen Anforderungen des Bemessungsfahrzeugs möglichst klein auszubilden. Die Fahrbahn zwischen Fahrbahnteiler und Eckausrundung ist mindestens 4,50 m breit.

Der **Zufahrtstyp KE3** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und mit einem großen Tropfen ausgeführt. Zur Verdeutlichung der Wartepflicht für den zufahrenden Verkehr und zur Verbesserung der Sicht nach links soll die Eckausrundung unter Berücksichtigung der fahrgeometrischen Anforderungen des Bemessungsfahrzeuges möglichst klein ausgebildet werden. Die Fahrbahn zwischen Tropfen und Eckausrundung ist mindestens 4,50 m breit. Biegt der Rechtseinbiegestrom in eine Fahrbahn mit hoher Steigung ein und weist einen hohen Schwerverkehrsanteil auf, kann die Ausbildung eines Einfädelungstreifens mit einer Länge l_E von mindestens 150 m zweckmäßig sein. In diesen Fällen sind die Rechtseinbieger hinter einer Dreiecksinsel zu führen.

Der **Zufahrtstyp KE4** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem kleinen Tropfen ausgeführt. Wenn Radfahrer und Fußgänger parallel zur übergeordneten Fahrbahn auf einem Sonderweg über die untergeordnete Zufahrt geführt werden müssen, wird die Querung wie beim Rechtsabbiegetyp RA4 ausgebildet. Zur Verdeutlichung der Wartepflicht für den zufahrenden Verkehr und zur Verbesserung der Sicht nach links soll die Eckausrundung unter Berücksichtigung der fahrgeometrischen Anforderungen des Bemessungsfahrzeugs möglichst klein ausgebildet werden. Die Fahrbahn zwischen Tropfen und Eckausrundung ist mindestens 4,50 m breit.

Der **Zufahrtstyp KE5** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem kleinen Tropfen ausgeführt. Wenn Radfahrer und Fußgänger parallel zur übergeordneten Fahrbahn auf einem Sonderweg über die untergeordnete Zufahrt geführt werden müssen, wird die Querung wie beim Rechtsabbiegetyp RA5 ausgebildet. Zur Verdeutlichung

der Wartepflicht für den zufahrenden Verkehr und zur Verbesserung der Sicht nach links soll die Eckausrundung unter Berücksichtigung der fahrgeometrischen Anforderungen des Bemessungsfahrzeugs möglichst klein ausgebildet werden. Die Fahrbahn zwischen Tropfen und Eckausrundung ist mindestens 4,50 m breit.

Der **Zufahrtstyp KE6** wird als Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge und einem kleinen Tropfen ausgeführt. Er ist nicht geeignet, wenn Radfahrer und Fußgänger parallel zur übergeordneten Fahrbahn auf einem Sonderweg über die untergeordnete Zufahrt geführt werden müssen. Bei der Ausbildung der Hauptbogenradien für die Eckausrundung wird in Kauf genommen, dass rechts einbiegende Fahrzeuge des Schwerverkehrs kurzzeitig Verkehrsflächen des Gegenverkehrs in Anspruch nehmen.

4.2.4 Führung des Fußgänger- und Radverkehrs bei Einmündungen / Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage

Der Fußgänger- und/oder Radverkehr parallel zur übergeordneten Straße soll aus Sicherheitsgründen in der Regel nicht bevorrechtigt werden. Die Führung über die untergeordnete Straße soll dann etwa 6 m abgesetzt von der bevorrechtigten Fahrbahn über den Fahrbahnteiler erfolgen. Wird die Wartepflicht durch Verkehrszeichen verdeutlicht, ist eine Furtmarkierung oder Roteinfärbung nicht zulässig. Wird der Radverkehr bevorrechtigt geführt (z.B. bei einmündenden Straßen mit geringer Verkehrsbelastung oder bei Hauptverbindungen des Radverkehrs), soll der begleitende Radweg auf beiden Seiten der Einmündung weit vor der Furt (> 20 m) an die Fahrbahn herangeschwenkt werden. Die Furt wird dann fahrbahnnahe vor einem eventuell vorhandenen Fahrbahnteiler angelegt und rot eingefärbt. Links abbiegender nicht motorisierter Verkehr soll bei Führung auf gemeinsamen Geh-/Radwegen indirekt geführt werden. Wenn der nicht motorisierte Verkehr die übergeordnete Straße queren muss, z.B.

- zwischen der untergeordneten, einmündenden Straße und einem gegenüberliegenden Geh-/Radweg parallel zur übergeordneten Straße,
- auf einem Geh-/Radweg im Zuge der untergeordneten, kreuzenden Straße oder
- auf einem einseitigen Geh-/Radweg im Zuge der übergeordneten Straße, der in Höhe des Knotenpunktes die Straßenseite wechselt, kann zur Sicherung des Quervorganges eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ggf. mit ortsfester Überwachung sowie eine Mittelinsel zweckmäßig sein. An Einmündungen mit Linksabbiegetyp LA2 kann die dem Linksabbiegestreifen gegenüberliegende Sperrfläche als Querungshilfe genutzt werden.

An Kreuzungen mit Linksabbiegetyp LA2 sollen die Querungen des nicht motorisierten Verkehrs auf eine Stelle konzentriert werden. Dazu kann die Einleitung des Linksabbiegestreifens mit einer Sperrfläche, die als Querungshilfe dient, ausgebildet werden. Die Nutzung von

Mittelinseln als Querungshilfe erfordert eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h.

4.2.5 Führung des Fußgänger- und Radverkehrs bei Einmündungen / Kreuzungen mit Lichtsignalanlage

Bei Einmündungen/Kreuzungen mit Lichtsignalanlage soll der Fußgänger- und Radverkehr durch eigene Signalgeber in die verkehrsabhängige Steuerung der Lichtsignalanlage einbezogen werden. Die Führung erfolgt dabei in der Regel möglichst nahe zur bevorrechtigten Fahrbahn vor dem Fahrbahnteiler in der untergeordneten Knotenpunktzufahrt. Bei der Verwendung der Rechtsabbiegetypen RA1 und RA2 sollen die rechts abbiegenden Kraftfahrzeuge in Abstimmung mit der Signalisierung des nicht motorisierten Verkehrs eine eigene Phase in der Signalsteuerung erhalten.

4.3 Knotenpunktelemente

4.3.1 Durchgehende Fahrstreifen

Durchgehende Fahrstreifen sind im Knotenpunktbereich ebenso breit wie die Fahrstreifen auf den angrenzenden knotenpunktfreien Streckenabschnitten. In zu begründenden Ausnahmefällen kann die Breite vor dem Knotenpunkt um 0,25 m verringert werden, wenn nur dadurch die erforderlichen Fahrstreifen für abbiegende Verkehrsströme geschaffen werden können.

Müssen durchgehende Fahrstreifen zur Anlage von Linksabbiegestreifen bzw. Fahrbahnteilern verzogen werden, dann ist analog zu Verziehungen auf der freien Strecke zu verfahren (siehe Skript „Bemessungsgrundlagen im Straßenwesen“). In Kreisbögen ergibt sich die notwendige Verbreiterung der Fahrstreifen ebenfalls analog zur freien Strecke.

4.3.2 Verkehrsinseln

Durch die Anlage von Inseln wird die Führung von Fahrzeugströmen verdeutlicht. Gleichzeitig dienen sie als Standort für Verkehrseinrichtungen wie Verkehrszeichen, Lichtsignalgeber und Wegweiser. Weiterhin werden durch Inseln

- innerhalb bebauter Gebiete vorwiegend Fußgänger und Radfahrer geschützt und diesen Verkehrsteilnehmern das Überqueren der Fahrbahn durch Teilen der Überquerungslänge und Trennen der Fahrzeugströme erleichtert,
- außerhalb bebauter Gebiete vorwiegend die Wartepflicht in den untergeordneten Knotenpunktarmen verdeutlicht, die Sichtverhältnisse verbessert, der Knotenpunkt angekündigt und der Straßenraum räumlich gegliedert.

Innerhalb bebauter Gebiete müssen Inseln so groß sein, dass sie eine ausreichende Wartefläche für Fußgänger und Radfahrer schaffen, wobei die für die angrenzenden Fahrstreifen erforderlichen seitlichen Sicherheitsabstände berücksichtigt werden müssen. Die einfassenden Borde werden an den Überquerungsstellen für Fußgänger und Radfahrer abgesenkt. Die Erkennbarkeit der Inseln kann durch einleitende Markierungen, Verkehrszeichen, Poller, Schutzplanken, Wegweiser, Beleuchtung und niedrige, nicht sichtbehindernde Bepflanzung verbessert werden.

4.3.2.1 Fahrbahnteiler

In den untergeordneten Knotenpunktzufahrten sollen grundsätzlich Fahrbahnteiler vorgesehen werden, um die Kraftfahrer auf die Wartepflicht hinzuweisen. Eine Ausnahme bilden Knotenpunkte im Zuge von Straßen der EKL 4.

Fahrbahnteiler werden mit Flachborden ausgebildet. Die Überquerungsstellen für Fußgänger und Radfahrer sind auf Fahrbahnniveau abzusenken. Bei Knotenpunkten mit dem Rechtsabbiegetyp RA1 oder RA3 sollen Radfahrer auf der übergeordneten Straße vor dem Fahrbahnteiler der einmündenden Straße geführt werden. In allen anderen Fällen sollen Radfahrer in der Regel von der übergeordneten Straße abgesetzt über den Fahrbahnteiler der einmündenden Straße geführt werden. Bei abgesetzter Führung ist der Radverkehr aus Sicherheitsgründen mit Wartepflicht zu belegen; dies ist durch Verkehrszeichen zu verdeutlichen. Fußgänger werden entsprechend über den Fahrbahnteiler geführt (siehe Abbildung 4-15 rechts unten).

Fahrbahnteiler an Einmündungen und Kreuzungen werden als großer oder kleiner Tropfen ausgebildet (siehe Abbildung 4-15).

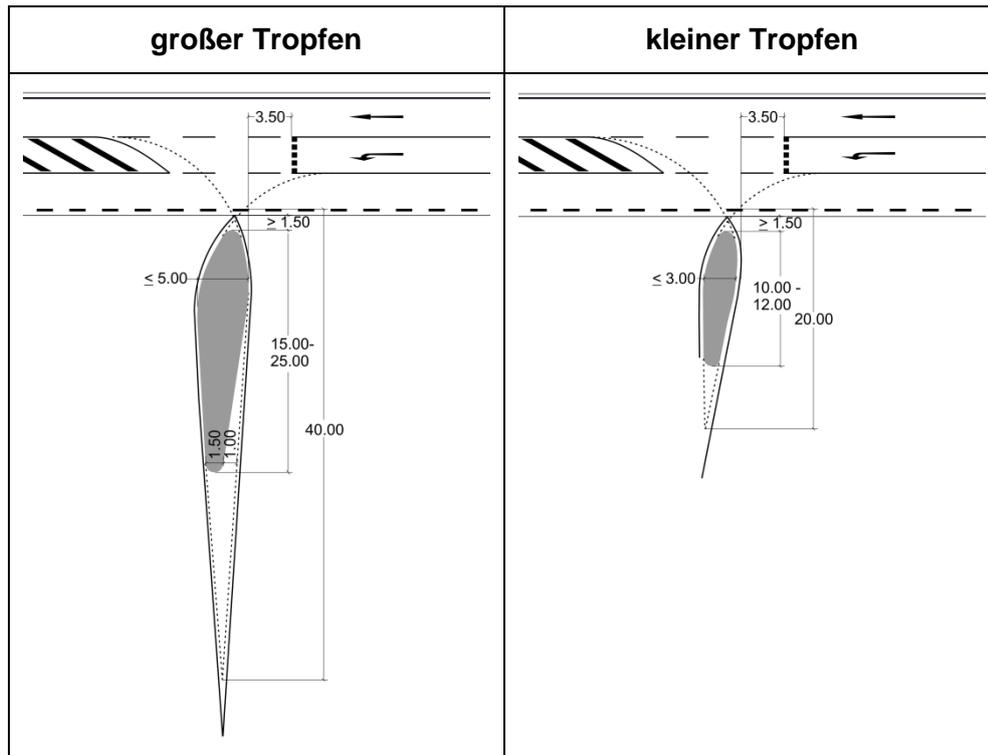


Abbildung 4-15 Fahrbahnteiler an Einmündungen und Kreuzungen (RAL, 2012)

Der **große Tropfen** kommt in Verbindung mit den Rechtsabbiegetypen RA1 und RA3 zur Anwendung. In allen anderen Fällen wird der **kleine Tropfen** angewendet. Konstruktionsverfahren zur Ausbildung großer und kleiner Tropfen sind im Anhang 6 der RAL 2012 enthalten. An Kreuzungen soll ein gleichzeitiges Linksabbiegen möglich sein, dabei dürfen sich die Bewegungsspielräume der Bemessungsfahrzeuge nicht überschneiden. Ob die Fahrbahnteiler weiter vom Fahrbahnrand der übergeordneten Straße abgerückt werden müssen, ist mit Schleppkurven gemäß dem Wissensdokument „Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen“ (Ausgabe 2001, FGSV) zu überprüfen. Soll an Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen ein gleichzeitiges Linkseinbiegen möglich sein, müssen separate Aufstellstreifen für Linkseinbieger ausgeführt werden. Die Bewegungsräume der Bemessungsfahrzeuge dürfen sich nicht überschneiden. Dies ist ebenfalls mit Schleppkurven zu überprüfen.

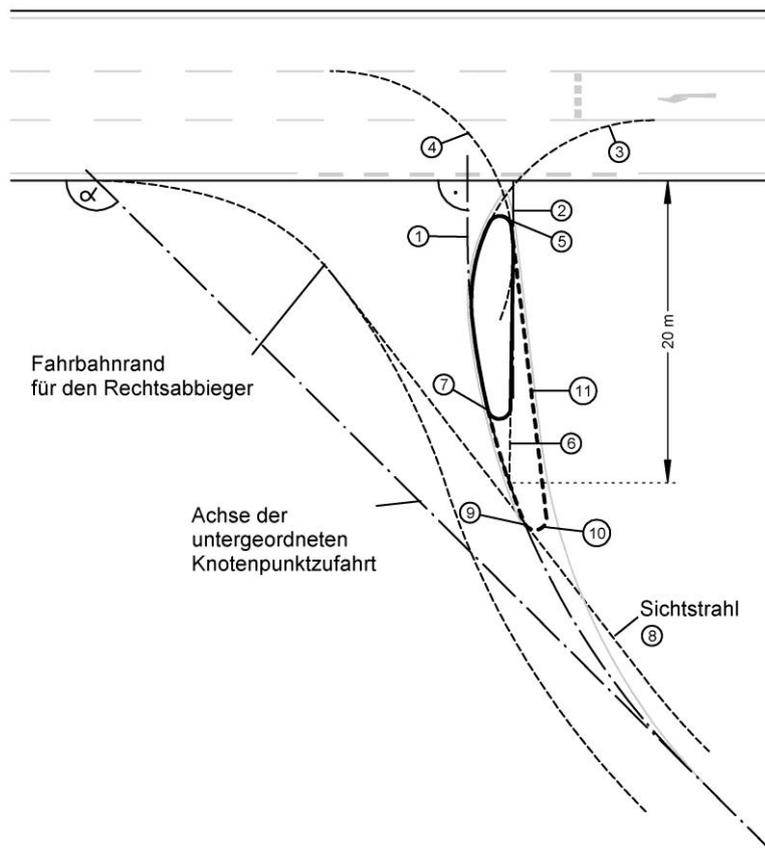


Abbildung 4-16 Sichtstrahlkontrolle für untergeordnete Knotenpunktzufahrten (RAL 2012, Anhang)

In der untergeordneten Knotenpunktzufahrt sollte vor dem Fahrbahnteiler auf etwa 100 m Länge eine (ggf. einseitige) Fahrstreifenbegrenzung (Zeichen 295 oder 296 StVO) ausgeführt werden. Verläuft die Achse der untergeordneten Knotenpunktzufahrt in einer Rechtskurve oder in einer Kuppe, ist - ggf. auch mit Perspektivbildern - die Erkennbarkeit des Fahrbahnteilers und die Begreifbarkeit der Verkehrsführung zu überprüfen, ggf. ist der Fahrbahnteiler zu verlängern. Abbildung 4-16 zeigt die Kontrolle der Erkennbarkeit des Fahrbahnteilers in der untergeordneten Knotenpunktzufahrt in einer Rechtskurve. Ist die Achse der untergeordneten Knotenpunktzufahrt abgekröpft, so wird zwischen der gekrümmten Fahrlinie des auf den Knotenpunkt zufahrenden Wartepflichtigen und dem Fahrbahnrand für den Rechtsabbieger eine Tangente gelegt. Schneidet diese Tangente den Fahrbahnteiler nicht (Abbildung 4-16, Fahrbahnteiler mit durchgezogenem Rand), ist der Fahrbahnteiler entsprechend zu verlängern (Abbildung 4-16, Fahrbahnteiler mit gestricheltem Rand).

4.3.2.2 Dreiecksinsel

Durch Dreiecksinseln, die in Verbindung mit einem Ausfahrkeil oder einem Rechtsabbiegestreifen angelegt werden, können rechtsabbiegende Kraftfahrzeuge zügig und auch außerhalb von Lichtsignalsteuerungen aus dem Geradeausverkehr der übergeordneten Straße herausgeführt werden. Außerorts werden Dreiecksinseln von der Außenkante des Fahrstreifens der durchgehenden Fahrbahn um 0,50 m parallel abgesetzt und mit Flachborden ausgebildet. Die Überquerungsstellen für Fußgänger und Radfahrer sind auf Fahrbahnniveau abzusenken. Die Kanten von Dreiecksinseln werden in der Regel parallel zum jeweiligen Fahrstreifenrand ausgebildet. Bei geringer Länge können sie auch gerade geführt werden. Sie sollen nicht kürzer als 5,00 m und nicht länger als 20 m sein. Dadurch bleibt der Bereich, in dem Rechtsabbieger und Linksabbieger zusammentreffen, begrenzt und übersichtlich. Verläuft über eine Dreiecksinsel eine Rad- oder Fußgängerfurt, sollen die neben den Furten verbleibenden Inselkanten mindestens 1,50 m lang sein. Die Erkennbarkeit von Dreiecksinseln kann durch

- einleitende Markierungen,
- Verkehrszeichen (z.B. Wegweiser),
- Lichtsignalgeber und
- Reflektoren

verbessert werden. Konstruktionshinweise für Dreiecksinseln enthält der Anhang 6 der RAL 2012.

4.3.3 Eckausrundung

Die Fahrbahnränder der Knotenpunktarme werden durch Eckausrundungen miteinander verbunden. Die Mindestabmessungen der Bögen müssen den fahrgeometrischen Anforderungen der Fahrzeuge genügen, die den Knotenpunkt regelmäßig befahren. Bei der Kurvenfahrt eines Fahrzeuges beschreiben seine Hinterräder einen engeren Bogen als die Vorderäder. Dadurch entsteht eine Schleppkurve und eine sichelförmige Verbreiterung der überfahrenen Fläche. Die Form der Schleppkurve hängt vom Abstand zwischen Vorderachse und hinterster Achse eines Lkw sowie davon ab, ob der Lenkradeinschlag „stetig zunehmend“ oder „sehr schnell zunehmend“ erfolgt. Das Wissensdokument „Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen“ (Ausgabe 2001, FGSV) enthält für die wichtigsten Fahrzeugarten Schleppkurven, die eine Überprüfung der Befahrbarkeit von Eckausrundungen ermöglichen. Abbildung 4-17 zeigt beispielhaft die Schleppkurven für das Bemessungsfahrzeug „Lastzug“.

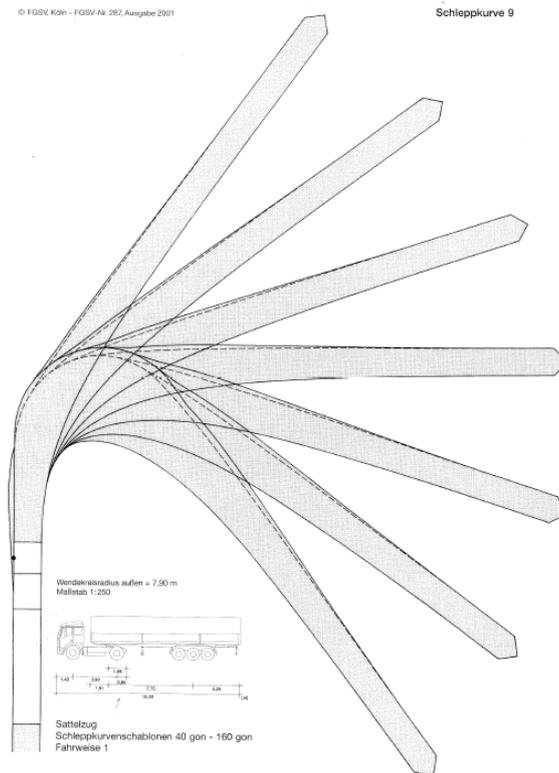


Abbildung 4-17 Beispiel einer Schleppkurvenschablone eines Sattelzuges (Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen (Ausgabe 2001, FGSV))

Als Eckausrundung kommt neben dem einfachen Kreisbogen in der Regel die dreiteilige Kreisbogenfolge (Korbbogen) zur Anwendung (Abbildung 4-18). Sie hat insbesondere bei größeren Eckausrundungen Vorteile, da sie der Schleppkurve der Kraftfahrzeuge besser angepasst ist und bei vergleichbarer Qualität der Befahrbarkeit weniger Fläche in Anspruch nimmt. Der Hauptbogen ist so zu wählen, dass ab- und einbiegende Fahrzeuge in der Regel den Gegenfahrstreifen nicht mit benutzen müssen.

Die dreiteilige Kreisbogenfolge wird mit einem Radienverhältnis

$$R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 3$$

R_1 [m] = Vorbogenradius

R_2 [m] = Hauptbogenradius

R_3 [m] = Auslaufbogenradius

ausgebildet.

Die Radienfolge entspricht der Fahrtrichtung des Rechtsabbiegers bzw. des Rechtseinbiegers. Dabei haben der Vorbogen R_1 und der Auslaufbogen R_3 unabhängig vom gesamten Richtungsänderungswinkel immer konstante Zentriwinkel ($\alpha_1 = 17,5$ gon und $\alpha_3 = 22,5$ gon).

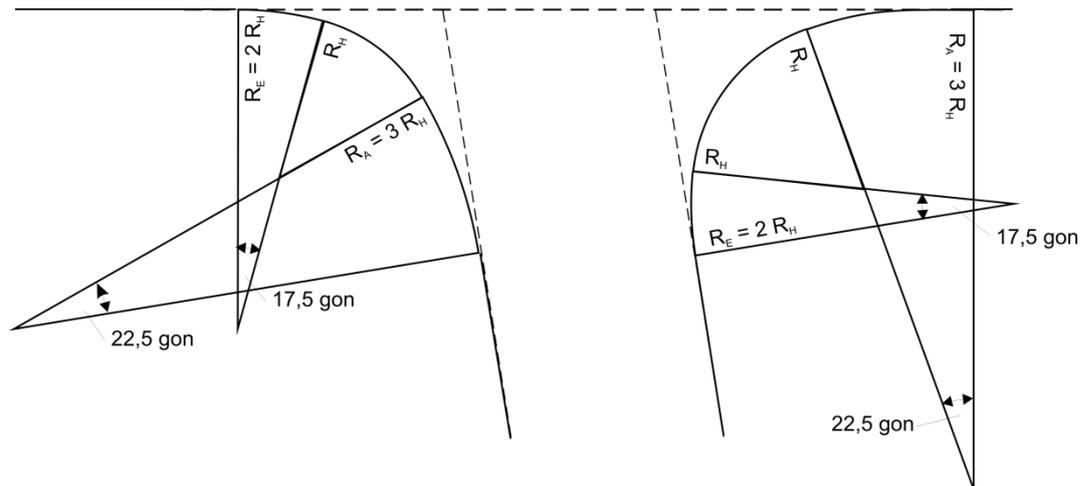


Abbildung 4-18 Eckausrundung mit dreiteiligem Korbboogen (RAL, 2012)

Um die mit einer großen Eckausrundung verbundenen Sichtverschlechterungen für einbiegende Fahrzeuge zu vermeiden, können geringfügige Überstreichungen des Linksabbiegestreifens durch rechtseinbiegende Lastzüge in Kauf genommen werden. Für Knotenpunkte mit einem Kreuzungswinkel von 100 gon und einem Fahrbahnteiler sollte der Hauptbogenradius R_2 für die Rechtsabbiegetypen RA2, RA3 und RA5 15 m und für die Zufahrtstypen für Kreuzen und Einbiegen KE1, KE2, KE3 und KE4 12 m betragen. Für den Rechtsabbiegetyp RA6 sowie den Zufahrtstyp für Kreuzen und Einbiegen KE6 sollten die Radien 12 bzw. 10 m betragen. Die dreiteilige Kreisbogenfolge wird nach dem im Anhang 6 der RAL 2012 enthaltenen Konstruktionsverfahren ausgebildet (vgl. Abbildung 4-19).

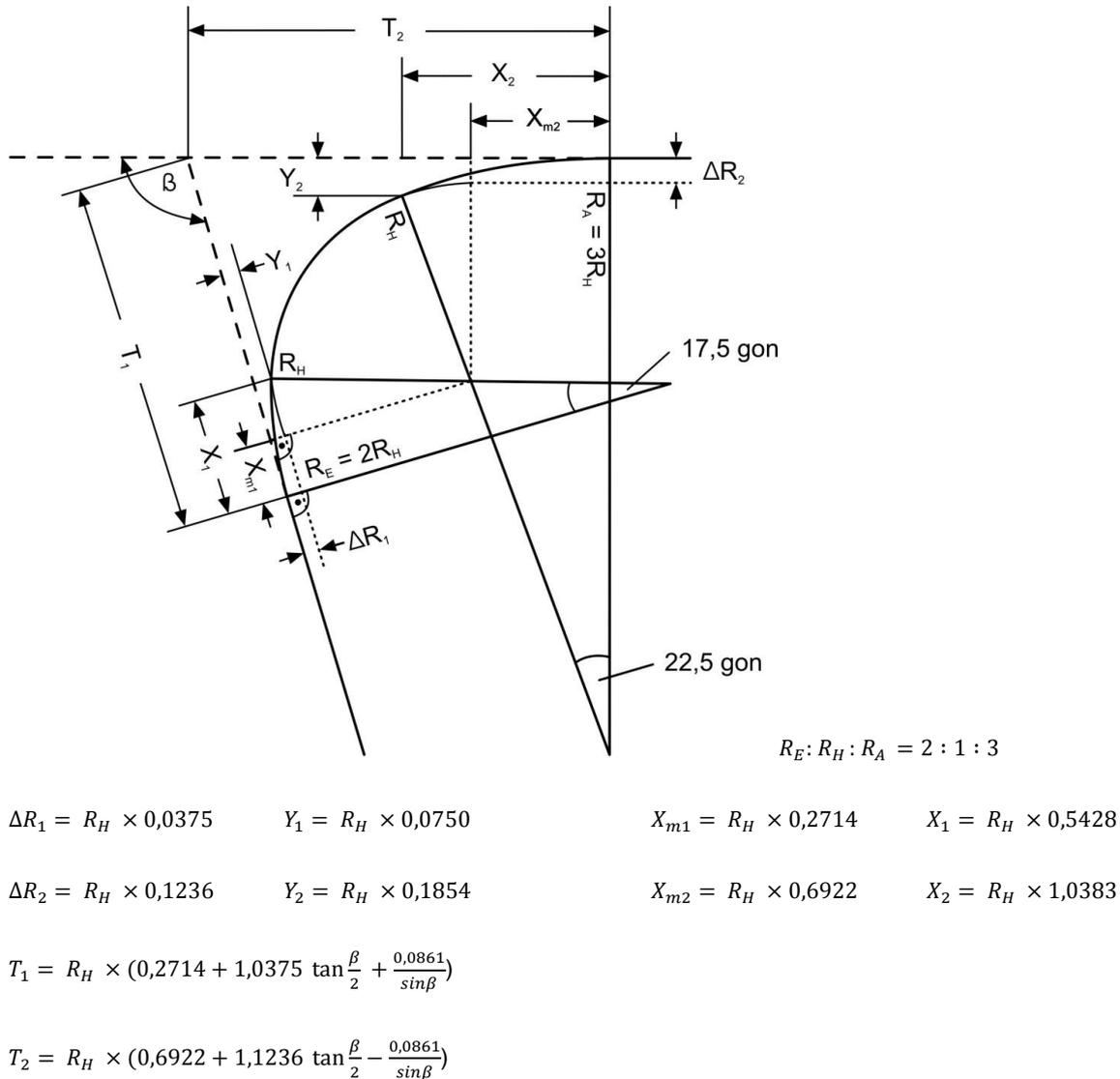


Abbildung 4-19 Konstruktionsbeispiel einer Eckausrundung mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge (RAL, 2012)

Damit die Wartepflicht der **Rechtseinbieger** verdeutlicht und die Sicht nach links verbessert wird, soll die Eckausrundung möglichst klein ausgebildet werden. Darüber hinaus sollte an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage vermieden werden, dass wartende Fahrzeuge nebeneinander stehen und gegenseitige Sichtverdeckungen auftreten können.

4.3.4 Kreisfahrbahn

Die Kreisfahrbahn ist mit einem konstanten Radius und mit konstanter Breite als einstreifig befahrbare Fahrbahn auszuführen. Beim Ausbau eines vorhandenen Kreisverkehrs kann zur Erhöhung der Kapazität die Kreisfahrbahn gemäß dem Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren auch zweistreifig befahrbar ausgebildet werden.

Typ	Kleiner Kreisverkehr	
Außendurchmesser D [m]	$35 \leq D < 40$	$40 \leq D \leq 50$
Breite der Kreisfahrbahn B_K [m]	7,50	7,00

Abbildung 4-20 Abhängigkeit zwischen dem Außendurchmesser D und der baulichen Breite B_K der Kreisfahrbahn (RAL, 2012)

Größere Außendurchmesser erleichtern die Befahrbarkeit durch den Schwerverkehr. Werden Kreisverkehre ausnahmsweise an Straßen der EKL 2 angeordnet, ist ein Außendurchmesser von 45 m und mehr zweckmäßig. Die Kreisfahrbahn ist als eigenständige Fahrbahn zu entwerfen. Sie soll in der Regel zur Entwässerung mit einer Querneigung von 2,5 % nach außen geneigt sein, was auch die Erkennbarkeit des Kreisverkehrs verbessert. Die Schrägneigung soll an keiner Stelle 6 % überschreiten.

4.3.5 Kreisinsel

Die Kreisinsel darf nicht überfahrbar ausgebildet werden. Auf ihr dürfen gegenüber den Kreiszufahrten keine Gegenstände angeordnet werden, die bei einem Anprall durch ein Kraftfahrzeug zu schwerwiegenden Unfallfolgen führen können.

Die Begrenzung der Kreisinsel soll durch Flachborde oder durch andere schräg anlaufende Einfassungen und nicht durch senkrechte Mauern oder Hochborde erfolgen. Die Gestaltung der Kreisinsel als Hügel ist vorteilhaft, da die über den Knotenpunkt hinaus gehenden Sichtbeziehungen unterbrochen werden. Diese Wirkung sollte ggf. aus allen Zufahrten mit Perspektivbildern überprüft werden.

4.3.6 Kreisein- und -ausfahrten

Kreisein- und -ausfahrten sollen einstreifig ausgebildet werden. Sie sind durch Fahrbahnteiler (Abbildung 4-21) zu trennen, welche ein wesentliches Kreisverkehrselement darstellen und folgende Funktionen erfüllen:

- Trennen und Führen des Verkehrs
- Verhindern gefährlicher Wegeverkürzungen
- Verdeutlichung der Wartepflicht
- Überquerungshilfe für Fußgänger und Radfahrer
- Standort für Verkehrszeichen.

Die Achsen der Kreisein- und -ausfahrten sollen senkrecht zum Rand der Kreisfahrbahn verlaufen. Die Fahrbahnteiler sollen an Überquerungsstellen für Fußgänger und Radfahrer mindestens 2,50 m breit sein und auf Fahrbahnniveau abgesenkt werden. Die Breite der

Kreisausfahrt zusammengeführt (Abbildung 4-22). Dabei ist nach HBS nachzuweisen, dass die Ausfahröffnung nicht durch den in die Kreisfahrbahn einfahrenden Verkehr überstaut wird.

Der Bypass ist baulich von der Kreisfahrbahn zu trennen und einseitig gekrümmt auszubilden. Die Fahrbahnbreite des Bypass beträgt 5,50 m. Dem gesondert geführten Fußgänger- und Radverkehr, der den Bypass quert, ist dessen Wartepflicht gegenüber den Kraftfahrzeugen verkehrsrechtlich zu verdeutlichen. Wird beim Neubau von Kreisverkehren mehr als ein Bypass erforderlich, ist zu prüfen, ob eine andere Knotenpunktart zweckmäßiger ist.

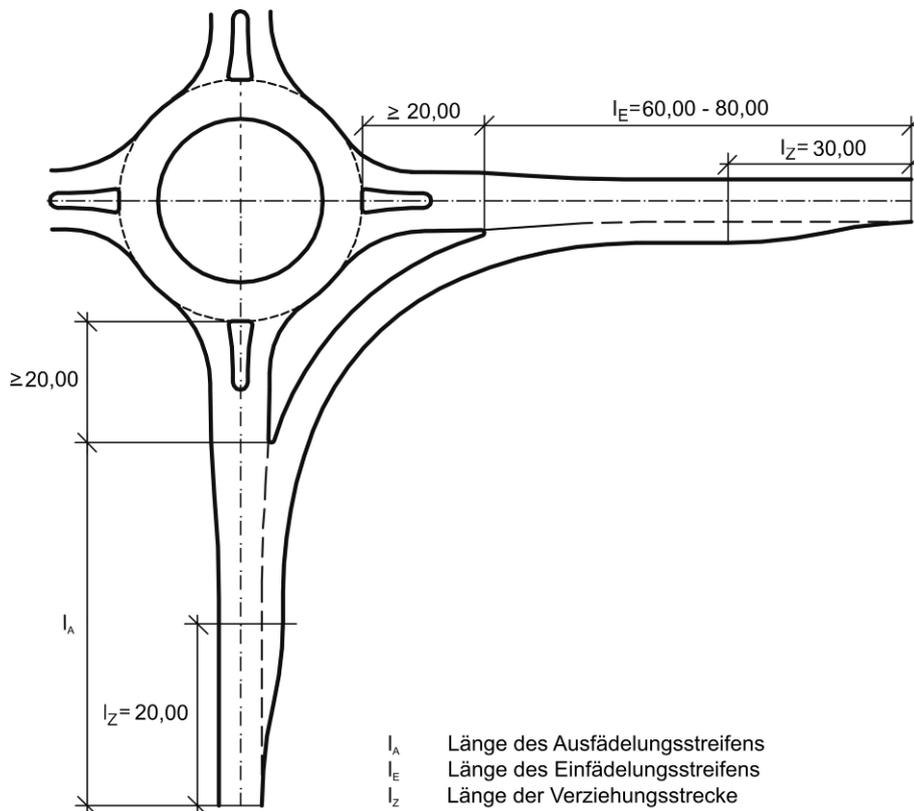


Abbildung 4-22 Bypass an Kreisverkehren (RAL, 2012)

4.4 Sichtfelder

Knotenpunkte müssen aus einer Entfernung erkennbar sein, die es den Kraftfahrern gestattet, gegebenenfalls vor kreuzenden bzw. ein- und abbiegenden Kraftfahrzeugen sowie Radfahrern und Fußgängern anzuhalten. Zusätzlich müssen für wartepflichtige Kraftfahrer, Radfahrer und Fußgänger bestimmte Sichtfelder von ständigen Sichthindernissen (auch Wegweisern) und sichtbehinderndem Bewuchs freigehalten werden. In solchen Sichtfeldern sind nur notwendige verkehrstechnische Einrichtungen wie Lichtmaste, Lichtsignalgeber und Pfosten von Signalgebern zulässig. Eine Ermittlung der freizuhaltenden Sichtfelder soll räumlich erfolgen, wobei folgende Parameter zu berücksichtigen sind:

- Augpunkthöhe für Pkw-Fahrer: 1,00 m,
- Augpunkthöhe für Lkw-Fahrer: 2,50 m (nur bei Unterführung, Wegweisern und Verkehrszeichen zu beachten) und
- Zielpunkthöhe auf der bevorrechtigten Fahrbahn: 1,00 m.

Die Größe der freizuhaltenden Sichtfelder richtet sich nach der Entwurfsklasse bzw. nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit im Knotenpunkt.

Im Einzelnen sind die Sichtfelder für

- die Haltesicht,
- die Anfahrsicht und
- die Annäherungssicht

nachzuweisen.

4.4.1 Haltesicht

In allen Knotenpunktzufahrten muss die nach Abbildung 2-4 ermittelte erforderliche Haltesichtweite S_h eingehalten werden. Sie ist aus Gründen der Sicherheit eine notwendige Mindestanforderung. Damit ist in der Regel auch sichergestellt, dass die Vorfahrtregelung rechtzeitig zu erkennen ist (Abbildung 4-23). Kann das zum Erkennen der Vorfahrtregelung erforderliche Sichtfeld nicht eingehalten werden, muss die Vorfahrtregelung vorangekündigt werden was gegebenenfalls eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erforderlich macht.

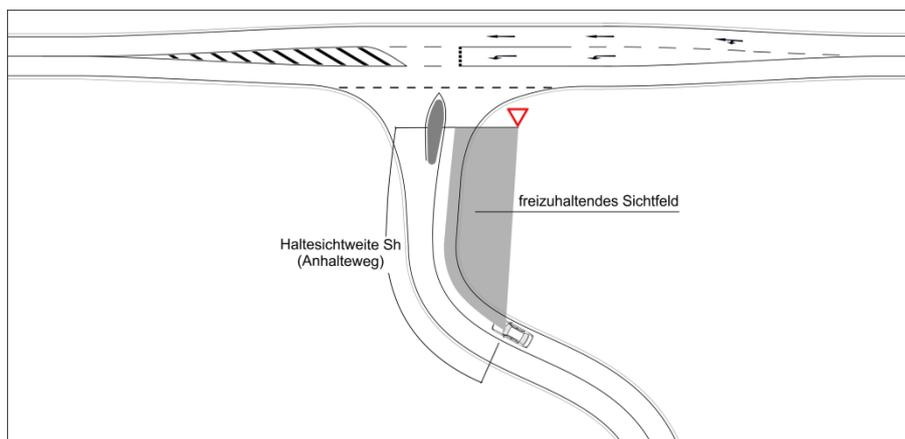


Abbildung 4-23 Freizuhaltendes Sichtfeld für die Haltesicht in untergeordneten Knotenpunktzufahrten (RAL, 2012)

4.4.2 Anfahrsicht

Als Anfahrsicht wird das Sichtfeld bezeichnet, das für einen 3,00 m vor dem Rand der bevorrechtigten Straße wartenden Kraftfahrer nach beiden Seiten einsehbar ist. Es muss hinrei-

chend breit sein, damit der Kraftfahrer mit einer zumutbaren Behinderung der bevorrechtigten Kraftfahrzeuge aus dem Stand in die übergeordnete Straße einfahren kann. Dies gilt sowohl für Einmündungen/Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage als auch für Einmündungen/Kreuzungen mit Lichtsignalanlage.

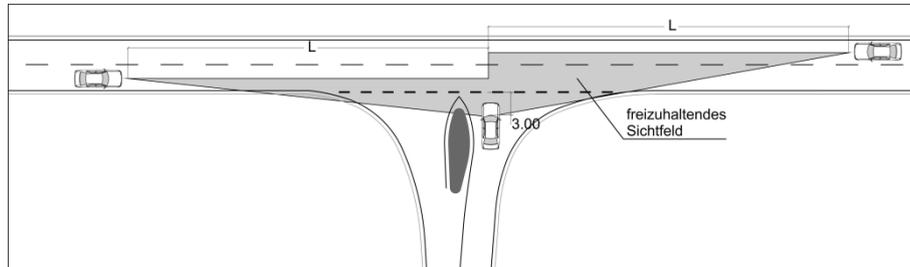


Abbildung 4-24 Freizuhaltenes Sichtfeld für die Anfahrsicht in untergeordneten Knotenpunktzufahrten (RAL, 2012)

Die erforderliche Schenkellänge L des Anfahrsichtfeldes beträgt bei einer Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h 110 m, ansonsten, 200 m. An Knotenpunkten, an denen das jeweilige Anfahrsichtfeld aufgrund örtlicher Zwangsbedingungen nicht freigehalten werden kann, ist eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erforderlich.

4.4.3 Annäherungssicht

Als Annäherungssicht wird das Sichtfeld bezeichnet, das für einen Kraftfahrer auf der untergeordneten Straße in 15 m Entfernung (bei hoher Anzahl einbiegender Schwerlastfahrzeuge 20 m) vom Rand der bevorrechtigten Straße nach beiden Seiten einsehbar ist. Ist die Annäherungssicht hinreichend groß, kann der Kraftfahrer gegebenenfalls ohne Halten in die übergeordnete Straße einfahren (Abbildung 4-25). Aus Gründen der Verkehrssicherheit sollte diese Möglichkeit allerdings nur in Verbindung mit einer Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h in der bevorrechtigten Straße vorgesehen werden, wobei die erforderliche Schenkellänge des Annäherungssichtfeldes dann 110 m beträgt.

An Knotenpunkten, an denen das Annäherungssichtfeld nicht freigehalten werden kann oder an denen die zulässige Höchstgeschwindigkeit nicht auf 70 km/h beschränkt wird, ist das Anhalten mit Zeichen 206 StVO (Haltgebot) und einer Haltlinie anzuordnen.

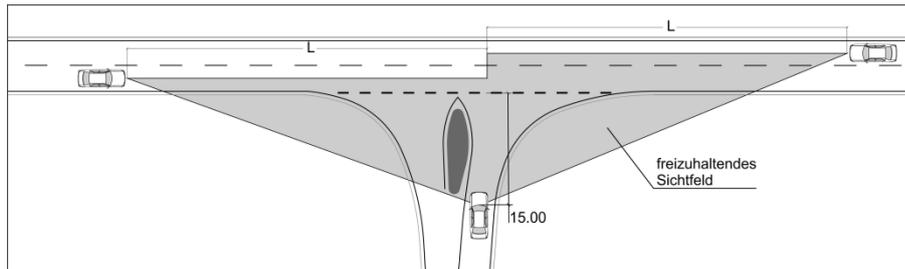


Abbildung 4-25 Freizuhaltendes Sichtfeld für die Annäherungssicht in untergeordneten Knotenpunktzufahrten (RAL, 2012)

4.5 Straßenflächengestaltung

Durch die Abstimmung der Längs- und Querneigungen sowie der Neigungsübergänge in den Knotenpunktzufahrten soll der Abfluss des Oberflächenwassers auf möglichst kurzem Weg gewährleistet werden. Dabei sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Die Neigungen der übergeordneten Straße bleiben unverändert, die der untergeordneten Knotenpunktzufahrten sind der Geometrie der übergeordneten Straße anzupassen.
- Das auf der Fahrbahnfläche einer Knotenpunktzufahrt anfallende Oberflächenwasser soll nicht auf die Knotenpunktfläche und in andere Knotenpunktzufahrten gelangen.
- Bei den untergeordneten Knotenpunktzufahrten plangleicher Knotenpunkte stehen die entwässerungstechnischen Gesichtspunkte gegenüber den fahrdynamischen Belangen im Vordergrund.
- Tiefpunkte von Wannen und Hochpunkte von Kuppen sollen nur in Bereichen mit ausreichender Querneigung ($q \geq 2,5 \%$) angeordnet werden.
- Generell ist eine Mindestschräge von $p \geq 2,0 \%$ anzustreben. In Verwindungsbereichen darf sie verringert werden, jedoch $0,5 \%$ nicht unterschreiten.

Fahrbahnteiler und Dreiecksinseln können die Entwässerung der Fahrbahnoberfläche erleichtern, da sie

- die Knotenpunktflächen gliedern,
- die Ausbildung positiver Querneigungen begünstigen und
- die Anordnung von Tiefpunkten mit Straßenabläufen an den Rändern der Fahrbahnteiler bzw. Dreiecksinseln ermöglichen.

Die Konstruktion der Neigungsübergänge ist Grundlage für die Ermittlung von Deckenhöhenplänen und ggf. erforderlicher Höhenschichtlinienpläne. Höhenschichtlinienpläne mit Falllinien dienen neben der Kontrolle der Deckenhöhenpläne auch der Ermittlung der Tiefpunkte

und der Festlegung erforderlicher Straßenabläufe. Die Ausbildung der Neigungsübergänge und der Tiefpunkte wird davon beeinflusst, ob

- die Gradienten der untergeordneten Knotenpunktzufahrt mit oder ohne Neigungsdifferenz (Knick) an die Querneigung der übergeordneten Straße angeschlossen werden soll (vgl. Abbildung 4-28),
- in den untergeordneten Knotenpunktzufahrten Fahrbahnteiler bzw. Inseln vorgesehen sind und
- in den Fahrbahnflächen der untergeordneten Knotenpunktzufahrten "rechnerische" Grate in Kauf genommen werden.

Die Führung des Oberflächenwassers und die richtige Lage der Straßenabläufe kann durch eine Abwicklung des Fahrbahnrandes als eigenständiger Höhenplan überprüft werden.

4.6 Knotenpunktabstände

Der planerisch erwünschte Abstand ergibt sich unter Berücksichtigung der raumordnerisch angestrebten Reisegeschwindigkeit. Bei Straßen der EKL 1 sollen Knotenpunktabstände von weniger als drei Kilometer und bei Straßen der EKL 2 von weniger als zwei Kilometer vermieden werden. Sind netzbedingt geringe Abstände nicht zu vermeiden, ist zu prüfen, ob zwei dicht beieinander liegende Knotenpunkte zu einem Knotenpunkt zusammengefasst werden können.

4.7 Übergeordnete Straßen

Bei plangleichen Kreuzungen ist die Straße mit der höheren Entwurfsklasse übergeordnet. Werden Straßen mit gleicher Entwurfsklasse verknüpft, ist im Allgemeinen die Straße mit der höheren Verkehrsbelastung übergeordnet.

Die übergeordnete Straße ist in der Regel durch Verkehrszeichen bevorrechtigt. Bei plangleichen Einmündungen ist die durchgehende Straße die übergeordnete Straße, sie wird immer durch Verkehrszeichen bevorrechtigt.

4.8 Linienführung

Die Achsen der zu verknüpfenden Straßen sollen sich möglichst im rechten Winkel, mindestens jedoch unter einem Winkelbereich $80 \text{ gon} \leq \alpha \leq 120 \text{ gon}$ schneiden. Andernfalls soll die Achse der untergeordneten Straße abgekröpft werden. Eine Kreuzung kann dabei im Ausnahmefall in zwei benachbarte Einmündungen aufgelöst werden (Versatz) (Abbildung 4-26 rechts). Dabei ist ein Rechtsversatz günstiger. Hierbei können die Linksabbiegestreifen je nach erforderlicher Länge und Größe des Versatzes hintereinander oder nebeneinander liegen. Eine solche Auflösung kann

- die Kapazität erhöhen,
- die Wartezeiten verringern,
- die Wartepflicht verdeutlichen und
- die Verkehrssicherheit erhöhen.

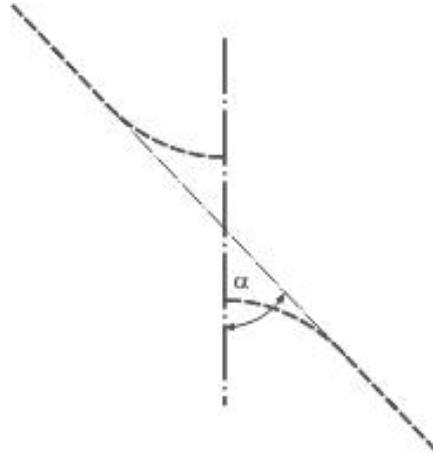
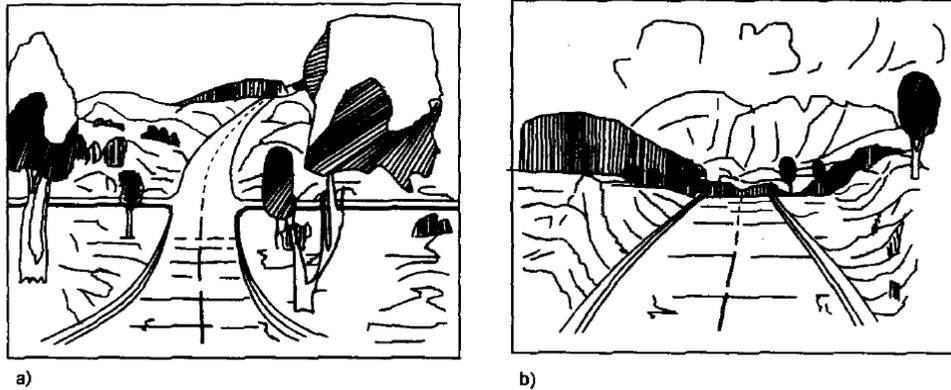


Abbildung 4-26 Abkröpfung der Achse untergeordneter Knotenpunktarme und Auflösung einer Kreuzung in einen Rechtsversatz (RAL, 2012)

Die Übersichtlichkeit und die rechtzeitige Erkennbarkeit der Knotenpunkte sind beim Entwurf die wesentlichen Kriterien, die einzuhalten und für die Verkehrssicherheit von hoher Wichtigkeit sind. Von besonderer Bedeutung ist die frühzeitige Erkennbarkeit der Vorfahrtregelung. Dies gilt vor allem für die untergeordneten Zufahrten ohne Lichtsignalanlage und für die übergeordneten Zufahrten insbesondere dann, wenn Verkehr ohne Lichtsignalanlage abbiegt, einbiegt oder kreuzt. Eine rechtzeitige Erkennbarkeit der Lichtsignalanlage ist aus allen Zufahrten sicherzustellen, weshalb Knotenpunkte an Straßen der EKL 1 und 2 aus Entfernungen von ≥ 300 m und an Straßen der EKL 3 und 4 aus Entfernungen von ≥ 200 m erkennbar sein sollten. Ein Knotenpunkt ist gut zu erkennen, wenn die zu verknüpfenden Straßen in einer Wanne verlaufen (Abbildung 4-27). Zudem kann die Erkennbarkeit der Knotenpunkte durch Verkehrszeichen (insbesondere Vorwegweiser), Leiteinrichtungen sowie die Gestaltung des Seitenraumes verbessert werden.



**Abbildung 4-27 Lage plangleicher Knotenpunkte in Wannen- (a) und in Kuppenlage (b)
(WEISE / DURTH)**

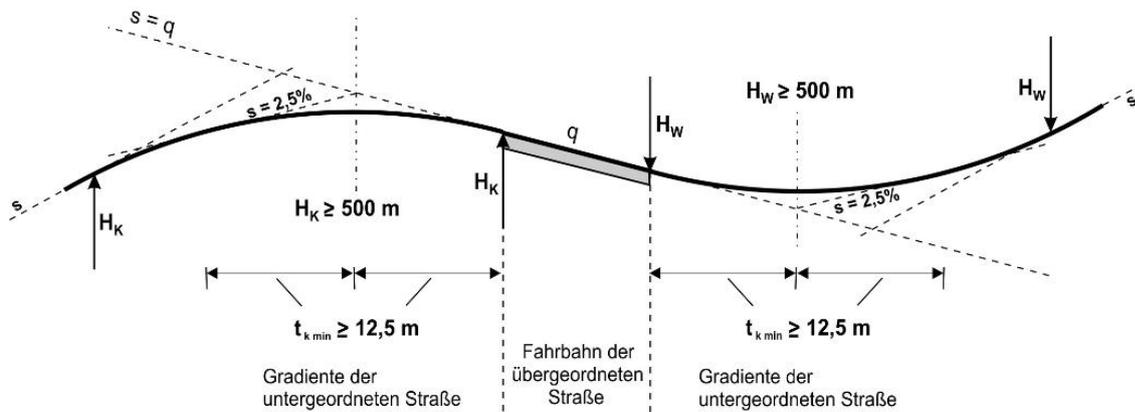
Für die übergeordnete Straße gelten im Knotenpunktbereich die generellen Vorgaben für die Linienführung im Lage- und Höhenplan gemäß den Vorgaben für die freie Strecke unverändert, gleiches gilt prinzipiell für die Ausbildung der Querneigung. Um bei Anlage von plangleichen Knotenpunkten in Kurven den Anschluss untergeordneter Straßen zu erleichtern, kann nach RAL (2012) eine geringere Querneigung angeordnet werden, wenn die zulässige Geschwindigkeit auf 70 km/h begrenzt wird. Diese geringere Querneigung muss für den gesamten Kreisbogen konstant bleiben.

Gradienten und Fahrbahnflächen der untergeordneten Knotenpunktzufahrten sind an die Vorgaben der übergeordneten Straßen anzupassen. Die Längsneigung soll in allen Knotenpunktzufahrten möglichst gering sein. In der übergeordneten Zufahrt soll sie 4 % (max. 6%) nicht überschreiten. Die Längsneigungen der untergeordneten Straßen sollten wegen der Erkennbarkeit des Knotenpunktes und der erforderlichen Brems- bzw. Beschleunigungsvorgänge unterhalb der zulässigen Maximalwerte der Strecke liegen.

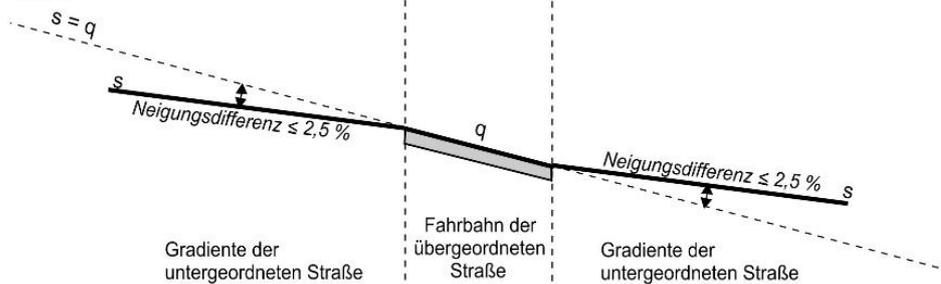
In der unmittelbaren Knotenpunktzufahrt ist auf einer Strecke von $L \geq 25$ m vom Rand der übergeordneten Fahrbahn eine Längsneigung von max 2,5 % anzustreben, wobei die Gradienten der untergeordneten Zufahrt auf unterschiedliche Art an die Querneigung der übergeordneten Fahrbahn angeschlossen werden kann. An Knotenpunkten mit übergeordneten Straßen der EKL 2 und EKL 3 ist ein tangentialer Anschluss (Abbildung 4-28, Fall a) vorzunehmen. Die Neigungsübergänge sollen mit Halbmessern $H_K/H_W \geq 500$ m ausgerundet werden und die Tangentenlänge soll $T \geq 10$ m betragen. Ist unter besonderen Zwangsbedingungen der anzuschließenden Straße ein tangentialer Anschluss nicht möglich, kann ein Knick am Rand der übergeordneten Fahrbahn vorgesehen werden (Abbildung 4-28, Fall b und Fall c). Im Anschluss an den Knick von $> 2,5$ % ist eine Ausrundung mit $H_K/H_W \geq 500$ m nach Abbildung 4-28, Fall c vorzunehmen. Neigungsdifferenzen zwischen der Längsneigung der

untergeordneten Straße und der Querneigung der übergeordneten Straße von $\leq 2,5\%$ müssen nicht ausgerundet werden (Abbildung 4-28, Fall b).

Fall a tangentialer Anschluss



Fall b Anschluss mit Knick



Fall c Anschluss mit Knick und anschließender Ausrundung

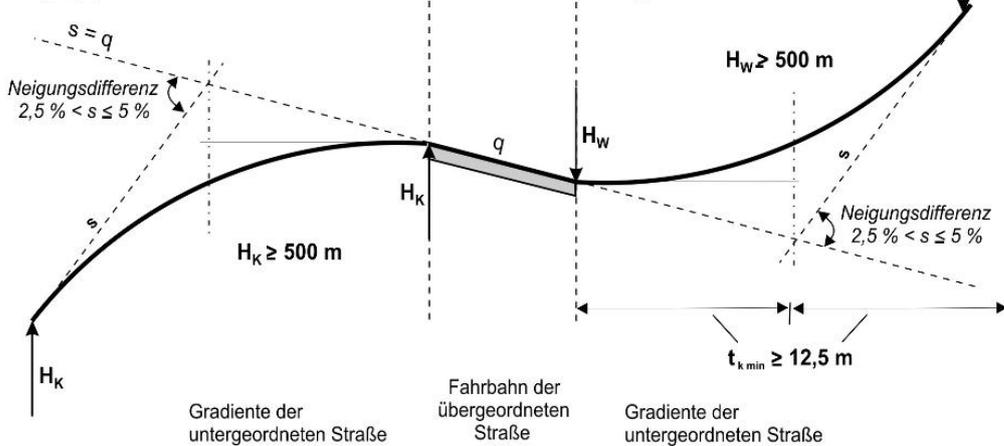


Abbildung 4-28 Anschluss der Gradienten der untergeordneten Knotenpunktzufahrten an die Fahrbahn der übergeordneten Straße (RAL, 2012)

4.9 Verständnisfragen

- Welche Aspekte sollten bei der Wahl des Quadranten für die Verbindungsrampe bei einem teilplangleichen Knotenpunkt berücksichtigt werden?
- Welche verkehrlichen Vorteile bietet ein Rechts- gegenüber einem Linksversatz, falls z.B. aus topographischen Gründen eine Kreuzung in zwei versetzte Einmündungen aufgelöst wird?
- Welche Möglichkeiten gibt es, Knotenpunktsysteme mit mehr als vier zuführenden Knotenpunktarmen zu gestalten?
- Wie sollten Straßen mit abknickender Vorfahrt idealerweise umgestaltet werden?
- Von welcher Randbedingung ist die Länge der Verziehungslänge für Aufweitungen von Linksabbiegestreifen abhängig? Warum?
- Welche Randlinie passt sich besonders gut der Schleppkurve von Lkw an?
- Welche Randbedingungen sind bei der Auswahl der Formen der Linksabbiegerführung zu beachten?
- Welche prinzipiellen Unterschiede bestehen zwischen Kreisverkehrsplätzen innerorts und außerorts?
- Wie kann die Erkennbarkeit eines Knotenpunktes verbessert werden?
- Welche Sichtweiten sind an Knotenpunkten von Bedeutung?
- Welche Grundsätze gelten für die Knotenpunktarten in Abhängigkeit der maßgeblichen Entwurfsklassen?
- Welche Funktion hat ein Bypass an einem Kreisverkehr?

5 Knotenpunkte mit Verkehrsführungen Ein-/Ausfädeln und Verflechten (Planfreie und teilplanfreie Knotenpunkte)

5.1 Grundsätze für die Gestaltung von planfreien Knotenpunkten

Planfreie Knotenpunkte werden in der Regel an Straßen angelegt, die aufgrund ihrer Verkehrsfunktion im Netz und/oder großer Verkehrsstärken den Straßenkategorien AS 0/1, AS II oder LS I zugeordnet werden. Sie dienen der Verknüpfung von Autobahnen untereinander, können aber auch durch die Verknüpfung von Autobahnen mit Landstraßen der EKL 1 nach den RAL entstehen. Demzufolge stellen planfreie Knotenpunkte die Regelform der Verknüpfung von Fern- und überregionalen Straßen sowie von Stadtautobahnen und städtischen Schnellverkehrsstraßen dar. Damit wird der hohe Anspruch an die Sicherheit und Leistungsfähigkeit dieser Strecken gewährleistet. Jedoch bedeutet der große Flächenbedarf solcher Anlagen einen erheblichen Eingriff in das bebaute oder anderweitig genutzte Umfeld.

Grundsätzlich ist zwischen Verknüpfungen von Autobahnen bzw. zweibahnigen Straßen untereinander (**Autobahnknotenpunkten**) und den Verknüpfungspunkten mit nachrangigen planfrei oder plangleich geführten Straßen (**Anschlussstellen**) zu unterscheiden. Während bei Anschlussstellen Kreuzungsvorgänge innerhalb der Anbindung mit der untergeordneten Straße stattfinden, weisen **planfreie Knotenpunkte** planfreie Anschlüsse an beiden kreuzenden Straßen auf.

Planfreie Knotenpunkte bestehen aus einzelnen räumlich aufeinander folgenden Teilbereichen: Den durchgehenden Fahrbahnen, den Ein- und Ausfahrbereichen, den Verbindungsrampen und den Verflechtungsbereichen. Die Verkehrsströme kreuzen sich nicht in einer Ebene, sondern werden nur getrennt und zusammengeführt. Die Einheitlichkeit in der Gestaltung gilt daher weniger für den Gesamtknoten, sondern für diese Teilbereiche. Daher enthalten die „Richtlinien für die Anlage von Autobahnen“ RAA (2008) nur Prinzipskizzen für die Knotenpunktsysteme, aber Entwurfselemente für die Teilbereiche.

Die Anforderungen an die Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit gelten für die planfreien Knotenpunkte genauso wie für die plangleichen Knotenpunkte, beschränken sich aber im Wesentlichen auf die Teilbereiche.

Damit die Verkehrssicherheit gewährleistet ist, werden Erkennbarkeit, Übersichtlichkeit, Begreifbarkeit und Befahrbarkeit gefordert:

Die Erkennbarkeit wird im Wesentlichen durch eine rechtzeitige und auffällige Wegweisung sowie durch horizontale und vertikale Leiteinrichtungen an Trennungs- und Einmündungspunkten erreicht. Vorteilhaft ist auch, wenn die Teilbereiche in einer Wanne liegen und eine frühzeitige und deutliche Verziehung der Ausfädelungstreifen erfolgt. Aufgrund der hohen

Geschwindigkeiten, die auf diesen Strecken gefahren werden, sind die zeitlichen und räumlichen Abstände zwischen den Entscheidungspunkten ausreichend groß anzulegen.

Die Übersichtlichkeit kann nicht wie bei plangleichen Knotenpunkten für den gesamten Knotenpunkt hergestellt werden; dies ist auch nicht erforderlich. Lediglich der nächste zu befahrende Bereich ist übersichtlich zu gestalten, indem ausreichende Sichtfelder und Sichtweiten sichergestellt werden.

Eine gute Begreifbarkeit wird erreicht, indem die Teilbereiche stets einheitlich gestaltet werden. Die Ausfahrten sollten nach oben führend und die Einfahrten von oben kommend angeordnet werden, d.h. die untergeordnete Straße sollte in der Regel über die Autobahn geführt werden. Ein- und Ausfahrten sollten immer im Bereich gestreckter Linienführung liegen. Ist dies nicht gegeben, muss der Verlauf der durchgehenden Fahrbahn deutlich erkennbar bleiben.

Für die Befahrbarkeit muss in allen Teilbereichen eine fahrdynamische Bemessung gemäß den Richtlinien gewährleistet sein.

Wegen der Leistungsfähigkeit ist bei Verkehrsstärken von mehr als 1.800 Kfz/h auf einem Fahrstreifen möglichst der Querschnitt auf der durchgehenden Fahrbahn oder auf den Rampen anzupassen, da sonst besonders in Einfahr-, Ausfahr- und Verflechtungsbereichen die Qualität des Verkehrsablaufes ungenügend ist.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist abhängig von der Verkehrsbelastung und der Umwelt das günstigste Knotenpunktsystem zu wählen, das möglichst wenige Bauwerke aufweisen sollte.

5.2 Grundformen

Die Gestaltung planfreier Knotenpunkte hängt von der Lage des Knotenpunktes im Netz, der Art und Anzahl der zu verbindenden Straßen, der geometrischen Zusammenführung der Verkehrsströme, dem Typ und der Führung der Verbindungsrampen und den Verkehrsstärken ab. In Autobahnkreuzen der EKA 1 A sollen die Hauptfahrbahnen nicht übereck geführt werden, in Autobahndreiecken soll die Hauptfahrbahn der im Netz dominierenden Beziehung folgen. Auch bei Autobahnen der EKA 1 B und der EKA 2 soll die Hauptfahrbahn in Autobahnkreuzen nur dann einem dominierenden Eckstrom folgen, wenn dessen Verkehrsstärke eine derartige Lösung rechtfertigt, die Verkehrsprognose langfristig gesichert ist und bei der Weiterentwicklung des Netzes nur unwesentliche Verkehrsverlagerungen zu erwarten sind. In Autobahnkreuzen und -dreiecken, in denen ausschließlich Autobahnen der EKA 3 verknüpft sind, richtet sich die Lage der Hauptfahrbahn in erster Linie nach den nutzungsstruk-

turellen Randbedingungen und erforderlichen Kapazitäten. Daher ist eine belastungsorientierte Festlegung der Hauptfahrbahn die Regel.

Für die einzelnen Entwurfsklassen werden in den RAA (2008) Einsatzempfehlungen zu möglichen Systemen gegeben und die Vor- und Nachteile aller Systeme detailliert aufgeführt. Bei der Bestimmung des geeigneten Knotenpunktsystems ist eine sorgfältige Abwägung zwischen folgenden Merkmalen durchzuführen:

- Kapazität (z.B. Vermeidung von knotenpunktinternen Verflechtungsstrecken)
- baulicher Aufwand
- Flächeninanspruchnahme
- Höhenentwicklung (Ebenenzahl)

Unter Umständen können auch kurze Abstände zu den Nachbarknotenpunkten die Systemwahl beeinflussen.

Die Lage der Knotenpunkte an Autobahnen ergibt sich aus der Netzplanung unter Berücksichtigung der Netzhierarchie der Straßenkategorien und der räumlichen Gegebenheiten (Siedlungsstruktur, Topografie). Aus netzplanerischen Gründen sind nach den RAA (2008) außerhalb bebauter Gebiete folgende Mindest(achs)abstände benachbarter Knotenpunkte anzustreben:

- 8,0 km für Autobahnen der EKA 1 A
- 5,0 km für Autobahnen der EKA 1 B und EKA 2

Um die Sammler- und Verteilerfunktion von Stadtautobahnen zu gewährleisten, sind für die EKA 3 auch kleinere Knotenpunktabstände planerisch sinnvoll.

Diese Abstände stellen sicher, dass sich zwischen der Entfernungstafel hinter einem Knotenpunkt (KP 1) und dem ersten Vorwegweiser vor dem danach folgenden Knotenpunkt (KP 2) eine ausreichend lange Beruhigungsstrecke für den Verkehrsfluss ergibt, in der sich ein von den Knotenpunkten unbeeinflusster Verkehrsablauf einstellt.

Innerhalb dicht besiedelter Gebiete, aber wegen besonderer Zwangspunkte auch außerhalb, kann es vorkommen, dass die erwünschten Abstände nicht eingehalten werden. In diesen Fällen sind Mindestabstände einzuhalten, die sich aus den Abstandsforderungen der wegweisenden Beschilderung ergeben. Dafür maßgebend ist der **effektive Knotenpunktabstand e** zwischen dem Ende der letzten Einfahrtöffnung des Knotenpunktes 1 und dem Anfang der ersten Ausfahrtöffnung des Knotenpunktes 2 (Abbildung 5-1).

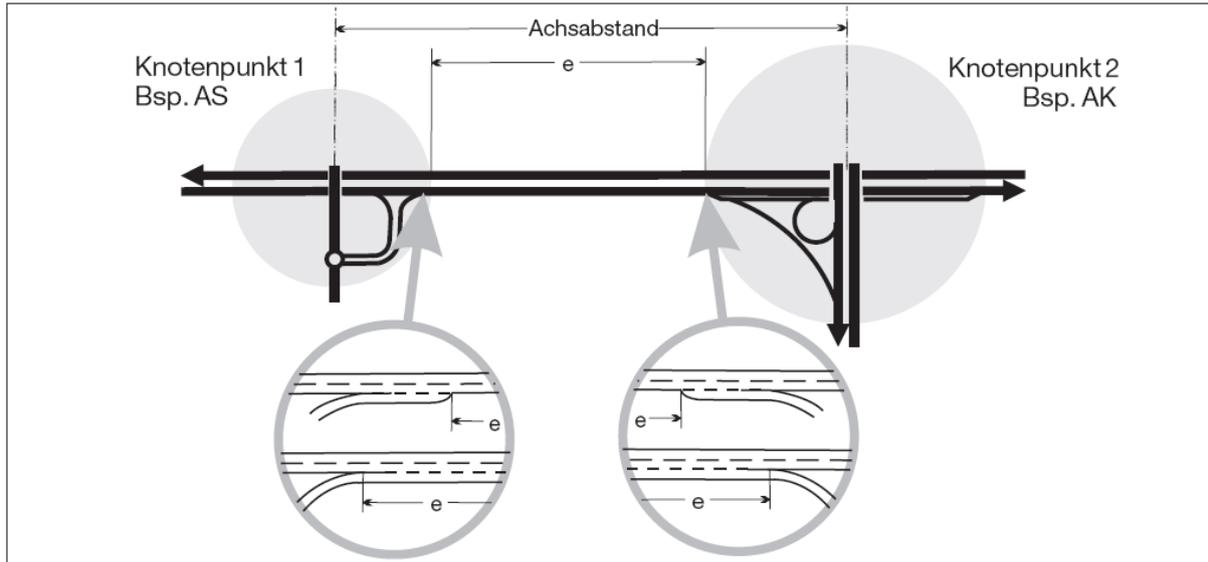


Abbildung 5-1 Achsabstand und effektiver Knotenpunktabstand e (RAA, 2008)

Dieser entspricht näherungsweise dem Bezugsabstand nach den „Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen“ (RWBA). Im Falle einer durch Verflechtungsstreifen verbundenen Fahrstreifenaddition und -subtraktion entspricht er dem Abstand zwischen den Inselspitzen. Um eine Regelbeschilderung nach den RWBA zu ermöglichen, soll der effektive Knotenpunktabstand die Mindestwerte in Abbildung 5-2 nicht unterschreiten.

Art des in Fahrtrichtung folgenden Knotenpunktes	Mindestwert für Standardwegweisung	Mindestwert für Einzelwegweisung im Sonderfall nach den RWBA *)	Mindestwert für isolierte Knotenpunktplanung
Autobahnkreuz/ -dreieck	3.000 m	1.600 m	600 m
Anschlussstelle	2.000 m	1.100 m	600 m

*) nur bei mehr als zwei Knotenpunkten in dichter Folge maßgebend

Abbildung 5-2 Mindestwerte für den effektiven Knotenpunktabstand e (RAA, 2008)

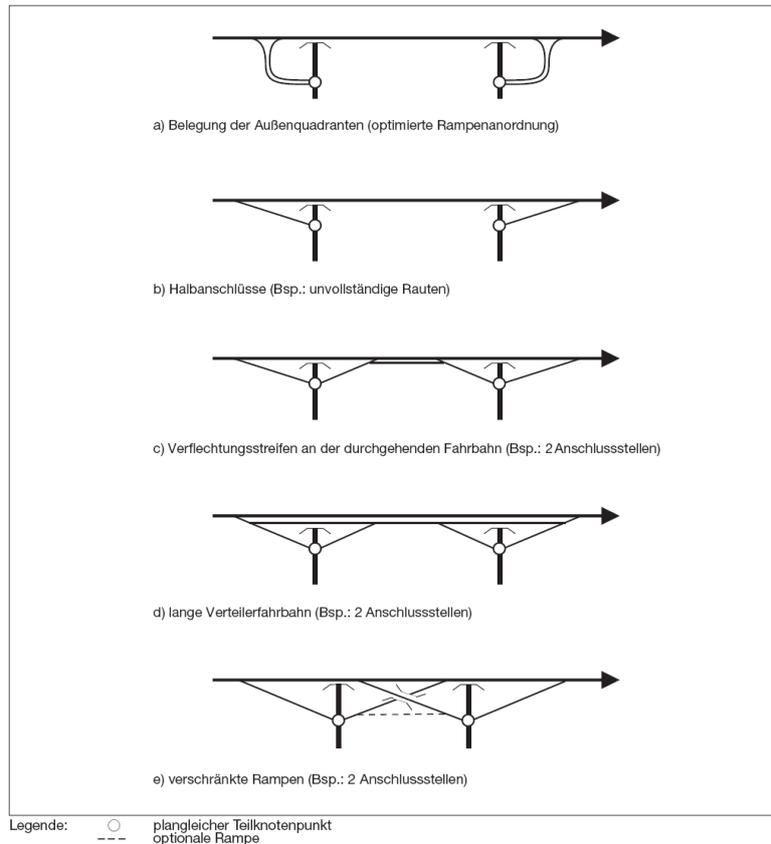


Abbildung 5-3 Prinziplösungen bei geringem Knotenpunktabstand (schematisch nur eine Richtungsfahrbahn dargestellt) (RAA, 2008)

Für effektive Knotenpunktabstände zwischen zwei Knotenpunkten unterhalb der Mindestwerte nach der Abbildung 5-2 bieten die RWBA Sonderlösungen der Beschilderung mit Entfall einzelner Schilder und gegebenenfalls Doppelankündigung an. Liegen mehr als zwei Knotenpunkte in dichter Folge, sind die Ausnahmewerte (nach den RWBA) einzuhalten, da die unterhalb dieser Abstände nach RWBA erforderliche Überschneidung der wegweisenden Beschilderung nur für zwei aufeinanderfolgende Knotenpunkte anwendbar ist („Verkettungsverbot“). Unterschreitet der effektive Knotenpunktabstand die in der Abbildung 5-2 angegebenen Mindestwerte für eine isolierte Knotenpunktplanung, so beeinflussen sich die Knotenpunkte sowohl hinsichtlich der baulichen und verkehrstechnischen Gestaltung als auch hinsichtlich des Verkehrsablaufes. Die Knotenpunkte können dann nicht mehr als isolierte, voneinander unabhängig funktionierende Systeme geplant werden. Prinziplösungen bei geringem Knotenpunktabstand sind in der Abbildung 5-3 dargestellt.

Ausnahmen vom Verkettungsverbot sind bei Autobahnen der EKA 3 zulässig, sofern die Übersichtlichkeit der wegweisenden Beschilderung insgesamt gewährleistet ist. Wird bei Autobahnen der EKA 3 ausnahmsweise vom Verkettungsverbot abgewichen, so kann die dichte Folge von ungesteuerten Ein- und Ausfahrten den Verkehrsfluss erheblich beeinträchtigen.

gen. Bei einer netz- oder zwangspunktbedingten dichten Aufeinanderfolge von Knotenpunkten sollen deswegen neben den baulichen Lösungen gemäß der Abbildung 5-3 auch betriebliche Maßnahmen (z.B. Zufahrtsdosierung) geprüft werden. Darüber hinaus ist bei einer dichten Folge von Knotenpunkten mit Abständen unter den in der Abbildung 5-2 angegebenen Mindestwerten zusätzlich zum Nachweis der Qualität des Verkehrsablaufes nach dem HBS eine Analyse des Verkehrsablaufes über die gesamte Knotenpunktfolge und alle Verflechtungsstrecken hinweg angezeigt. Dazu empfiehlt sich die Simulation des Verkehrsflusses mittels eines geeigneten DV-Programmes.

5.2.1 Grundformen von Verbindungsrampen

Die durchgehenden Fahrbahnen werden durch **Rampen** verbunden. Die Führung dieser Verbindungsrampen kann direkt, halbdirekt oder indirekt erfolgen (Abbildung 5-4). Diese Führungen können in einem planfreien Knotenpunkt entsprechend den verkehrlichen Anforderungen kombiniert werden.

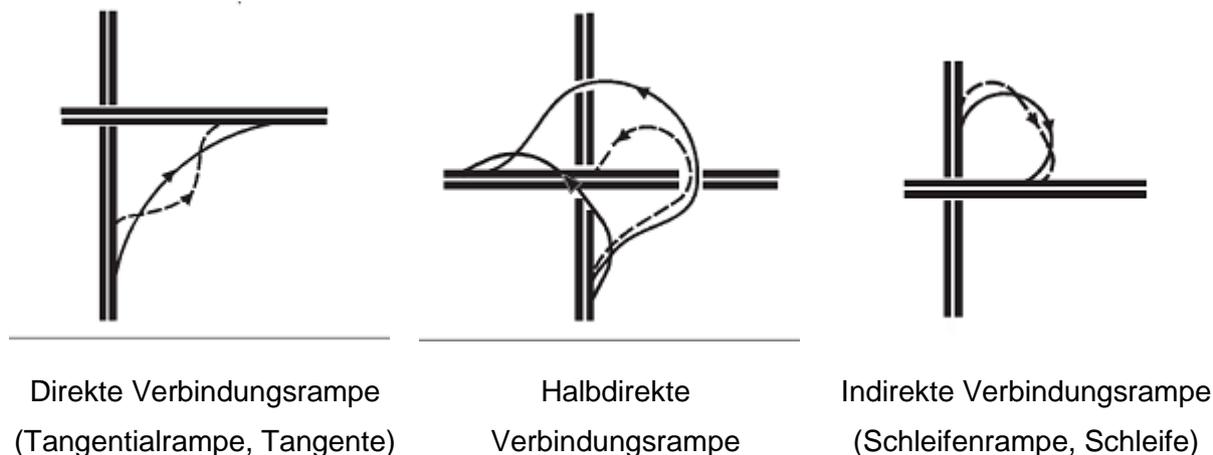


Abbildung 5-4 Grundformen von Verbindungsrampen (RAA, 2008)

In Bezug auf die Linienführung und den verkehrsrechtlichen Vorrang ist in der Regel die direkte Rampenführung die günstigste Lösung. Sie ist für starke Abbiegeströme am besten geeignet.

Innerhalb von Verbindungsrampen werden für die Trassierung wesentlich kleinere Entwurfsgeschwindigkeiten als auf der freien Strecke zugrunde gelegt. Durch die Grenzwerte der Entwurfselemente für Verbindungsrampen wird der Fahrer bewusst auf die Konfliktpunkte beim Trennen und Zusammenführen der Verkehrsströme aufmerksam gemacht.

5.2.2 Grundformen von Autobahnknotenpunkten

Durch die mögliche Kombination unterschiedlicher Verbindungsrampen lassen sich Grundformen von Knotenpunkten entwickeln. Abbildung 5-5 zeigt eine Auswahl der möglichen Knotenpunktformen, von denen die Trompete, das Dreieck und das Kleeblatt die Regellösungen sind.

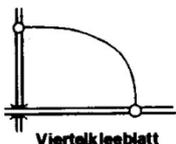
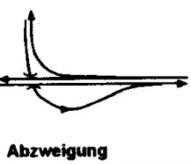
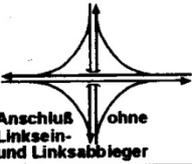
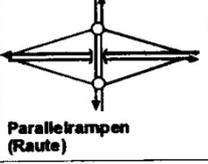
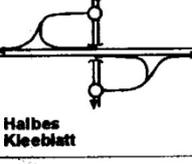
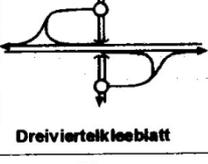
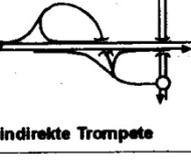
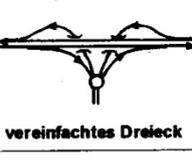
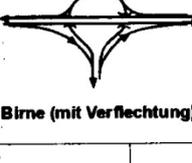
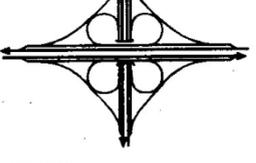
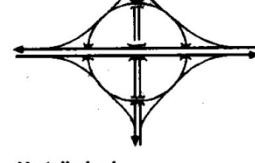
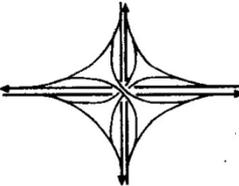
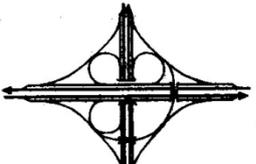
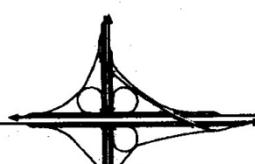
Knotenpunktart		Auswahl möglicher Knotenpunktformen				
teilplanfrei						
		Viertekleeblatt	planfreie Führung einer Abbiegebeziehung	planfreie Führung zweier Geradeausströme		
planfrei	Teillanschluß					
		Halbe Parallelrampenlösung (Halbe Raute)	Abzweigung	Anschluß ohne Linksein- und Linksabbieger	Ohne Linksein- /abbieger und ohne Querung	
	Anschluß					
		Parallelrampen (Raute)	Parallelrampenlösung aufgeweitete Kreuzung	Halbes Kleeblatt		
						
	Dreiverteikleeblatt	indirekte Trompete	vereinfachtes Dreieck	vereinfachte Trompete		
	dreiarstig					
		Linksliegende Trompete (Regelfall)	Birne (verflechtungsfrei)	Birne (mit Verflechtung)	Dreieck mit drei Kreuzungsbauwerken	
	Vollanschluß	vierarmig				
			Kleeblatt	Verteilerkreis	Maßeserkreuz (Ausnahme)	
						
Kleeblattvarianten						

Abbildung 5-5 Mögliche Formen von planfreien und teilplanfreien Knotenpunkten (DURTH/WEISE)

Bei den Grundformen von Autobahnknotenpunkten werden dreiarmlige und vierarmige planfreie Knotenpunkte unterschieden.

Ergeben sich mehr als vierarmige Verknüpfungssituationen, bei denen Autobahnkreuze/-dreiecke und Anschlussstellen kombiniert auftreten, sollen diese nach Möglichkeit in drei und vierarmige Knotenpunkte aufgelöst werden. Ist dies wegen der Netzkonfiguration oder räumlicher Zwänge nicht möglich, sind durch Weiterentwicklung der Autobahnkreuze Sonderlösungen abzuleiten, die in der Regel zu einem überproportionalen Anstieg des baulichen Aufwandes und des Flächenbedarfes führen.

Die dreiarmligen Knotenpunktsysteme haben den grundsätzlichen Nachteil, dass eine Hauptfahrbahn unvermittelt in eine Einfahrt übergeht. Da die Autobahndreiecke keine Verflechtungsstrecken enthalten, gibt es auch keine Wendemöglichkeiten. Für Autobahndreiecke, aber auch für dreiarmlige Verknüpfungen von Autobahnen mit Landstraßen der EKL 1 nach den RAL können geeignete Knotenpunktsysteme in Abhängigkeit von den Entwurfsklassen der durchgehenden und der stumpf angeschlossenen Straße entnommen werden (Abbildung 5-6). Dabei wird vorausgesetzt, dass aus Gründen der Netzhierarchie die stumpf angeschlossene Straße höchstens die Entwurfsklasse der durchgehenden Straße besitzt.

Entwurfsklasse der durchgehenden Autobahn		EKA 1	EKA 1	EKA 1	EKA 2	EKA 2	EKA 3
Entwurfsklasse der stumpf angeschlossenen Autobahn („dritter Ast“)		EKA 1	EKA 2	EKA 3	EKA 2	EKA 3	EKA 3
linksliegende Trompete (Bild 38)		+	+	+	+	+	+
rechtsliegende Trompete (spiegelbildliche Variante von Bild 38)		-	-	•	•	•	•
Birne (Bild 39)		•	•	•	•	+	+
Dreieck mit einem Bauwerk (Bild 40)		+	+	+	+	+	+
Dreieck mit drei Bauwerken (Bild 41)		+	+	+	+	+	+
Dreieck ohne einheitliche Definition der Hauptfahrbahnen (Bild 42)		-	-	-	-	-	+

Legende: + geeignet • bedingt geeignet - nicht geeignet

Abbildung 5-6 Einsatzempfehlungen für Systeme von Autobahndreiecken (RAA, 2008)

In Abbildung 5-7 bis Abbildung 5-12 sind verschiedene Formen der Autobahndreiecke mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt. Weitere Hinweise befinden sich im Abschnitt 6 der RAA (2008).

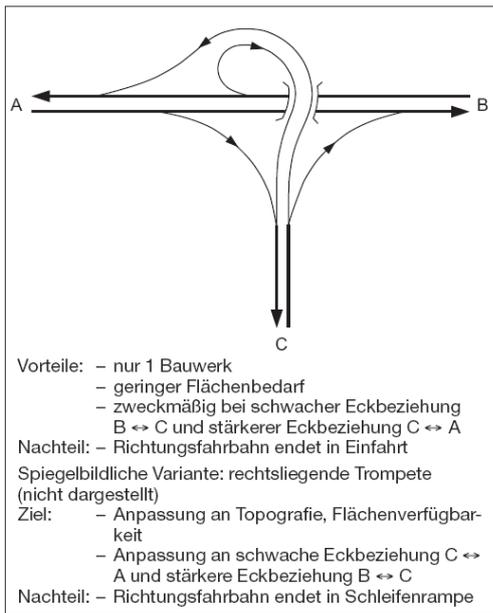


Abbildung 5-7 Linksliegende Trompete
(RAA, 2008)

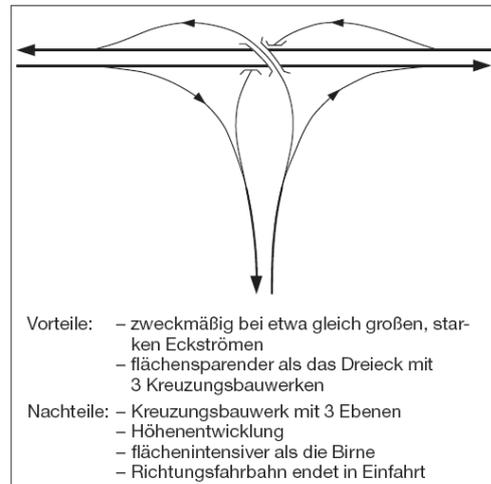


Abbildung 5-8 Dreieck mit einem Kreuzungsbauwerk mit drei Ebenen (RAA, 2008)

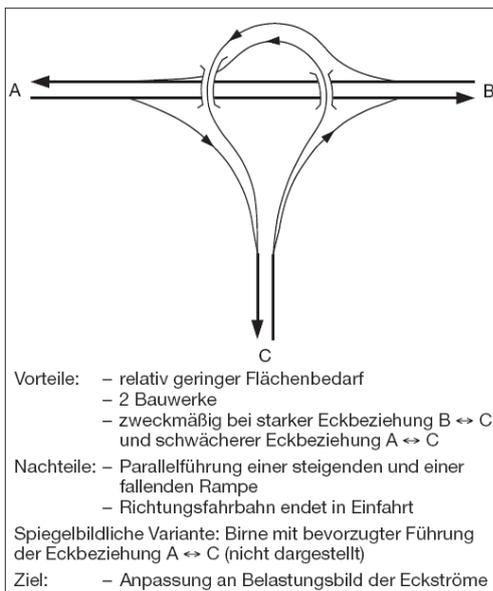


Abbildung 5-9 Birne (RAA, 2008)

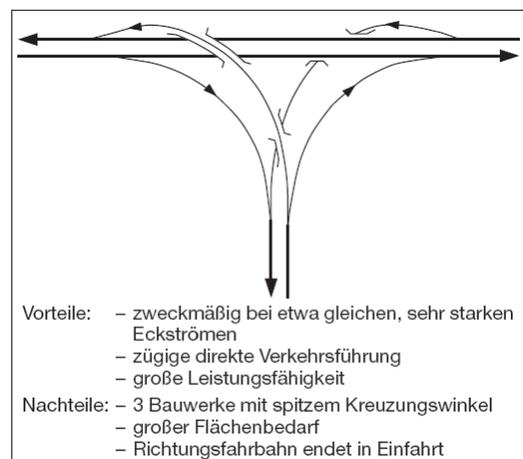


Abbildung 5-10 Dreieck mit 3 Kreuzungsbauwerken (RAA, 2008)

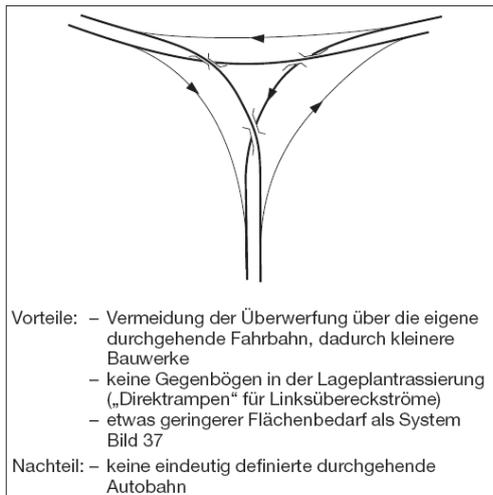


Abbildung 5-11 Dreieck ohne einheitliche Definition der Hauptfahrbahnen (RAA, 2008)

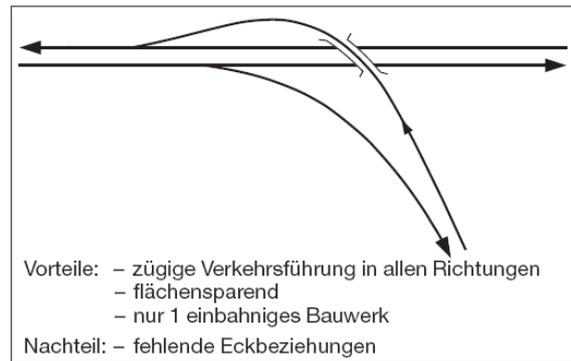


Abbildung 5-12 Gabelung (Autobahnzweig) (RAA, 2008)

Bei Autobahnkreuzen, aber auch bei vierarmigen Verknüpfungen von Autobahnen mit Landstraßen der EKL 1 nach den RAL, ist für die Systemwahl vor allem die Lage starker Eckströme entscheidend. Die einzelnen Systeme lassen sich nach ihrer Eckstrom-Kapazität, die maßgeblich von den enthaltenen Verflechtungsbereichen und deren Kapazität abhängt, in drei Gruppen einteilen:

- a) Systeme mit vier Verflechtungsbereichen (Kleeblatt-Grundform mit allen Varianten,
- b) Systeme mit einem oder zwei Verflechtungsbereichen (abgewandeltes Kleeblatt mit einer halbdirekten symmetrischer Quadrantenlage oder mit drei Schleifenrampen),
- c) Systeme ohne Verflechtungsbereiche (Kleeblattabwandlungen mit zwei halbdirekten Rampen in diagonaler Quadrantenlage) (Abbildung 5-13).

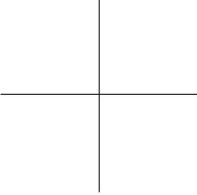
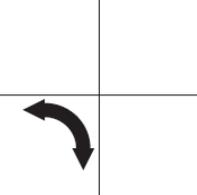
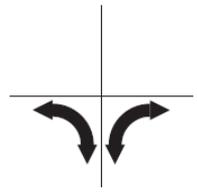
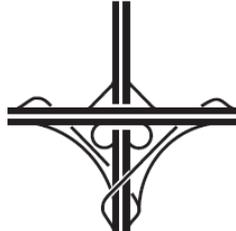
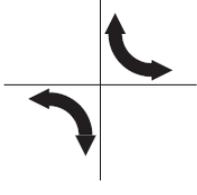
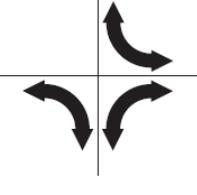
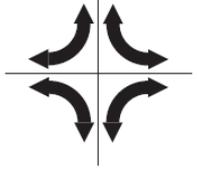
Lage der starken Eckströme	geeignete Systeme	
	 Kleeblatt-Grundform (EKA 1: Bild 30, EKA 2 und 3: Bild 30 und 31)	
	 abgewandeltes Kleeblatt (Bild 32)	 abgewandeltes Kleeblatt (Bild 33 links)
	 abgewandelte Windmühle	 abgewandeltes Kleeblatt
	 abgewandelte Windmühle	 abgewandeltes Kleeblatt (Bild 33 rechts)
	 abgewandelte Windmühle (Bild 35 rechts)	 abgewandeltes Malteserkreuz
	 Windmühle (Bild 35 links)	 Malteserkreuz (Bild 36)

Abbildung 5-13 Einsatzempfehlungen für Systeme von Autobahnkreuzen (RAA, 2008;
Bildbezüge verweisen auf Bilder in den RAA)

Im Hinblick auf spätere Zunahmen der Verkehrsbelastung ist zu beachten, dass sich Systeme der Gruppe a) bei Erreichen der Kapazitätsgrenze der Verflechtungsbereiche in ihrer Eckstrom-Leistungsfähigkeit nur mit sehr großem Aufwand und Systeme der Gruppe b) nur bedingt erweitern lassen. Bei den Systemen der Gruppe c) wird die Eckstrom-Kapazität von der Kapazität der jeweiligen Einfahrtstypen am Rampenende bestimmt. Die Auswahl geeigneter Knotenpunktsysteme kann in Abhängigkeit von Lage und Größe der Eckströme nach der Abbildung 5-13 erfolgen. Als starker Eckstrom gilt je nach Größe der anderen Eckströme, die möglicherweise in einer Verflechtungsstrecke gekreuzt werden müssen, eine Verkehrsstärke von 1.200 bis 1.400 Kfz/h. Maßgebend ist der Kapazitätsnachweis nach dem HBS. Sind in der Abbildung 5-13 in einer Zeile mehrere Systeme angegeben, so ergibt unter sonst gleichen Randbedingungen das jeweils rechte System die höhere Qualität des Verkehrsablaufes, erfordert aber auch einen höheren Aufwand (Flächeninanspruchnahme, Bau-, Betriebs- und Erhaltungskosten). Bereits im Falle von drei starken Eckströmen ist gegebenenfalls eine Lösung für vier starke Eckströme nach der Abbildung 5-13. zu wählen, da hier der bauliche Mehraufwand verhältnismäßig gering ist. Generell gilt, dass

- ein Kleeblatt immer dann eingesetzt werden soll, wenn die Verkehrsbelastung unter Berücksichtigung einer angemessenen Qualität des Verkehrsablaufes eine solche Lösung zulässt,
- ein Malteserkreuz nur dann eingesetzt werden soll, wenn eine sehr hohe Knotenpunktbelastung dies erfordert.

Beide Systeme sind grundsätzlich in allen Kombinationsfällen von Entwurfsklassen der sich kreuzenden Autobahnen einsetzbar. Im Kleeblatt ist der Ersatz der Verteilerfahrbahn durch einen Verflechtungsstreifen an der Hauptfahrbahn nur in den Entwurfsklassen EKA 1 B, EKA 2 und EKA 3 zulässig. Die Qualität des Verkehrsablaufes im Verflechtungsbereich ist nach dem HBS oder mit einem geeigneten Simulationsprogramm nachzuweisen.

In Abbildung 5-14 bis Abbildung 5-20 sind verschiedene Kleeblattknotenpunktsysteme mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt. In den RAA (2008) sind im Abschnitt 6 (Knotenpunkte) weitere Hinweise zu den verschiedenen Kleeblattformen zu finden.

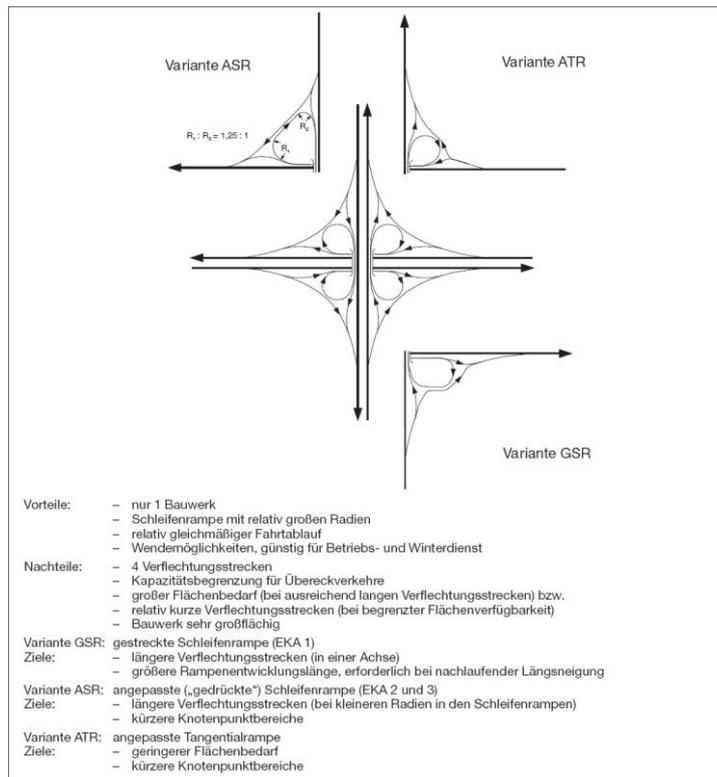


Abbildung 5-14 Kleeblatt (Grundform) mit Varianten der Rampenführungen (RAA, 2008)

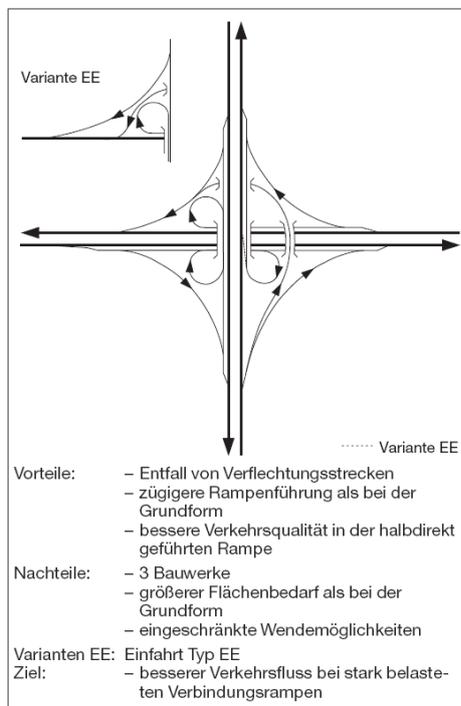


Abbildung 5-15 Kleeblattvariante ohne Verteilerfahrbahn (RAA, 2008)

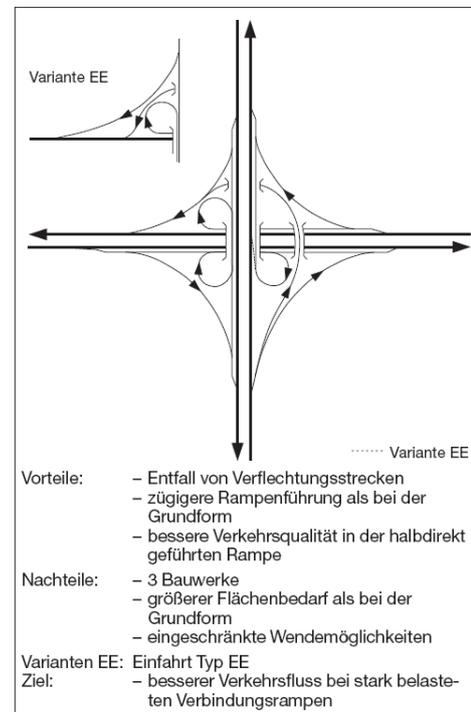


Abbildung 5-16 Abgewandeltes Kleeblatt mit halbdirekter Führung eines Linksübereckstroms (RAA, 2008)

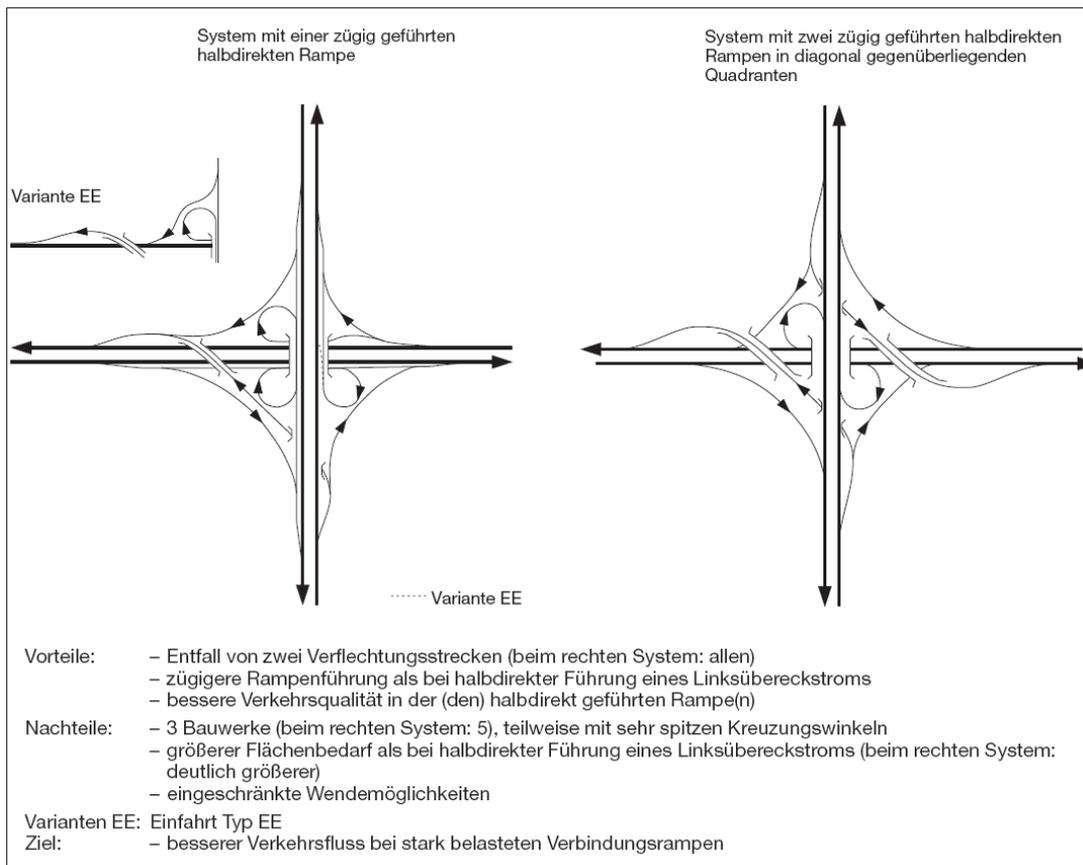


Abbildung 5-17 Abgewandelte Kleeblätter mit zügiger halbdirekter Führung von Linksübereckströmen (RAA, 2008)

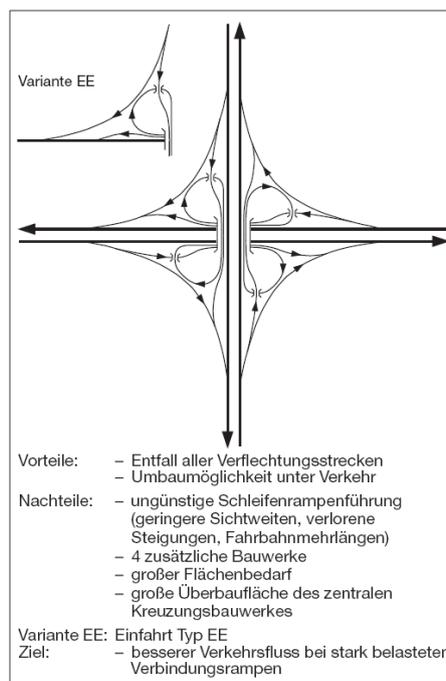


Abbildung 5-18 Abgewandeltes Kleeblatt mit planfreier Führung der sich kreuzenden Eckströme (für Um- und Ausbau) (RAA, 2008)

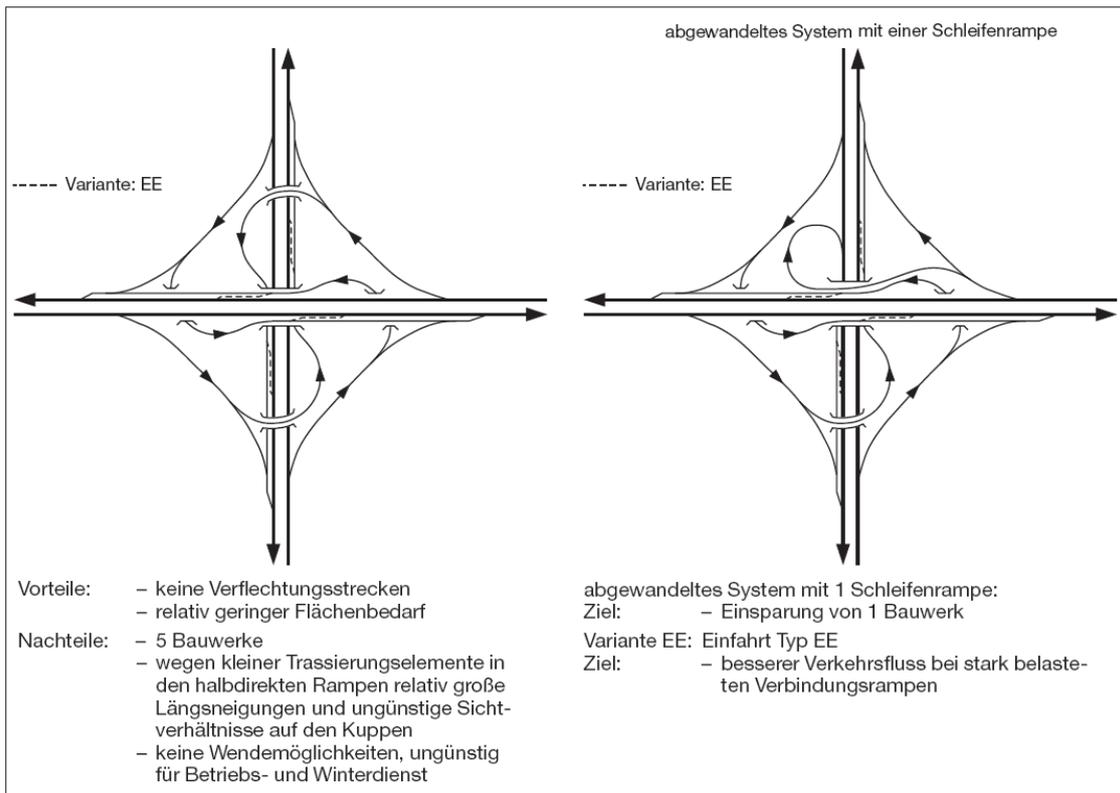


Abbildung 5-19 Windmühle und abgewandeltes System (RAA, 2008)

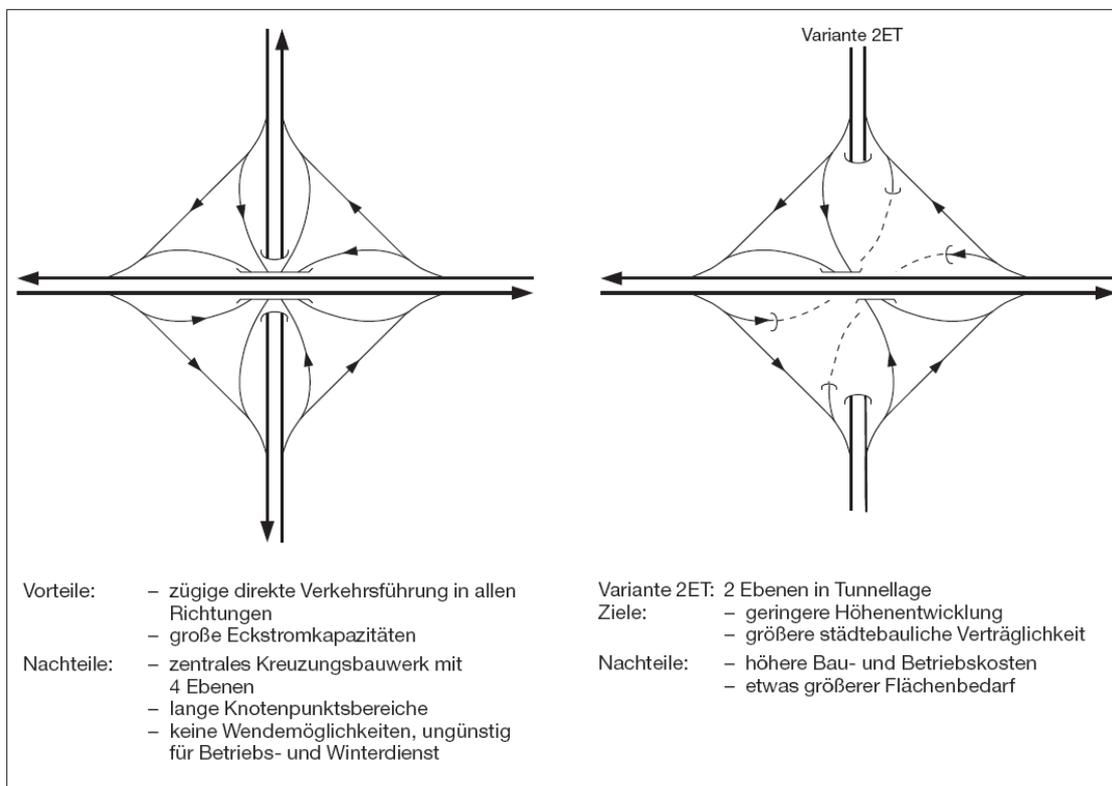


Abbildung 5-20 Malteserkreuz (RAA, 2008)

5.2.3 Grundformen von Anschlussstellen

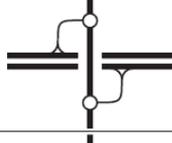
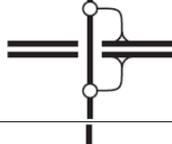
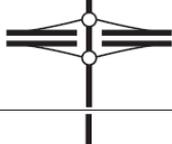
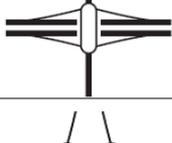
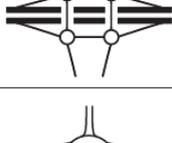
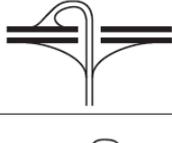
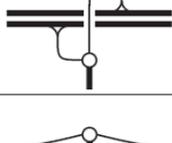
Auch an Anschlussstellen sollen bevorzugt Grundformen zur Anwendung kommen. Diese unterscheiden sich in der Rampenführung, in der Lage der Verbindungsrampen zur angeschlossenen Straße, in der Breite des Kreuzungsbauwerkes und in der Ausdehnung des Knotenbereiches an der untergeordneten Straße.

Die Trassierungselemente an den Anschlussstellen müssen die Umstellung des Fahrverhaltens von der Autobahn zur untergeordneten Straße und die notwendige Verringerung der Geschwindigkeit ermöglichen. Die plangleichen Elemente der Anschlussstelle werden nach den RAL oder den RASt gestaltet.

Die Leistungsfähigkeit der plangleichen Bereiche des Knotenpunktes muss gewährleisten, dass kein Rückstau auf die Autobahn entsteht. Für die Linksabbieger aus der untergeordneten Straße müssen am plangleichen Knotenpunkt ausreichend große Stauräume zur Verfügung stehen. Der Nachweis der Qualität des Verkehrsablaufes erfolgt nach dem HBS.

Die zweckmäßigste Rampenanordnung ergibt sich aus der Forderung, dass die stärksten Abbiegeströme im plangleichen Bereich der Anschlussstelle vorzugsweise als Rechtsabbieger und Rechtseinbieger geführt werden. Zudem sind Linksabbieger günstiger abzuwickeln als Linkseinbieger.

Einsatzempfehlungen für vierarmige teilplanfreie Knotenpunktsysteme in Abhängigkeit von der Lage zur Bebauung sind der Abbildung 5-21 zu entnehmen. Die Wahl eines Systems erfolgt in Abstimmung mit den für die nachgeordnete Straße geltenden Regelwerken (RAL, RASt).

Anschlussstellensystem		EKA 1	EKA 2	EKA 3	
vierarmige Systeme	diagonales halbes Kleeblatt mit Ausfahrt vor Bauwerk (Bild 45)		+	+	•
	diagonales halbes Kleeblatt mit Ausfahrt nach Bauwerk (Bild 46)		•	+	•
	symmetrisches halbes Kleeblatt (Bild 47)		+	+	•
	Raute mit zwei Kreuzungen (Bild 48)		-	•	+
	Raute mit einer Kreuzung (Bild 49)		-	-	+
	Raute mit zweiachsig aufgeweiterter Kreuzung (Bild 50)		-	•	+
	Raute mit Verteilerkreis		-	•	+
	Sondersysteme (Mischformen)		•	+	+
dreiarmlige Systeme	AS in Trompetenform (Bild 51)		•	+	+
	halbes Kleeblatt (dreiarmlig)		-	-	+ als Provisorium
	Raute (dreiarmlig)		-	-	+ als Provisorium

Legende: o plangleicher Teilknotenpunkt + geeignet • bedingt geeignet - nicht geeignet

Abbildung 5-21 Einsatzempfehlungen für vierarmige und dreiarmlige teilplanfreie Knotenpunktsysteme (RAA, 2008)

Für vierarmige Anschlussstellen sind das halbe Kleeblatt und die Raute die Regellösungen. Bei halben Kleeblättern werden die beiden sich kreuzenden Straßen durch in zwei Quadranten angeordnete Rampen verbunden, deren Lage und Form von verkehrstechnischen Gesichtspunkten, örtlichen Gegebenheiten und der Höhenlage der zu verbindenden Straßen abhängig sind. Grundsätzlich wird zwischen symmetrisch und unsymmetrisch angeordneten Rampen und zwischen der Lage der Linksabbiegestreifen in der untergeordneten Straße unterschieden.

Für dreiarmige Anschlussstellen ist die Trompete die günstigste und somit die Regellösung. Die Einfahrrampe soll vor die Ausfahrrampe angelegt werden, damit Falschfahrten vermieden werden. Ein Versatz der Rampenanschlüsse (Einfahrrampe vor Ausfahrrampe) verbessert bei fehlender Richtungstrennung in der nachgeordneten Straße die Orientierung und verringert die Wahrscheinlichkeit von Falschfahrten.

Im Weiteren werden die verschiedenen Anschlussstellensysteme mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt. Weitere Hinweise können den RAA (2008) Abschnitt 6 entnommen werden.

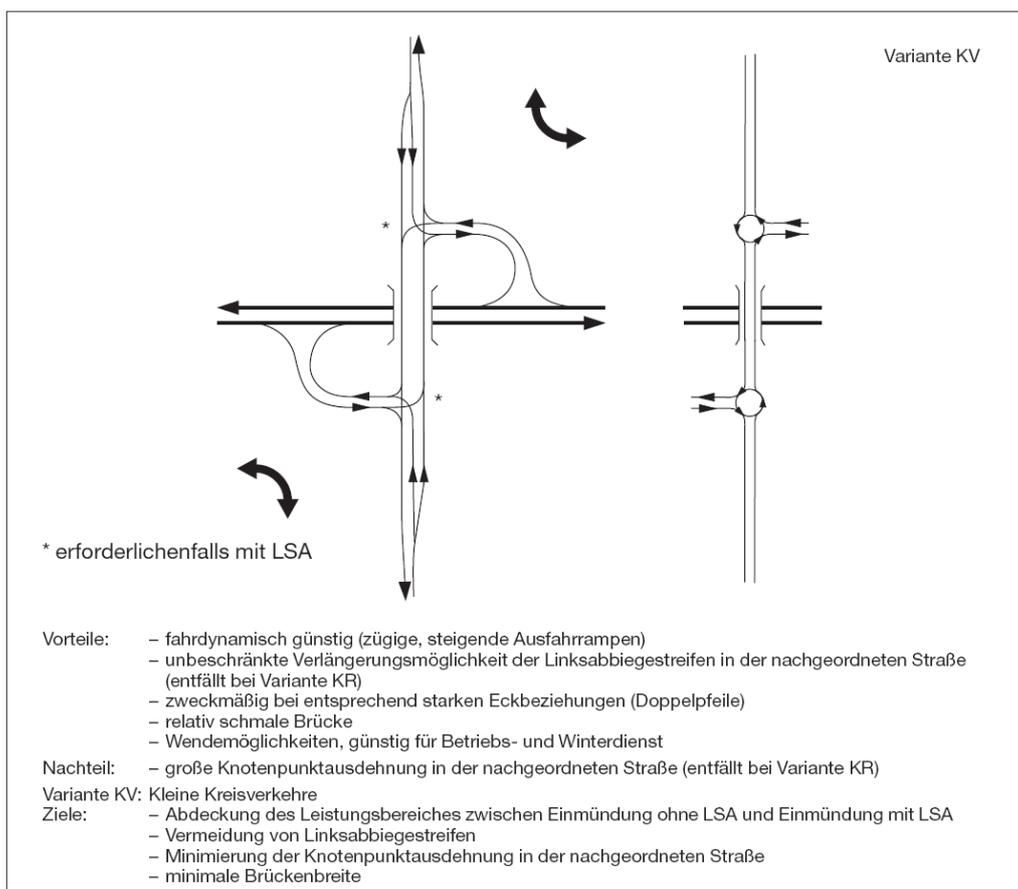


Abbildung 5-22 Diagonales halbes Kleeblatt mit Ausfahrt vor Kreuzungsbauwerk (RAA, 2008)

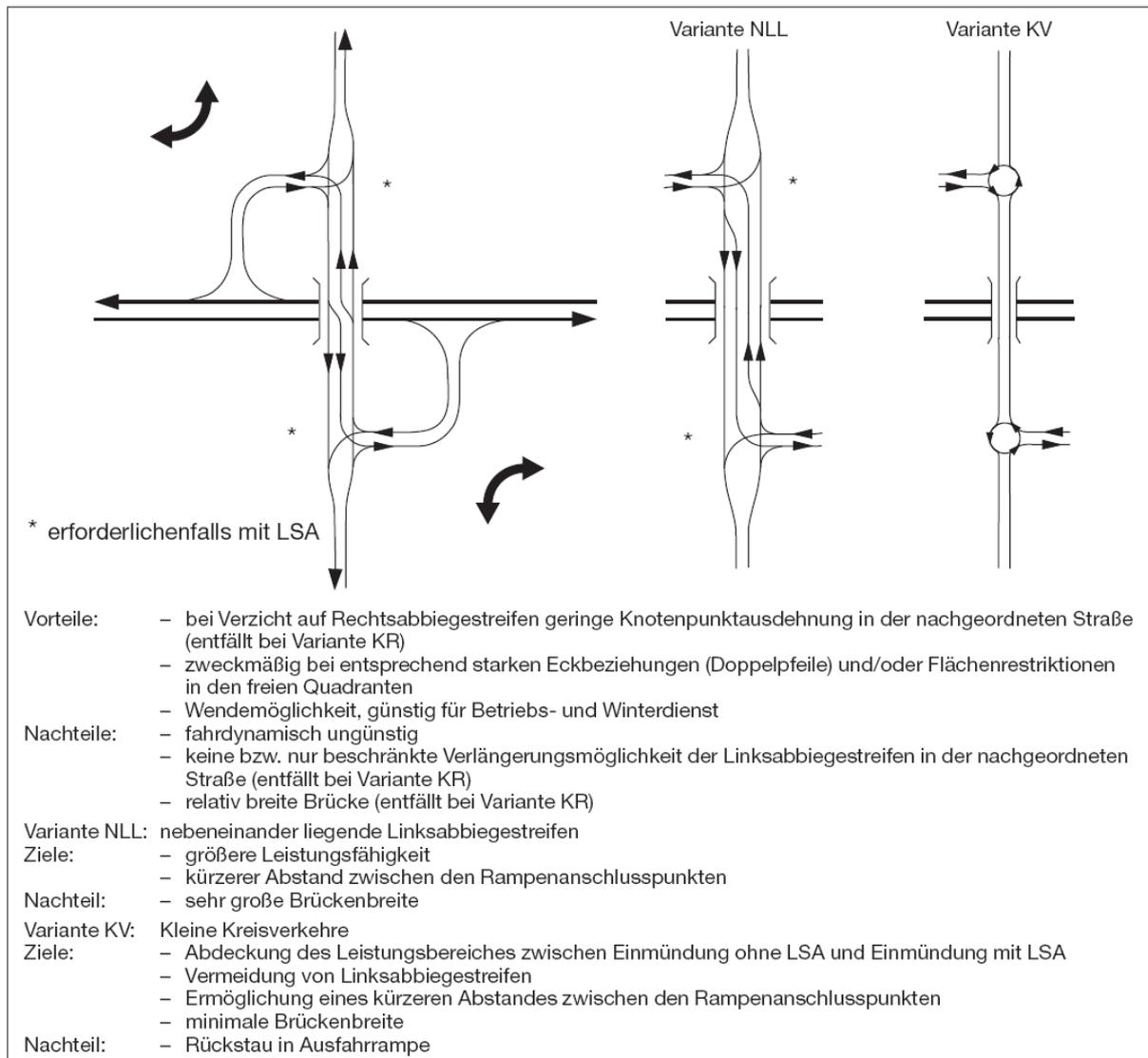


Abbildung 5-23 Diagonales Kleeblatt mit Ausfahrt nach Kreuzungsbauwerk (RAA, 2008)

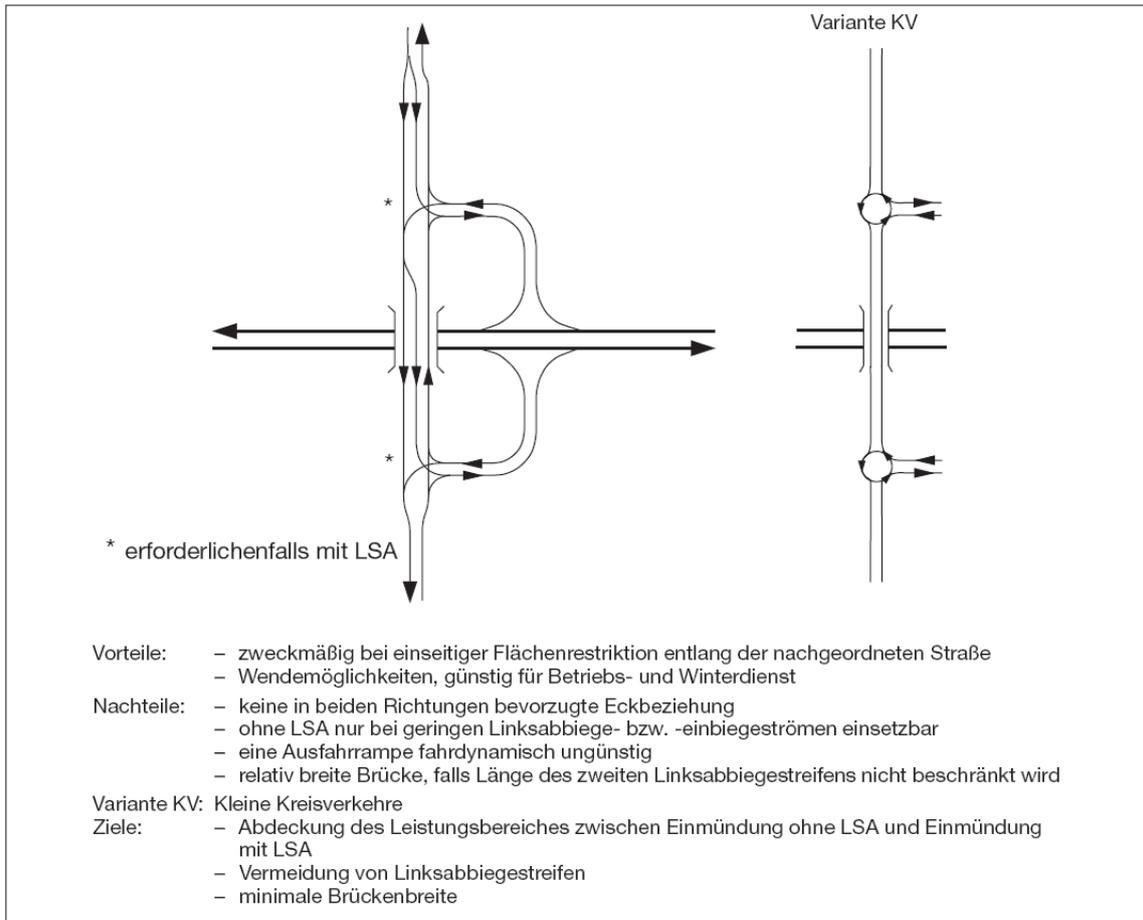


Abbildung 5-24 Symmetrisches halbes Kleeblatt (RAA, 2008)

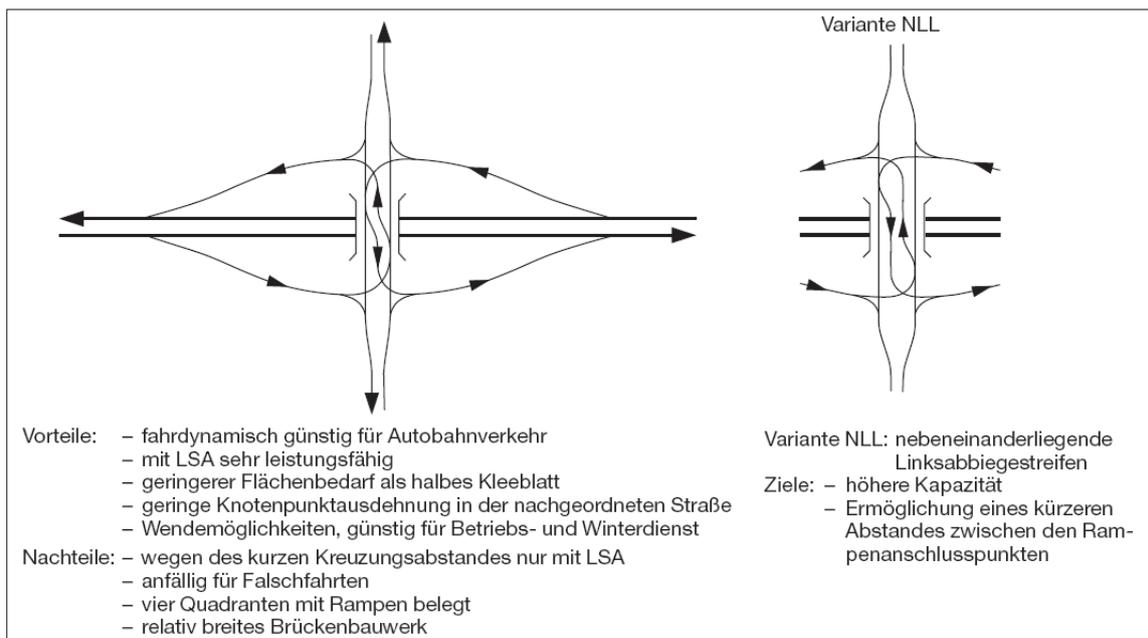


Abbildung 5-25 Raute mit zwei Kreuzungen (RAA, 2008)

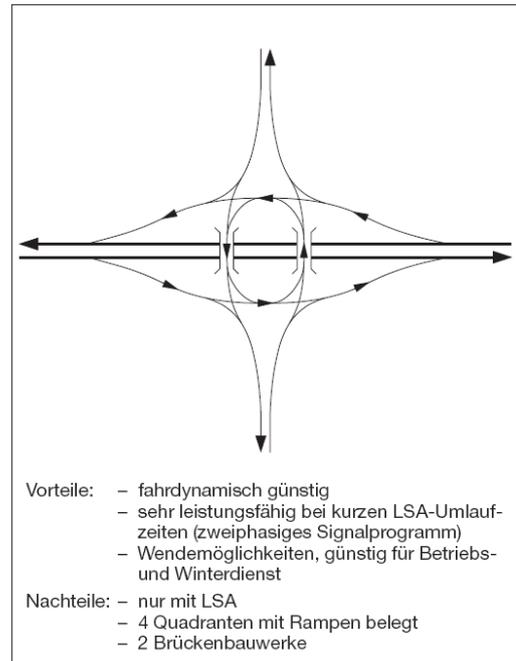
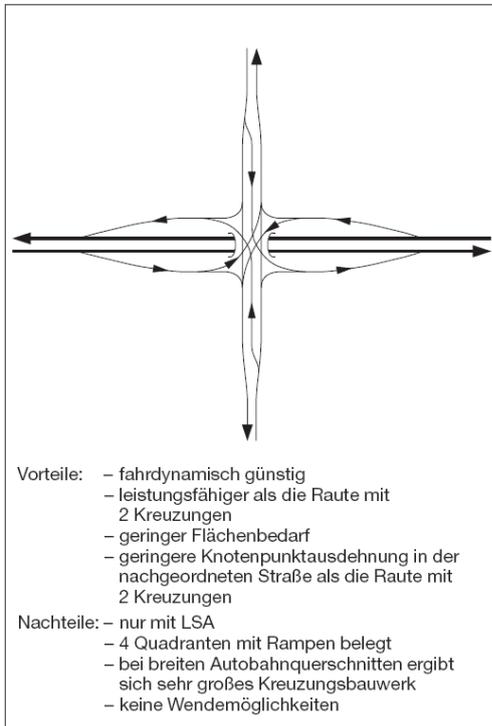


Abbildung 5-26 Raute mit einer Kreuzung
(RAA, 2008)

Abbildung 5-27 Raute mit zweiachsig auf-
geweiteter Kreuzung
(RAA, 2008)

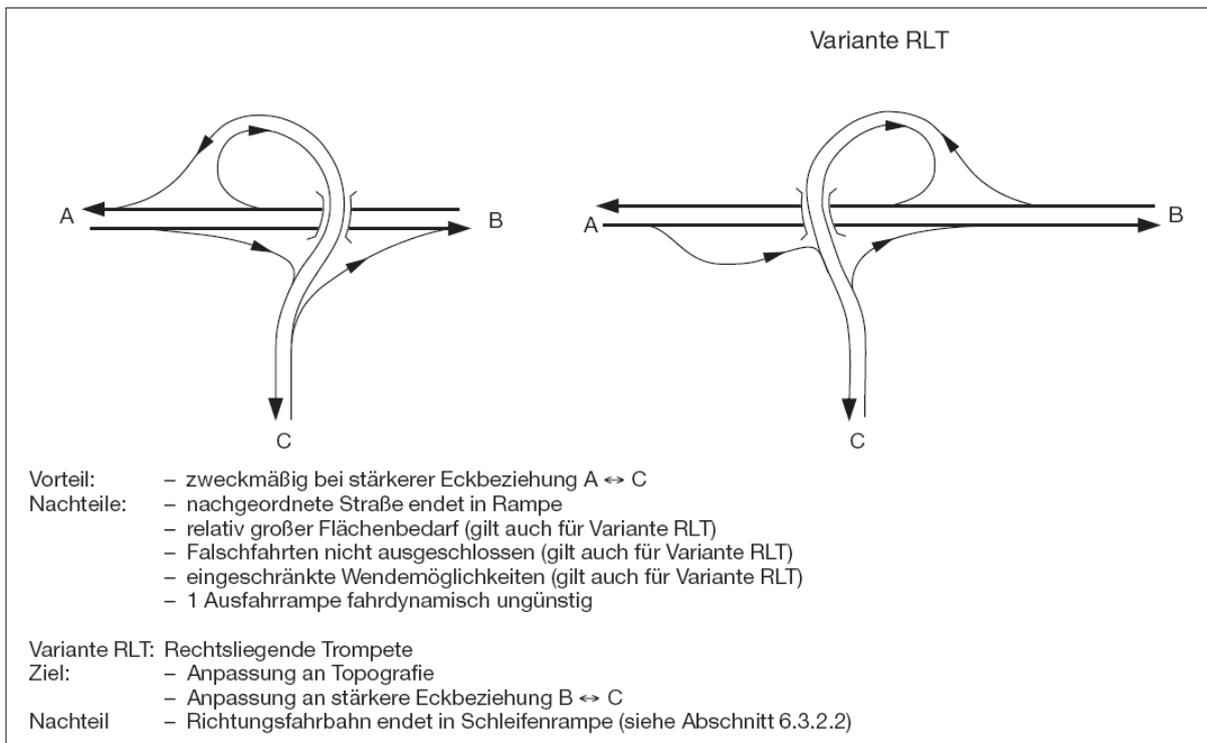


Abbildung 5-28 Anschlussstellensystem mit Trompetenform (RAA, 2008)

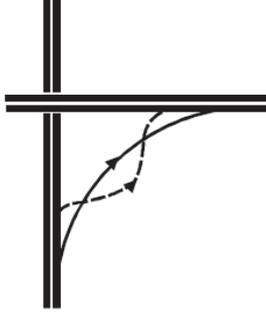
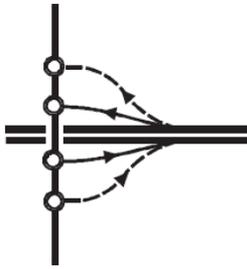
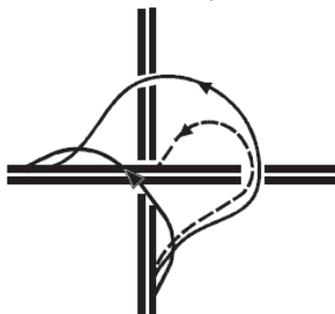
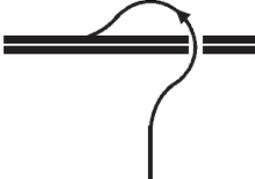
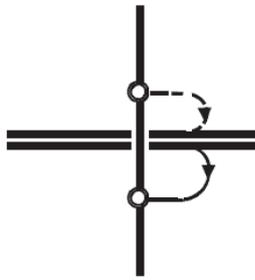
5.3 Elemente der Knotenpunktgestaltung

5.3.1 Verbindungsrampen

Bei den Verbindungsrampen werden zwei Gruppen unterschieden:

- Rampengruppe 1: Verbindung zweier Autobahnen untereinander (planfrei - planfrei)
- Rampengruppe 2: Verbindung einer Autobahn mit einer untergeordneten Straße (planfrei – plangleich)

Die Linienführung kann nicht angepasst oder angepasst erfolgen. Bei der nicht angepassten Führung wird die direkte Rampe sehr zügig geführt und berührt die indirekte Rampe nur kurz. Bei einer angepassten Führung verlaufen beide Rampen über eine längere Strecke parallel. Abbildung 5-29 zeigt für beide Rampengruppen eine Übersicht der anwendbaren Rampentypen mit den zugeordneten empfohlenen Entwurfsgeschwindigkeiten.

Rampentyp	Rampengruppe I (planfrei - planfrei)	Rampengruppe II (planfrei - plangleich)
direkt	<p> $60 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 80$ $50 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 60$ </p> 	<p> $V_{\text{Rampe}} \geq 80$ $40 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 80$ </p> 
halbdirekt	<p> $60 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 70$ $40 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 60$ </p> 	<p> $40 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 60$ </p> 
indirekt	<p> $40 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 50$ $30 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 50$ (Einfahrt) $40 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 50$ (Ausfahrt) </p> 	<p> $V_{\text{Rampe}} \geq 40$ $30 \leq V_{\text{Rampe}} \leq 40$ </p> 

Legende: _____ V_{Rampe} bei nicht angepasster Führung (zügige Linienführung, EKA 1)
 - - - - - V_{Rampe} bei angepasster Führung (nicht zügige Linienführung, EKA 2 und 3)

Abbildung 5-29 Rampentypen und Rampengruppen mit empfohlenen Radiengeschwindigkeiten V_{Rampe} [km/h] (RAA, 2008)

Die Rampengeschwindigkeiten und die sich daraus ergebenden Grenzwerte der Entwurfselemente von Verbindungsrampen sind bewusst kleiner als die der freien Strecke (Abbildung 5-30). Damit wird der Fahrer auf die Konfliktpunkte im Bereich des Knotenpunktes aufmerksam gemacht. Die Grundsätze der „räumlichen Linienführung“ gelten nur, um ausreichende Sichtweiten zu schaffen und optische Täuschungen zu vermeiden. Die Gerade kann uneingeschränkt eingesetzt werden. Als Übergangsbögen sind Klothoiden mit Parametern $R/3 \leq A < R$ zu verwenden. Für den im Bereich der Inselfspitze liegenden Bogen ist aus

Gründen der frühzeitigen Erkennbarkeit des nachfolgenden Kurvenradius ein möglichst kleiner Klothoidenparameter anzustreben.

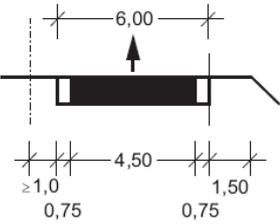
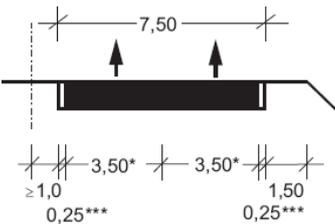
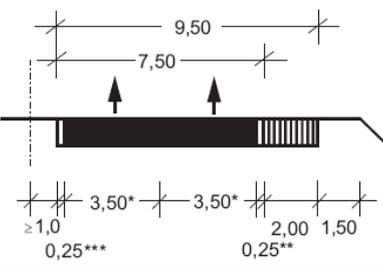
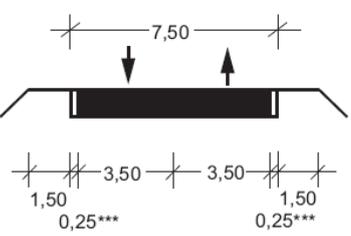
Rampengeschwindigkeit	V [km/h]	30	40	50	60	70	80
Scheitelradius der Rampe	min R [m]	30	50	80	125	180	250
Kuppenmindesthalbmesser	min H _K [m]	1 000	1 500	2 000	2 800	3 000	3 500
Wannenmindesthalbmesser	min H _W [m]	500	750	1 000	1 400	2 000	2 600
Haltesichtweite ^{*)}	S _h [m]	30	40	55	75	100	115
Grenzwerte der Längsneigung	max s [%] (Steigung)	+ 6,0					
	min s [%] (Gefälle)	- 7,0					
Mindestquerneigung außerhalb von Verwindungsbereichen	min q [%]	2,5					
Höchstquerneigung	max q [%]	6,0					
Anrampungsmindestneigung	min Δs [%]	0,1 × a a [m]: Abstand Drehachse – Fahrbahnrand					
Höchstschrägneigung	max p [%]	9,0					

Abbildung 5-30 Parametergrenzwerte für Rampenentwurfselemente (RAA, 2008)

Die Tabelle in Abbildung 5-31 zeigt die für Verbindungsrampen anzuwendenden Querschnitte in Abhängigkeit von Rampenlänge und Verkehrsstärke. Der einstreifige Querschnitt Q1 wird mit einem überbreiten Fahrstreifen von 4,50 m ausgebildet, um im Falle einer Behinderung durch ein stehendes Fahrzeug eine Vorbeifahrt zu ermöglichen. Schleifenrampen erhalten unabhängig von ihrer Länge immer den Querschnitt Q1, aufgrund aktueller Forschungsergebnisse wird in Zukunft vermutlich auch für andere Rampen die längenabhängige Anlage zweistreifiger Rampen entfallen. Die Länge der Verbindungsrampe ist als der Abstand zwischen der Inselspitze der Ausfahrt und der Inselspitze der folgenden Einfahrt definiert.

Bei dreiarmigen Knotenpunkten erhalten die Verbindungsrampen, die direkt aus der knotenpunktfreien Strecke entstehen oder in sie übergehen, anstelle des Querschnittes Q2 bzw. Q3 den Querschnitt einer Richtungsfahrbahn.

Bei der Rampengruppe 2 (planfrei – plangleich) können die Querschnitte Q1, Q2 und Q4 angewendet werden. Der Querschnitt Q2 wird gewählt, wenn dadurch ein Rückstau auf die Autobahn vermieden werden kann. Der Querschnitt Q4 sollte nur dann angewendet werden, wenn der entstehende Gegenverkehrsbereich länger als 125 m wird.

		Einsatzbereiche
Q 1		<p>in Rampengruppe I: $q_{\text{Rampe}} \leq 1\,350 \text{ Kfz/h}$ und $l_{\text{Rampe}} \leq 500 \text{ m}$</p> <p>in Rampengruppe II: getrennt trassierte Aus- und Einfahrampen mit $l_{\text{Parallelführung}} \leq 125 \text{ m}$</p>
Q 2		<p>in Rampengruppe I: $q_{\text{Rampe}} \leq 1\,350 \text{ Kfz/h}$ und $l_{\text{Rampe}} > 500 \text{ m}$ ferner: zweistreifige Verflechtungsbereiche ohne Seitenstreifen</p> <p>in Rampengruppe II: $q_{\text{Rampe}} > 1\,350 \text{ Kfz/h}$</p>
Q 3		<p>nur in Rampengruppe I: $q_{\text{Rampe}} > 1\,350 \text{ Kfz/h}$ ferner: zweistreifige Verflechtungsbereiche mit Seitenstreifen</p>
Q 4		<p>nur in Rampengruppe II: gemeinsam trassierte Aus- und Einfahrampen mit $l_{\text{Parallelführung}} > 125 \text{ m}$</p>

*) Bei EKA 3 und gestreckter Linienführung Reduzierung der Fahrstreifenbreite auf 3,25 m zulässig.

**) Die Markierung (Breitstrich) geht zu Lasten des Seitenstreifens.

***) Im Zuge von Brückenbauwerken beträgt der Randstreifen 0,50 m.

Abbildung 5-31 Rampenquerschnitte und ihre Einsatzbereiche (Abmessungen in [m]) (RAA, 2008)

Die **Querneigung** verläuft in Verbindungsrampen immer einseitig über die gesamte Fahrbahn und ist in Kurven zur Innenseite gerichtet. Nach RAA (2008) kann zur Vermeidung von Verwindungsbereichen ausnahmsweise mit Querneigungsdurchgang im Gegenbogen einer verschwenkten Verteilerfahrbahn eine nach außen gerichtete Querneigung von 2,5 % zugelassen werden, sofern der Gegenbogen mit $R \geq 1.000 \text{ m}$ trassiert wird. Die Mindestquerneigung beträgt 2,5 %, die Höchstquerneigung 6 %, in Ausnahmefällen 7 %. Die erforderlichen Querneigungen sind vom Kurvenradius und von der Rampengeschwindigkeit abhängig und ergeben sich nach der Abbildung 5-32. Die Radien werden mit Klothoiden als Übergangsbögen eingeleitet.

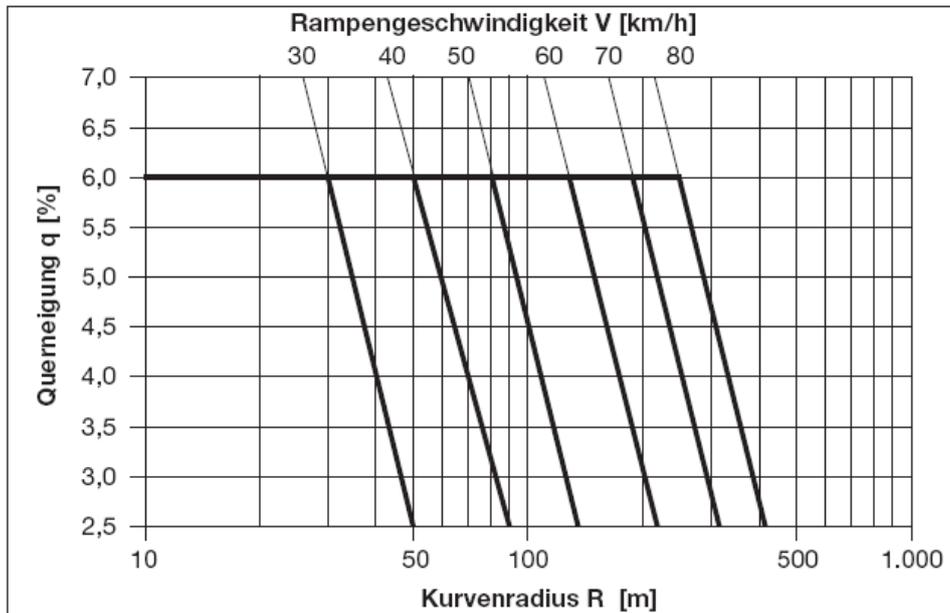


Abbildung 5-32 Querneigungen für Rampen in Abhängigkeit von der Rampengeschwindigkeit und dem Kurvenradius (RAA, 2008)

Im **Höhenplan** sollen als Grenzwerte der Längsneigung in Steigungen 6 % und im Gefälle 7 % eingehalten werden. Bei starker Längsneigung der zu verknüpfenden Straßen und sogenannter nachlaufender Längsneigung der Verbindungsrampen sind Überschreitungen dieser Grenzwerte zulässig, sofern die maximale Schrägneigung von 9 % eingehalten wird. Für Rampen in Tunneln gilt eine maximale Längsneigung von 4 %. Längsneigungswechsel werden nach denselben Grundsätzen wie bei der freien Strecke ausgerundet.

Die **Anrampung** und **Verwindung** zwischen Rampenbereichen mit unterschiedlicher Querneigung soll innerhalb des Übergangsbogens ausgeführt werden. Bezugsachse für die Verwindung der Fahrbahnfläche ist in der Regel der rechte Fahrbahnrand. Im Endbereich eines Ausfädelungstreifens kann sich die Querneigung der Ausfahrt von derjenigen der durchgehenden Fahrbahn unterscheiden, wenn die Unterbringung der Verwindung dies erfordert. Die Querneigungsdifferenz an dem entstehenden Grat zwischen durchgehender Fahrbahn und Ausfädelungstreifen darf dann an der Sperrflächenspitze maximal 5 % betragen. Falls erforderlich kann die Verwindungsstrecke der Ausfahrrampe soweit in den Ausfädelungstreifen vorgezogen werden, dass am Beginn des Übergangsbogens in dem Ausfädelungstreifen bereits eine Querneigung von 0 % erreicht ist. Diese Festlegungen gelten sinngemäß auch für Einfahrten.

Da bei der Kurvenfahrt die Hinterräder eines Fahrzeuges einen engeren Bogen als die Vorderräder beschreiben, kann in den Rampen eine **Fahrbahnverbreiterung** erforderlich werden, d. h. in den engen Kurven der Rampen wird eine größere Fahrstreifenbreite benötigt als in der Gerade. Das trifft besonders bei Kurvenradien von $R < 150$ m zu. Das Verbreiterungsmaß wird auf beide Fahrstreifen gleich aufgeteilt.

$$i = n \cdot (Ra - \sqrt{Ra^2 - D^2})$$

D [m] = Deichselmaß (Radstand + Überhanglänge vorn) (Sattelzug: D = 11,90 m)

i [m] = Fahrbahnverbreiterung

n [-] = Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen

Ra [m] = Radius des Außenrandkreisbogens

L [m] = Länge des Übergangsbogens

Lz [m] = Länge bis zum Erreichen des Verbreiterungsmaßes i.

Die Fahrbahnverbreiterung wird meist nur bei Rampen erforderlich, die zweistreifig befahren werden (Rampentyp Q2, Q3 und Q4).

Die **Schrägneigung** ist auf einen Höchstwert von $p = 9$ % begrenzt. Die Mindestschrägneigung von 0,5 % ist auch im Rampensystem einzuhalten.

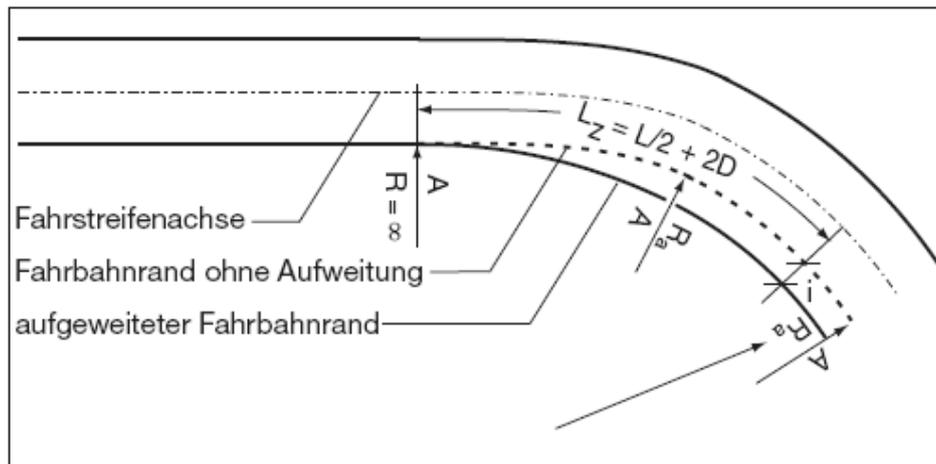


Abbildung 5-33 Fahrbahnverbreiterung in engen Kurven bei Elementfolge Gerade – Klothoide – Kreisbogen (RAL, 2012)

5.3.2 Ausfahrten

Grundsätzlich sollen Ausfahrten in gestreckter Linienführung der übergeordneten Straße liegen. Aus Sicherheitsgründen sollen Ausfahrbereiche möglichst einheitlich gestaltet werden. Dies wird durch die Anwendung standardisierter Typen von Ausfahrten erreicht. Ausfahrten an durchgehenden Fahrbahnen müssen höhere Anforderungen erfüllen als solche innerhalb von Verbindungsrampen.

An schleifenförmigen Ausfahrrampen mit Hauptbogenradien von 40 bis 60 m sind häufig Klothoidenparameter $A \approx R$ notwendig, um die Fahrbahn im Übergangsbogen verwinden zu können. Im Interesse der Erkennbarkeit der Inselspitze ist ein Abgangswinkel von mindestens 12 gon anzustreben. Bei Verteilerfahrbahnen erfordert dieser Wert eventuell deren Verschwenkung. Bei notwendiger Unterschreitung sind jedoch mindestens 6 gon einzuhalten.

Ausfahrten dienen als Verzögerungsbereiche und müssen entsprechend ausgebildet werden. Zudem erfordern sie eine rechtzeitige Erkennbarkeit und eine ausreichende Leistungsfähigkeit. Sie sind daher in der Regel mit parallelen Ausfädelungstreifen auszuführen. Der Beginn der Ausfahrtöffnung sowie die Inselspitze müssen deutlich gekennzeichnet werden. Diese muss durch eine Bake gekennzeichnet werden, damit sie auch bei Nacht gut erkennbar ist. Vor der Inselspitze ist in der Regel eine Sperrfläche zu markieren.

Ausfädelungstreifen erhalten die gleiche Breite wie der unmittelbar danebenliegende durchgehende Fahrstreifen. Der Randstreifen ist 0,50 m breit. Der 2,50 m breite Seitenstreifen ist neben dem Ausfädelungstreifen nur dann mitzuführen, wenn auch die abzweigende Rampe einen Querschnitt mit Seitenstreifen hat. In allen anderen Fällen genügt es, neben dem Ausfädelungstreifen die Schutzeinrichtungen so weit zurückzusetzen, dass Nothalte auf dem

Bankett möglich sind. Die Breite des in diesem Fall standfest auszubildenden Banketts soll vor der Schutzeinrichtung mindestens 2,00 m betragen.

Die Ausbildung der Ausfahrten hängt von dem vorgesehenen Rampenquerschnitt ab. In Abbildung 5-34 sind die Standardtypen von Ausfahrten an Hauptfahrbahn mit Angabe der anschließbaren Rampenquerschnitte dargestellt. Alle Ausfahrttypen sind sinngemäß auch an drei- oder vierstreifigen Hauptfahrbahnen einsetzbar.

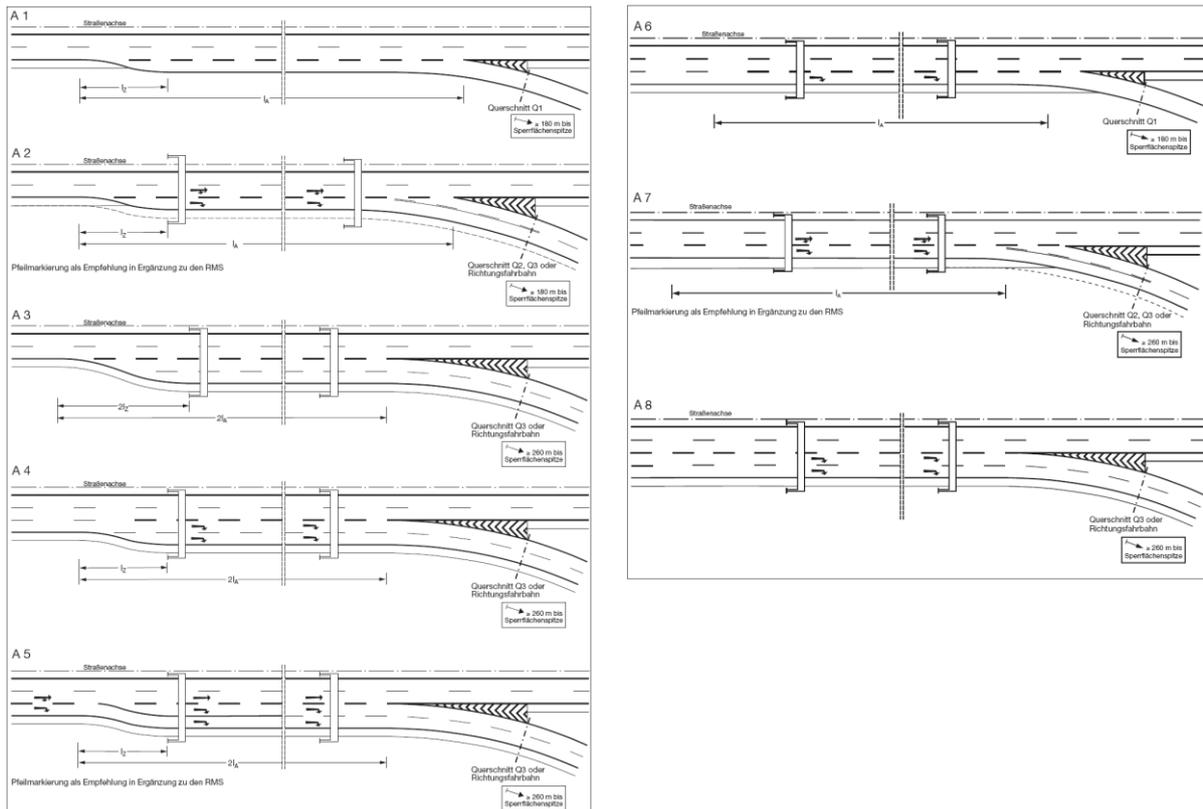


Abbildung 5-34 Typen von Ausfahrten an Hauptfahrbahnen (RAA, 2008)

Für die Ausbildung von Ausfahrten innerhalb von Verbindungsrampen sind die vor und hinter dem Trennungspunkt vorgesehenen Rampenquerschnitte maßgebend (Abbildung 5-35).

In Knotenpunkten von Autobahnen der EKA 3 kann zur besseren Anpassung an das Strombelastungsbild der in Abbildung 5-36 dargestellte AR1*-Typ für Ausfahrten an Rampen eingesetzt werden.

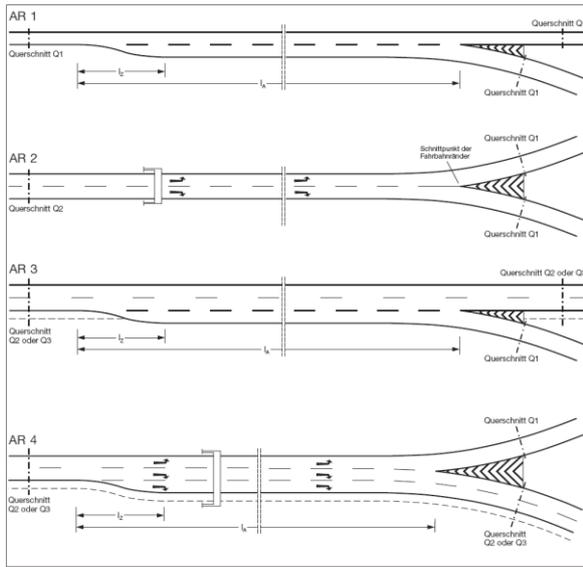
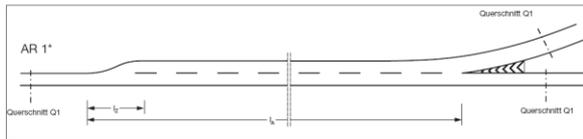
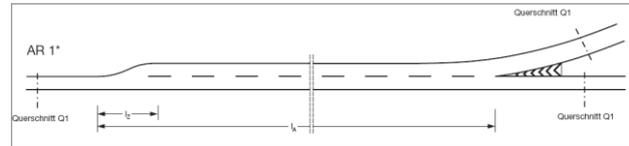


Bild 57: Typen von Ausfahrten im Rampensystem



**Abbildung 5-35 Typen von Ausfahrten
im Rampensystem
(RAA, 2008)**



**Abbildung 5-36 Zusätzlicher Typ einer Aus-
fahrt im Rampensystem
von Stadtautobahnknoten-
punkten (EKA 3) (RAA,
2008)**

Die in den Ausfahrttypenplänen enthaltenen Größen l_A und l_Z sind differenziert nach den verschiedenen Entwurfsklassen und Ausfahrttypen in der Abbildung 5-37 aufgeführt.

Überlange Ausfädelungstreifen können in Ausnahmefällen zweckmäßig sein, wenn

- die Hauptfahrbahn mehr als zwei Fahrstreifen hat,
- der Schwerverkehrsanteil sehr hoch ist oder
- es sich um den Zulauf in einen hochbelasteten Knotenpunkt handelt.

Größe	Ausfahrttyp	EKA 1/EKA 2	EKA 3
I _A	alle A-Typen	250	150
	AR 1 AR 3 (Q 2), AR 4 (Q 2)	150	100
	AR 1*	–	100
	AR 3 (Q 3), AR 4 (Q 3)	200	125
I _Z	alle Typen	60	30

Abbildung 5-37 Zahlenwerte für die Maßgrößen I_A und I_Z in den Ausfahrttypenplänen (Maße in [m]) (RAA, 2008)

Die Einsatzbereiche der Ausfahrttypen werden durch ihre Kapazität gemäß dem HBS bestimmt. Außerdem sind eine gegebenenfalls erforderliche Verringerung der Fahrstreifenanzahl hinter der Ausfahrt, die Anzahl der darüber zu erreichenden Ziele sowie die Entfernung bis zum nächsten Verzweigungspunkt zu berücksichtigen (Abbildung 5-38).

Abstand zur nächsten Verzweigung	Anzahl der Fahrstreifen der Hauptfahrbahn vor/hinter der Ausfahrt	Verkehrsstärke der Ausfahrt in Kfz/h		
		≤ 1 350	≤ 2 300	> 2 300
≥ 250 m (bzw. keine weitere Trennung vorhanden)	2/2, 3/3, 4/4	A 1, A 2	A 2	A 3
	3/2, 4/3	A 5, A 6	A 5	
	4/2	–	A 7	
< 250 m	2/2, 3/3, 4/4	A 1	A 3	
	3/2, 4/3	A 6	A 4	
	4/2	–	A 7	

Abbildung 5-38 Einsatzgrenzen für Ausfahrttypen an Hauptfahrbahnen (RAA, 2008)

Weitere Hinweise zu den Einsatzbereichen der Ausfahrttypen sind den RAA (2008) Abschnitt 6 zu entnehmen.

5.3.3 Einfahrten

In Einfahrbereichen sollen die einfahrenden Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit möglichst gut an die der durchfahrenden Fahrzeuge anpassen, damit eine möglichst große Sicherheit und Leistungsfähigkeit erreicht wird. Daher sind an allen Einfahrten Einfädelungstreifen oder Spuradditionen vorzusehen. Auch Einfahrbereiche sollen möglichst einheitlich ausgebildet werden, weshalb die RAA (2008) Standardtypen für Einfahrten enthalten (Abbildung 5-39). Die Einsatzgrenzen für die verschiedenen Typen von Einfahrten sind von den Verkehrsstär-

ken in der Einfahrtrampe und der durchgehenden Fahrbahn abhängig. Die Qualität des Verkehrsablaufs für die Einfahrt ist nach dem HBS zu überprüfen.

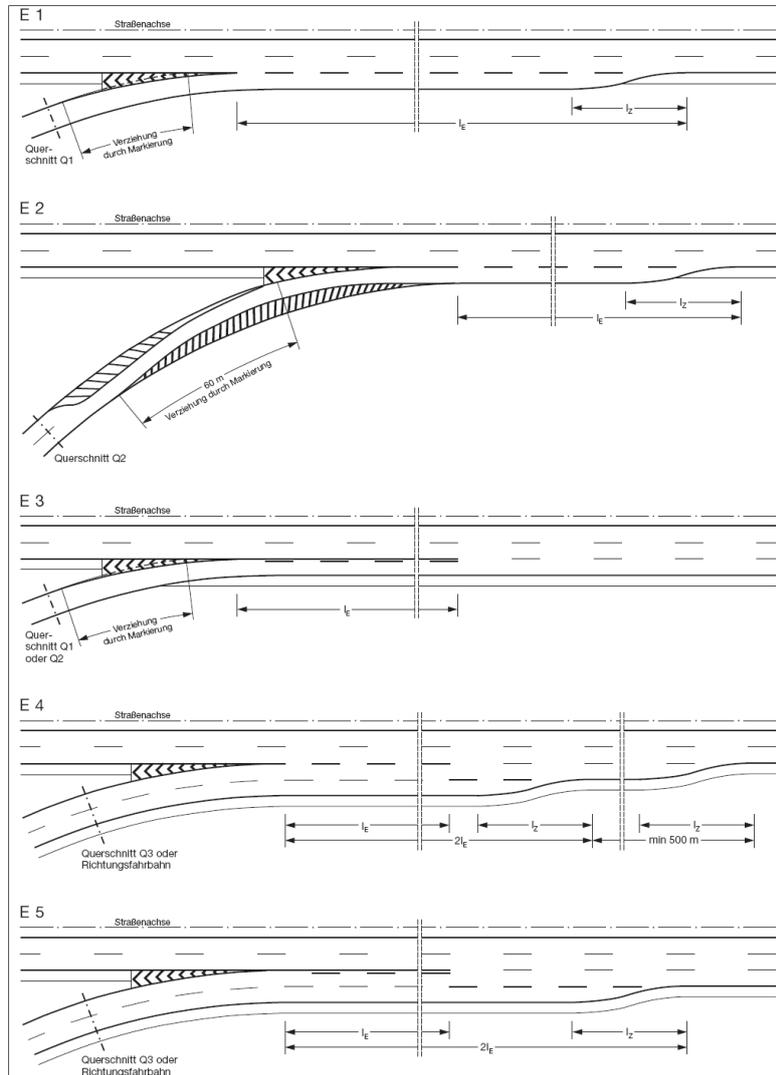


Abbildung 5-39 Typen von Einfahrten an Hauptfahrbahnen (RAA, 2008)

Die einstreifige Einfahrt mit einfachem Einfädungsstreifen (Typ E 1) ist die Regellösung für Anschlussstellen.

Die verengte Einfahrt mit einfachem Einfädungsstreifen (Typ E 2) wird angewendet, wenn für die Verbindungsrampe der Querschnitt Q2 gewählt wird. Der zweistreifige Querschnitt der Verbindungsrampe wird vor Erreichen der Inselspitze durch eine Sperrfläche im linken Rampefahrstreifen auf einen Fahrstreifen verzogen, um einstreifige Einfädungsvorgänge in die Hauptfahrbahn zu erzwingen.

Die einstreifige Einfahrt mit Spuraddition (Typ E 3) ist anzuwenden, wenn der einfahrende Verkehr wegen der Verkehrsstärke auf der durchgehenden Fahrbahn mit einer Einfahrt vom Typ E 1 oder E 2 nicht leistungsfähig abgewickelt werden kann.

Die zweistreifige Einfahrt mit doppeltem Einfädelungstreifen (Typ E 4) bzw. Spuraddition (Typ E 5) wird angewendet, wenn aus Belastungsgründen ein zweistreifiger Rampenquerschnitt Q3 gewählt werden muss. Bei dieser Lösung wird der linke Rampenfahrstreifen addiert, der rechte endet in einem Einfädelungstreifen. Wenn die Weiterführung einer dreistreifigen Richtungsfahrbahn aus Leistungsfähigkeitsgründen nicht erforderlich ist, dann kann der addierte Fahrstreifen frühestens 500 m hinter dem Ende des Einfädelungstreifens eingezo- gen werden.

Aus Sicherheitsgründen kann es bei wachsenden Verkehrsdichten erforderlich sein, die Rampenströme einzeln in die durchgehende Fahrbahn einzuführen. Dann erfolgt die Ausbil- dung der hintereinanderliegenden Einfahrten (Abbildung 5-40).

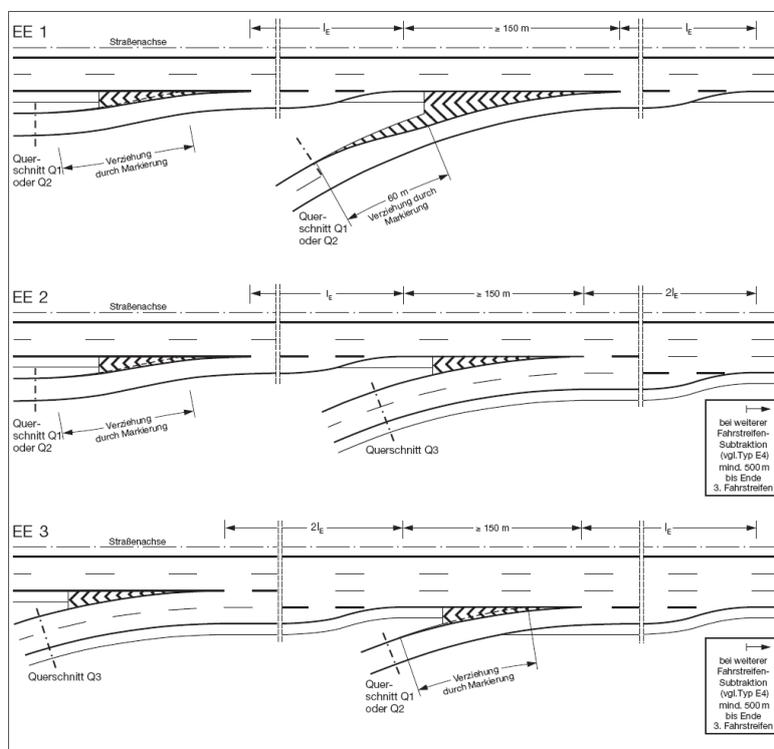


Abbildung 5-40 Typen hintereinanderliegender Einfahrten an Hauptfahrbahnen (RAA, 2008)

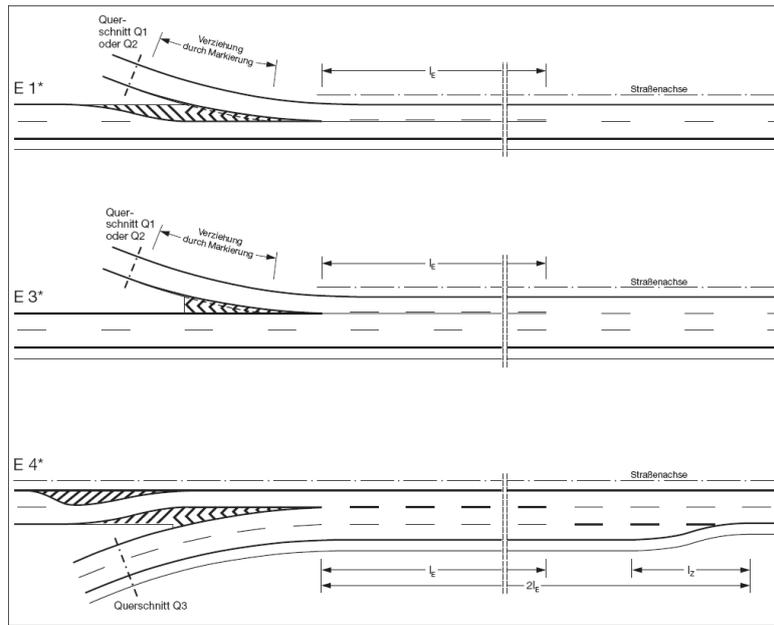


Abbildung 5-41 Zusätzliche Typen von Einfahrten an Hauptfahrbahnen von Autobahnen der EKA 3 (RAA, 2008)

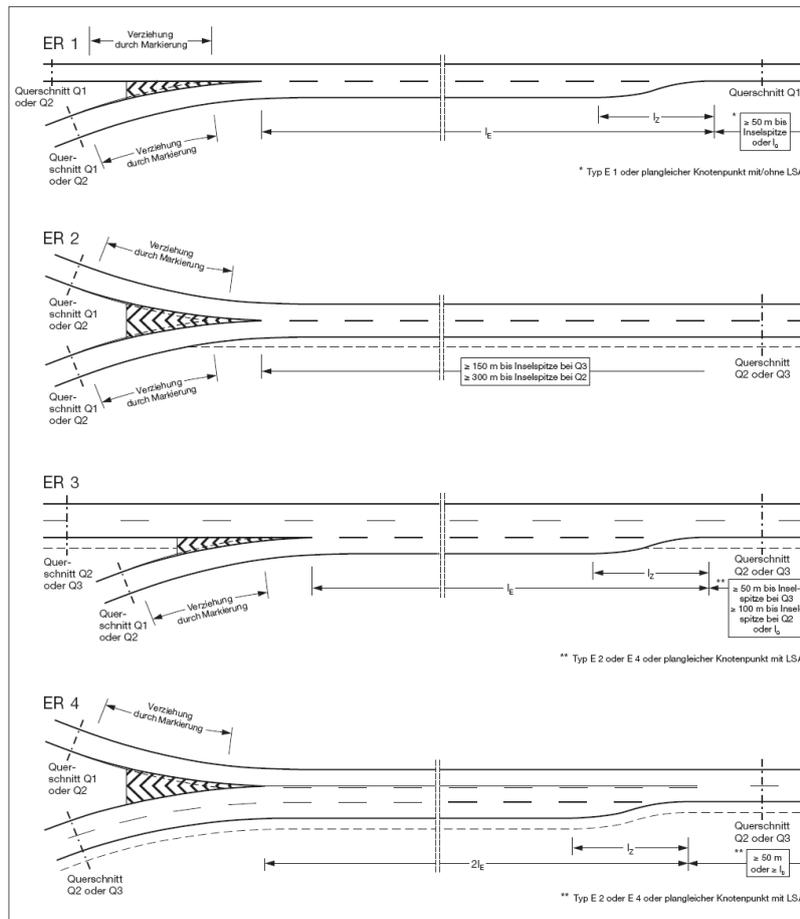


Abbildung 5-42 Typen von Einfahrten im Rampensystem (RAA, 2008)

Die Standardtypen an Einfahrten innerhalb von Verbindungsrampen sind in der Abbildung 5-42 dargestellt. Für die Ausbildung der Einfahrten innerhalb von Verbindungsrampen sind die vor und hinter dem Einmündungspunkt vorgesehene Rampenquerschnitte maßgebend.

Für alle Einfahrten ist der Nachweis der ausreichenden Einfahrtsichtweise nach Abbildung 5-43 zu erbringen. Einfahrtrampen sind mit einem möglichst kleinen Einmündungswinkel (3 bis 5 gon) an die durchgehenden Fahrstreifen anzuschließen.

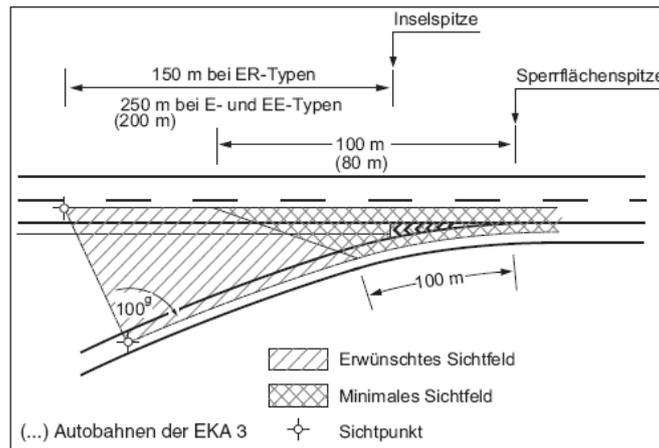


Abbildung 5-43 Einfahrtsichtweite (RAA, 2008)

Bei allen Einfahrttypen mit zweistreifigen Einfahrtrampen ist der Einsatz einer Fahrstreifen-signalisierung mit der verkehrsabhängig alternierenden Freigabe eines Fahrstreifens in der Hauptfahrbahn und eines Fahrstreifens in der Einfahrtrampe zu prüfen. Auch das Zusammenführen der beiden Einfahrtröme in den Doppelseinfahrten (EE-Typen) kann durch eine Fahrstreifen-signalisierung unterstützt werden.

5.3.4 Verflechtungstreifen

An durchgehenden Fahrbahnen können Verflechtungstreifen notwendig werden, wenn der Abstand zwischen Ein- und Ausfahrt ansonsten zu gering wird. Aus Sicherheitsgründen und zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit ist es von Vorteil, die Verflechtungsvorgänge auf einer gesonderten Fahrbahn parallel zur durchgehenden Fahrbahn abzuwickeln.

Nach dem Strombelastungsbild sind an Autobahnen vier verschiedene Fälle von Verflechtungsbereichen zu unterscheiden:

- a) Verflechtungsbereiche in Kleeblattverteilerfahrbahnen (beide Randströme fehlen)
- b) Kleeblattverflechtungsbereiche mit Verflechtungstreifen an der Hauptfahrbahn (äußerer Randstrom fehlt)

- c) Verflechtungsbereiche in einer Verteilerfahrbahn zwischen zwei Knotenpunkten (innerer Randstrom fehlt)
- d) alle anderen Verflechtungsbereiche, z.B. zwischen zwei Knotenpunkten an einer Hauptfahrbahn oder an einer langen Verteilerfahrbahn zwischen mehr als zwei Knotenpunkten oder im Rampensystem eines komplexen Knotenpunktes (keine fehlenden Verkehrsströme)

Innerhalb von Verbindungsrampen werden Verflechtungstreifen insbesondere zwischen Kleeblattschleifen angelegt (Abbildung 5-44). Durch die Anordnung einer Verteilerfahrbahn anstelle eines Verflechtungstreifens an der Hauptfahrbahn bleibt der durchgehende Strom der Hauptfahrbahn von der Verflechtung unbeeinflusst und der Verflechtungsvorgang wird wegen des fehlenden inneren Randstroms vereinfacht.

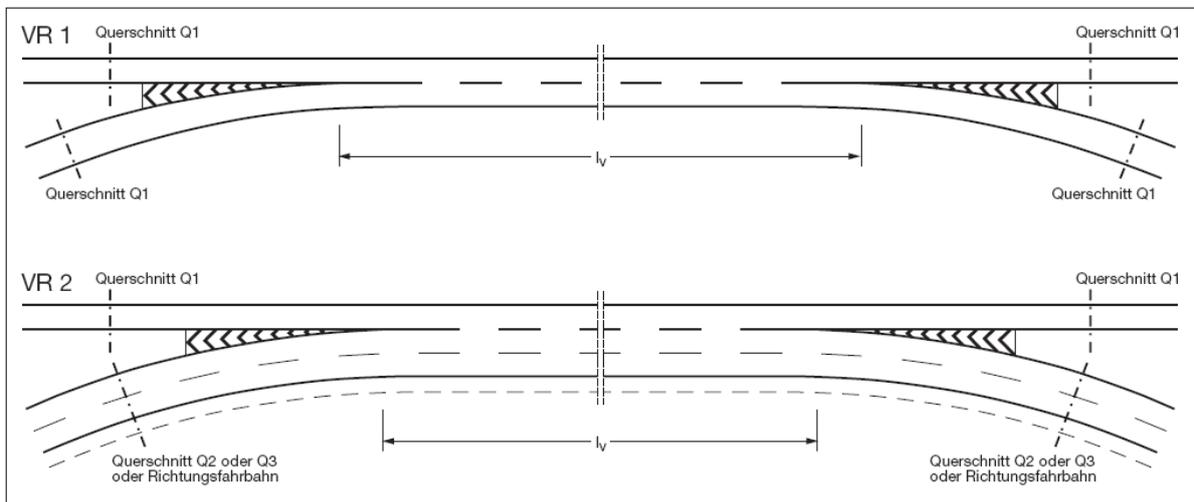


Abbildung 5-44 Sondertypen von Verflechtungsbereichen für das Rampensystem (RAA, 2008)

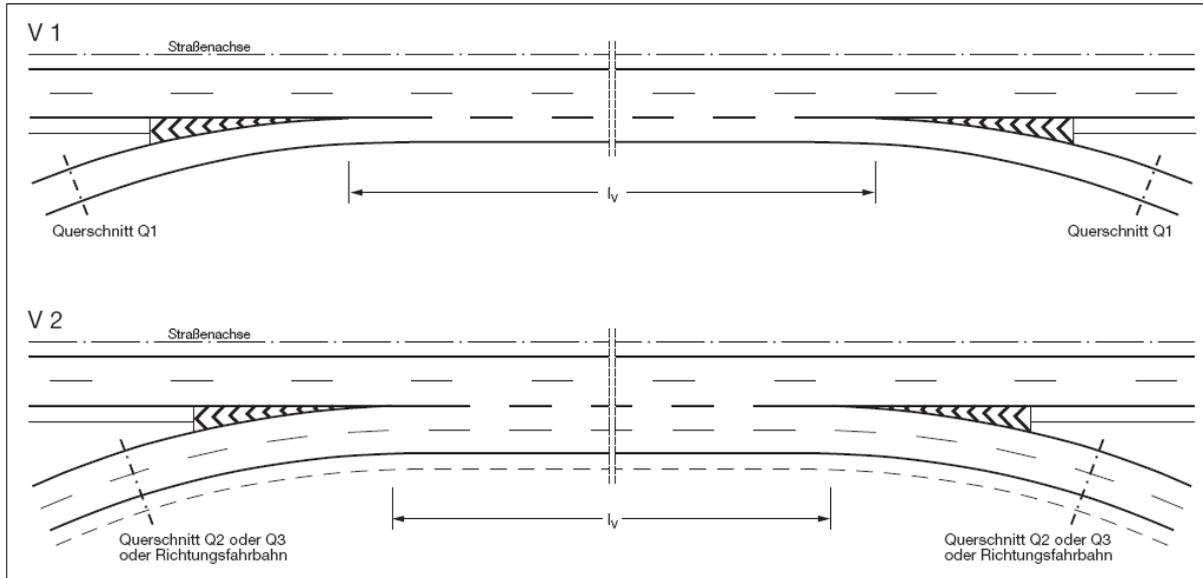


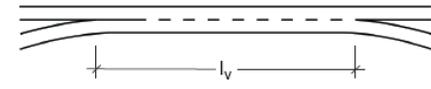
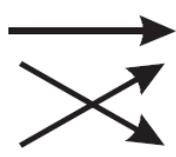
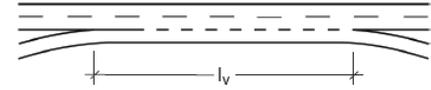
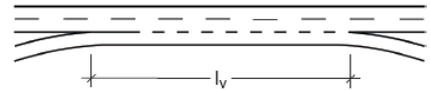
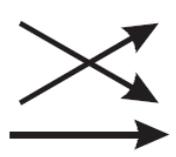
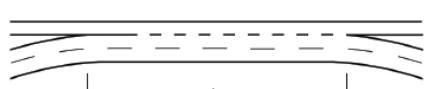
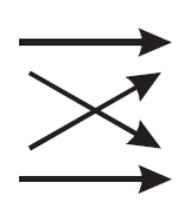
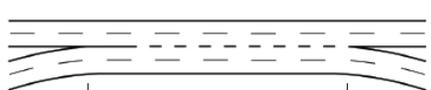
Abbildung 5-45 Typen von universell einsetzbaren Verflechtungsbereichen (RAA, 2008)

Die Fahrstreifenkonfiguration soll auf das Strombelastungsbild abgestimmt sein. Grundsätzlich gibt es in einem Verflechtungsbereich vier Verkehrsströme:

- den inneren Randstrom (Durchfahrer auf der Richtungsfahrbahn)
- den äußeren Randstrom (Einfahrer, die an der folgenden Ausfahrt wieder aus fahren)
- die beiden sich überkreuzenden Verflechtungsströme (Ausfahrer, die auf der Richtungsfahrbahn angekommen sind; Einfahrer, die auf der Richtungsfahrbahn weiterfahren).

Wesentliches Merkmal eines symmetrischen Verflechtungsbereiches ist, dass ein Fahrzeug im Verflechtungsstrom mindestens einen Fahrstreifenwechsel vollziehen muss.

In Abbildung 5-46 sind die Einsatzgrenzen von Verflechtungsbereichstypen zusammengestellt. Die Qualität des Verkehrsablaufs ist nach dem HBS zu überprüfen.

Strombelastungs- bild (nach Abschnitt 6.4.5.1)	Lage des Verflechtungsbereiches	
	in der durchgehenden Fahrbahn	im Rampensystem
Fall a)  „Beide Randströme fehlen“		VR 1  <ul style="list-style-type: none"> • Kleeblatt-Verteilerfahrbahn $l_V = 200$ m $l_V = 180$ m (bei $V_{zul} = 80$ km/h)*
Fall b)  „Äußerer Randstrom fehlt“	V 1  <ul style="list-style-type: none"> • Kleeblatt Bei EKA 1 A unzulässig $l_V = 250$ m $l_V = 200$ m (bei $V_{zul} = 100$ km/h)* $l_V = 180$ m (bei $V_{zul} = 80$ km/h)* 	V 1  <ul style="list-style-type: none"> • Verteilerfahrbahn über ≥ 3 Knotenpunkte mit sehr schwachem äußeren Randstrom $l_V = 250$ m $l_V = 200$ m (bei $V_{zul} = 100$ km/h)*
Fall c)  „Innerer Randstrom fehlt“		V 2 l_V wie Fall d) <ul style="list-style-type: none"> • Verteilerfahrbahn zwischen 2 Knoten- punkten VR 2 l_V wie Fall b)  <ul style="list-style-type: none"> • Verbindungsrampe in komplexen Knoten- punkten mit sehr schwachem inneren Randstrom
Fall d)  „Kein Randstrom fehlt“	V 2  <ul style="list-style-type: none"> • zwischen 2 Knotenpunkten Bei EKA 1 A unzulässig $l_V = 300$ m $l_V = 250$ m (bei $V_{zul} = 100$ km/h)* $l_V = 200$ m (bei $V_{zul} = 80$ km/h)* Sonderfall bei EKA 3: $l_V = 180$ m (bei $V_{zul} = 60$ km/h)* 	V 2 <ul style="list-style-type: none"> • lange Verteilerfahrbahn über ≥ 3 Knoten- punkte oder • Verbindungsrampe in komplexen Knoten- punkten $l_V = 300$ m $l_V = 250$ m (bei $V_{zul} = 100$ km/h)* $l_V = 200$ m (bei $V_{zul} = 80$ km/h)*

* Im Ausnahmefall möglich, wenn in der Hauptfahrbahn bzw. im Rampensystem in Abstimmung mit der Verkehrsbehörde die angegebene V_{zul} angeordnet wird.

Abbildung 5-46 Einsatzgrenzen und Mindestverflechtungslängen l_V von Verflechtungsbereichstypen (RAA, 2008)

5.4 Verständnisfragen

- Warum sind Ein- und Ausfahrten an Autobahnen immer rechts anzulegen?
- Welche Möglichkeiten bestehen, um an einem Autobahnknotenpunkt den Grundsatz einzuhalten, nach dem Ausfahrten vor Einfahrten liegen sollen und kurz hintereinander liegende Ausfahrten an durchgehenden Fahrbahnen zu vermeiden sind?
- Unter welchen Randbedingungen kann es sinnvoll sein, einen der Einfahrtstypen EE-1 bis EE-3 anzuwenden?
- Warum kann bei indirekten Rampen der Einfahrradius kleiner als der Ausfahrradius gewählt werden?
- Warum ist das unsymmetrische halbe Kleeblatt mit außen liegenden Linksabbiegestreifen der Regelfall für Anschlussstellen?
- Warum soll an Anschlussstellen in Trompetenform die Einfahrrampe vor der Ausfahrrampe angelegt werden?
- Warum ist die linksliegende Trompete der Regelfall für dreiarmlige Autobahnknotenpunkte?
- Warum ist die Anlage eines Autobahnkreuzes in Form einer Windmühle nur in absoluten Ausnahmefällen sinnvoll?
- Warum können Verflechtungsstrecken innerhalb von Verbindungsrampen kürzer sein als Verflechtungsstreifen an durchgehenden Fahrbahnen?

6 Verkehrssicherheit

Die Bewertung von Verkehrssicherheit erfolgt in Deutschland in aller Regel anhand des zurückliegenden Unfallgeschehens. Andere theoretische Möglichkeiten wie die Beurteilung von Konflikten als Vorstufe evtl. Unfälle oder die Messung von Fahrverhaltensgrößen können zwar Anhaltswerte liefern, korrelieren aber häufig nicht mit dem realen Unfallgeschehen.

Gleichwohl kann auch die Verkehrssicherheit zukünftiger Straßen beeinflusst werden, für die zwangsläufig keine Erkenntnisse über das Unfallgeschehen vorliegen. Dies geschieht insbesondere durch Nutzung von Erfahrungen, die an vergleichbaren Örtlichkeiten im Straßennetz aufgrund des dort feststellbaren Sicherheitsniveaus gemacht wurden.

6.1 Unfallgeschehen

Aus Abbildung 6-2 ist erkennbar, dass die Anzahl und die Schwere von Unfällen verschiedenen zeitlichen Entwicklungen unterliegen. Während seit 1970 die Anzahl der Unfälle zugenommen hat und die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden in etwa konstant ist, lässt sich bei der Anzahl der Getöteten ein markanter abnehmender Trend feststellen, der bis heute nicht abgeschlossen ist.

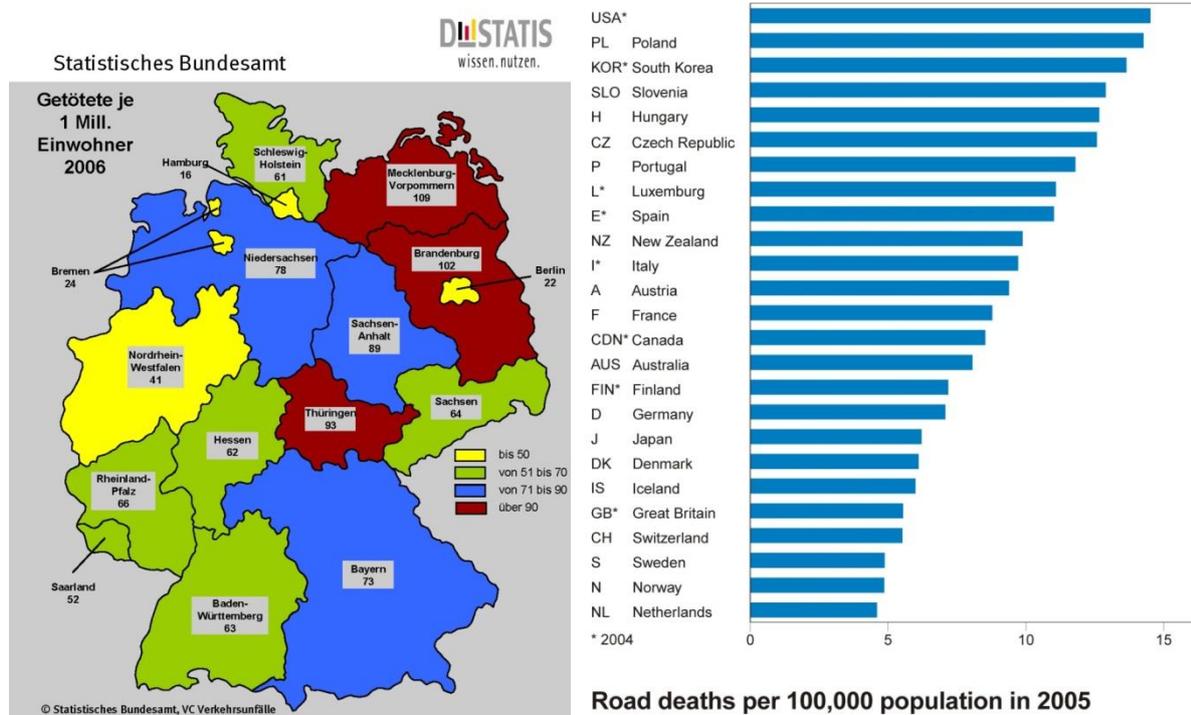


Abbildung 6-1 Unterschiede in der Verunglücktenbelastung der Getöteten je Mio. Einwohner in Deutschland bzw. je 100.000 Einwohner Europa (Quelle: DESTATIS)

Bei all diesen Zahlen ist allerdings zu berücksichtigen, dass selbst ansteigende absolute Unfallzahlen in Relation zu der in diesem Zeitraum vervielfachten Verkehrsmenge (zurückgelegte Fahrzeugkilometer) zu deutlich reduzierten Unfallraten geführt haben.

	1970	1980	1990	2000	2005	2006
Anzahl der Unfälle						
Unfälle gesamt	1.392.007	1.684.604	2.010.575	2.350.227	2.253.992	2.235.318
Unfälle mit Personenschaden	377.610	379.235	340.043	382.949	336.619	327.984
davon innerorts	254.198	261.302	218.177	245.470	225.875	221.504
außerorts ohne BAB	107.762	101.701	97.559	111.901	89.801	86.046
darunter Bundesstraßen	47.810	35.825	34.109	38.754	30.001	28.735
BAB	15.650	16.232	24.307	25.578	20.943	20.434
Anzahl der Getöteten						
Getötete	19.193	13.041	7.906	7.503	5.361	5.091
davon innerorts	8.494	5.124	2.205	1.829	1.471	1.384
außerorts ohne BAB	9.754	7.113	4.765	4.767	3.228	3.062
darunter Bundesstraßen	4.785	2.850	1.942	1.908	1.238	1.241
BAB	945	804	936	907	662	645
Raten der Unfälle mit Personenschaden [Unf./Mio. Fz.-km]						
insgesamt	1,50	1,03	0,70	0,58	0,49	0,48
BAB	0,45	0,20	0,18	0,13	0,10	0,09
Bundesstraßen außerorts	0,93	0,57	0,42	0,36	0,28	0,27
Getötetenraten [Getötete/Mrd. Fz.-km]						
insgesamt	76,5	35,4	16,2	11,3	7,8	7,4
BAB	27,0	10,0	6,9	4,5	3,1	3,0
Bundesstraßen außerorts	92,7	45,7	24,2	17,6	11,5	11,6

Abbildung 6-2 Entwicklung maßgeblicher Unfallkenngrößen in Deutschland (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen)

Gleichzeitig ist allerdings festzustellen, dass es innerhalb Europas, aber selbst innerhalb von Deutschland starke regionale Schwankungen in den Verunglücktenbelastungen gibt (siehe Abbildung 6-1). Diese sind vor allem in strukturellen Unterschieden begründet (Fahrweiten z.B. in Ballungsgebieten bzw. ländlichen Regionen), spiegeln aber auch unterschiedliche Verhaltensweisen im Verkehr (z.B. Gurtanlagequoten) und Anstrengungen auf dem Gebiet der Verkehrssicherheit wider.

6.2 Möglichkeiten der Beeinflussung von Verkehrssicherheit

Als zentrale Größe im System Mensch/Fahrzeug/Straße/Verkehr unterliegt der Mensch den Einflüssen der einzelnen Komponenten in diesem Kreis. Er nimmt die Einflüsse auf und setzt sie in eine individuelle Fahrweise um. Die vielfältigen Beziehungen untereinander bedeuten

letztendlich auch, dass es vielfache Möglichkeiten der Beeinflussung („Regelung“) gibt. Die Erhöhung der Verkehrssicherheit kann angestrebt werden durch Aufklärung (Regelgröße Mensch), Fahrzeugtechnologie wie z.B. Airbag, ESP (Regelgröße Fahrzeug) oder Verbesserungen an der Verkehrsanlage (z.B. Relationstrassierung für Außerortsstraßen).

Getötete nach Ortslagen ab 1953 in BR Deutschland

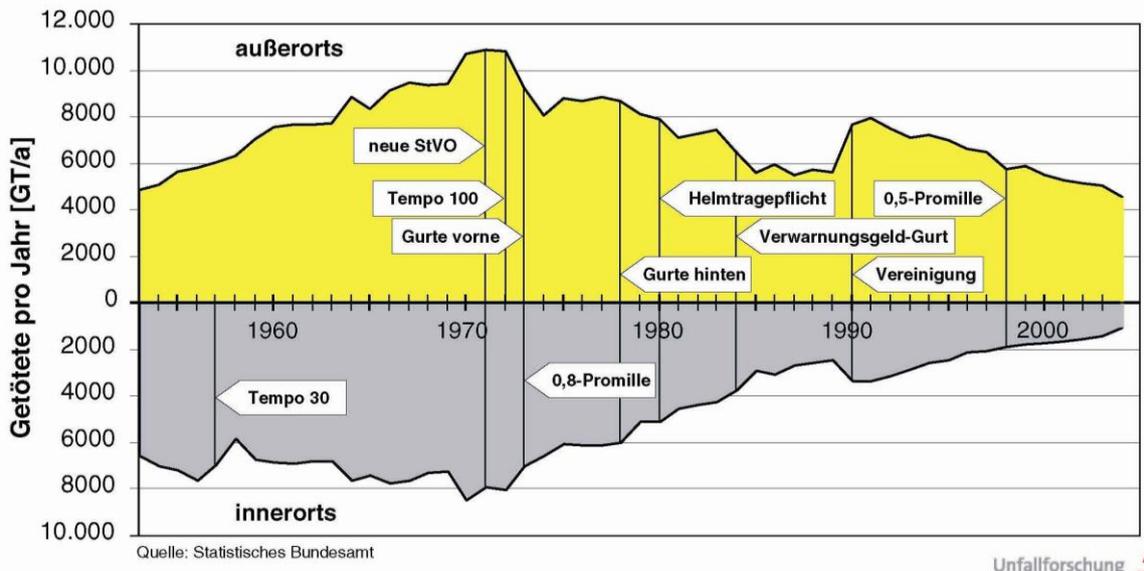


Abbildung 6-3 Getötete nach Ortslagen 1953 bis 2004 in der Bundesrepublik Deutschland (Quelle: DESTATIS)

Die zeitliche Entwicklung der Anzahl der Getöteten, unterschieden nach Ortslagen, zeigt, dass wesentliche Änderungen in den Rahmenbedingungen des Verkehrs (z.B. Verkehrsvorschriften) deutlichen Einfluss auf die Getötetenzahlen hatten (Abbildung 6-3). Weitere Einflüsse, die sich nicht an Zeitmarken festmachen lassen, sind die kontinuierliche Verbesserung des Straßennetzes und der Fahrzeuge sowie des Rettungswesens und der Notfallmedizin.

Außerdem zeigt die Verteilung des Unfallgeschehens im Straßennetz Unfallhäufungen an bestimmten Örtlichkeiten. Besonderheiten der Örtlichkeit müssen also beim Zustandekommen zumindest eines Teiles der Unfälle mitgewirkt haben.

Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit können insgesamt in drei Bereichen ergriffen werden:

- „Einsicht“: durch Aufklärung der Verkehrsteilnehmer, aber auch von Verantwortlichen für den Verkehr,

- „Technik“: durch Verbesserungen sowohl der Fahrzeugtechnologie als auch der Straße,
- „Aufsicht“: durch Kontrolle und die Beeinflussung der rechtlichen Rahmenbedingungen.

6.3 Örtliche Unfalluntersuchung

Aufgabe der örtlichen Unfalluntersuchung ist es, Bereiche im Straßennetz zu finden, wo es zu Unfalhhäufungen kommt, d.h. wo der Sicherheitsspielraum regelmäßig nicht ausreicht. Dort verringern örtliche Besonderheiten den Sicherheitsspielraum.

Unfalhhäufungen können auftreten als:

- Unfalhhäufungsstellen UHS: Unfalhhäufungen an Punkten, z.B. Einzelkurven, Knotenpunkten
- Unfalhhäufungslinien UHL: Unfalhhäufungen auf Straßenabschnitten mit oder ohne Knotenpunkten
- Unfalhhäufungsgebiete UHG: Unfallbelastete Straßennetze in Gebieten, in denen der Erschließungsverkehr vorherrscht.

Rechtliche Grundlagen für die örtliche Unfalluntersuchung, die von Unfallkommissionen durchgeführt wird, sind die Allgemeine Verwaltungsvorschrift (VwV, § 44) zur Straßenverkehrsordnung (StVO), die Erlasse zur Unfallauswertung der Länder und das „Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen“. Straßenverkehrsunfälle nach § 1 des Straßenverkehrsunfallstatistikgesetzes (StVUnfStatG) sind „Unfälle, bei denen infolge des Fahrverkehrs auf öffentlichen Wegen und Plätzen Personen getötet oder verletzt oder Sachschäden verursacht worden sind.“

6.3.1 Polizeiliche Verkehrsunfallanzeige

Ausgangspunkt der Bearbeitung sind die polizeilichen Verkehrsunfallanzeigen, die mit leichten bundeslandspezifischen Unterschieden einheitliche Unfalldaten enthalten. Wichtigster Teil der Verkehrsunfallanzeige für die örtliche Unfalluntersuchung ist Blatt 1, das alle notwendigen Daten einschließlich einer unmaßstäblichen Handskizze des Unfallhergangs sowie eine textliche Beschreibung mit zusätzlichen Informationen zum Unfallablauf enthält. Die Blätter 2 und 3 der Verkehrsunfallanzeige enthalten personenbezogene Daten der Unfallbeteiligten und evtl. verletzter Insassen sowie Daten zu sonstigen Geschädigten oder weitere Angaben, die z.B. zur Strafverfolgung nötig sein könnten.

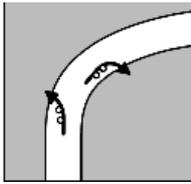
Verkehrssicherheit bzw. -unsicherheit wird sowohl durch die Anzahl als auch die Schwere von Straßenverkehrsunfällen beschrieben. Dabei wird die Schwere durch Unfallkategorien, die die schwerste Unfallfolge beschreiben, unterschieden:

- Kategorie 1: Unfall mit Getöteten:
Mindestens ein getöteter Verkehrsteilnehmer (an den Unfallfolgen innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall verstorben)
- Kategorie 2: Unfall mit Schwerverletzten:
Mindestens ein schwerverletzter Verkehrsteilnehmer (Merkmal: stationärer Krankenhausaufenthalt von mindestens 24 Stunden), aber keine Getöteten
- Kategorie 3: Unfall mit Leichtverletzten:
Mindestens ein leicht verletzter Verkehrsteilnehmer (Merkmal: ambulante ärztliche Behandlung), aber keine Getöteten und keine Schwerverletzten
- Kategorie 4: Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden:
Unfall mit Sachschaden und Straftatbestand oder Ordnungswidrigkeits-Anzeige, bei denen mindestens ein Kraftfahrzeug nicht mehr fahrbereit ist (abschleppen), sowie alle übrigen Sachschadenumfälle mit Alkohol (oft auch als Kategorie 6 bezeichnet)
- Kategorie 5: Sonstiger Unfall mit Sachschaden:
Sachschadenumfälle
 - mit Straftatbestand oder Ordnungswidrigkeits-Anzeige ohne Alkohol, bei denen alle Kraftfahrzeuge fahrbereit sind oder
 - mit lediglich geringfügiger Ordnungswidrigkeit (Verwarnung), unabhängig, ob die Kraftfahrzeuge fahrbereit sind oder nicht.

6.3.2 Unfalltypen

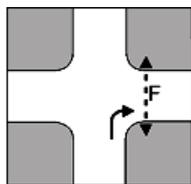
Neben den Unfallkategorien kommt den Unfalltypen eine besondere Bedeutung zu: Sie beschreiben die verkehrstechnische Konfliktsituation, die zum Unfall geführt hat. Zur Vermeidung von Unfällen gibt die Kenntnis über die Situation vor dem Unfall wichtige Hinweise. Unterschieden werden Fahrurfälle (d.h. ohne Verkehrskonflikt) und 6 Typen von Verkehrsunfällen mit vorausgegangenem Verkehrskonflikt.

Für die Bestimmung des Unfalltyps entscheidend ist allein die Konfliktsituation, die zu dem Unfall führte. Ob und wie Verkehrsteilnehmer kollidiert sind, also die "Unfallart", ist für die Bestimmung des Unfalltyps nicht von Bedeutung. Das Fehlverhalten der Verkehrsteilnehmer, also die "Unfallursache", spielt für die Bestimmung des Unfalltyps grundsätzlich keine Rolle.



Unfalltyp 1: Fahrnfall (F, in der Unfalltypensteckkarte grün markiert):
Um einen "Fahrnfall" handelt es sich, wenn ein Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert, weil er die Geschwindigkeit nicht entsprechend dem Verlauf, dem Querschnitt, der Neigung oder dem Zustand der Straße gewählt hat, oder weil er deren Verlauf oder eine Querschnittsänderung zu spät erkannt hat.

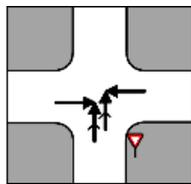
Fahrnfälle sind nicht immer "Allein-Unfälle", bei denen das Fahrzeug von der Fahrbahn abkommt. Ein Fahrnfall kann auch zu einer Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmern führen.



Unfalltyp 2: Abbiege-Unfall (AB, gelb)

Um einen Abbiege-Unfall handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer ausgelöst wurde.

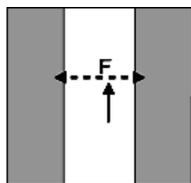
Das gilt an Einmündungen und Kreuzungen von Straßen, Feld- oder Radwegen sowie an Zufahrten, z.B. zu einem Grundstück oder einem Parkplatz.



Unfalltyp 3: Einbiegen/Kreuzen-Unfall (EK, rot)

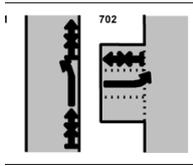
Um einen "Einbiegen/Kreuzen-Unfall" handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigten ausgelöst wurde.

Das gilt an Einmündungen und Kreuzungen von Straßen, Feld- oder Radwegen, an Bahnübergängen sowie an Zufahrten, z.B. von einem Grundstück oder einem Parkplatz.



Unfalltyp 4: Überschreiten-Unfall (ÜS, weiß mit rotem Fähnchen für das Merkmal Fußgängerbeteiligung)

Um einen "Überschreiten-Unfall" handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem die Fahrbahn überschreitenden Fußgänger und einem Fahrzeug ausgelöst wurde - sofern das Fahrzeug nicht soeben abgebogen ist. Diese Grundsätze gelten unabhängig davon, ob der Unfall an einer Stelle ohne besondere Einrichtungen für den Fußgängerquerverkehr geschehen ist oder an einem Zebrastreifen, einer lichtzeichengeregelten Fußgängerfurt o.ä.

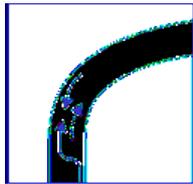


Unfalltyp 5: Unfall durch ruhenden Verkehr (RV, blau)

Um einen "Unfall durch ruhenden Verkehr" handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem auf der Fahrbahn "ruhenden", d.h. einem haltenden/parkenden Fahrzeug ausgelöst wurde.

Hierzu zählen auch Unfälle, bei denen der fließende Verkehr einen Konflikt mit einem ein- oder ausparkenden Fahrzeug hatte.

Es spielt keine Rolle, ob das Halten/Parken erlaubt war oder nicht.



Unfalltyp 6: Unfall im Längsverkehr (LV, orange)

Um einen "Unfall im Längsverkehr" handelt es sich, wenn der Unfall durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern ausgelöst wurde, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten - sofern dieser Konflikt nicht die Folge eines Verkehrsvorganges ist, der einem anderen Unfalltyp entspricht.

- Unfalltyp 7: Sonstiger Unfall (SO, schwarz)

Hierunter fallen alle Unfälle, die keinem anderen Unfalltyp zuzuordnen sind; in der Praxis machen dabei Wildunfälle einen großen Anteil aus.

6.3.3 Unfalltypen-Steckkarten

Das grundlegende Instrument der örtlichen Unfalluntersuchung ist die Unfalltypen-Steckkarte, da sie auf einen Blick erkennen lässt, wo sich welche Unfälle häufen.

In dieser wird jeder Unfall durch eine Nadel symbolisiert, die in einer topographischen Karte genau dort platziert wird, wo der Unfall geschehen ist. Die Farbe der Nadeln, der Durchmesser und evtl. Unterlegscheiben geben umfangreiche Informationen zu jedem Unfall und für die Auswertung einer Karte.

Unfalltypen-Steckkarten sind nahezu flächendeckend für Deutschland bei der Polizei vorhanden.

Punktuelle Häufungen (Unfallhäufungsstellen, kurz: UHS) sind deutlich zu erkennen. Sie werden in den Steckkarten als Stäbe (Hintereinanderreihung von Unfällen an derselben Örtlichkeit) dargestellt (siehe Abbildung 6-4 in der rechten Bildhälfte). Die in der Vergangenheit durchweg als Steckkarten ausgeführten Karten werden zur Zeit sukzessive in EDV-Systeme überführt, bei denen auf eine Unfalldatenbank zugegriffen wird und für die jeweils gewünschte Kartendarstellung – die optisch der gesteckten Variante entspricht - die maßgeblichen Unfälle selektiert werden. Vorteilhaft ist dabei vor allem, dass Jahreswechsel nunmehr un-

problematisch sind und Karten für verschiedene Betrachtungszeiträume nicht mehr aufwändig parallel erarbeitet werden müssen.

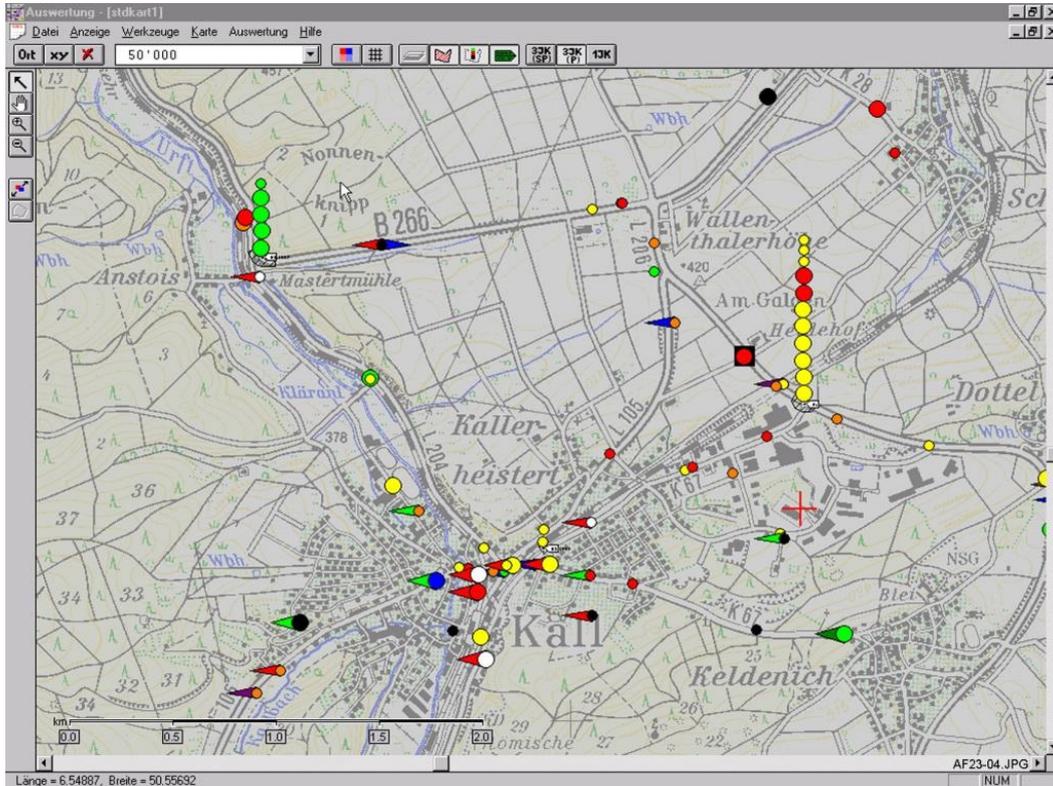


Abbildung 6-4 Beispiel für eine elektronische Unfalltypensteckkarte

In den Unfalltypen-Steckkarten bestimmt die schwerste Unfallfolge (Unfallkategorie) die Größe der Nadel bzw. des Punktes (siehe Abbildung 6-5), der Unfalltyp die Farbe.

Schwerste Unfallfolge (Unfall-Kategorie)				
	Einjahreskarte 1-JK		Mehrjahreskarte 3-JK	
Unfall mit Getöteten (1)		= 8 mm/ 10 mm		= 8 mm/ 10 mm
Unfall mit Schwerverletzten (2)		= 8 mm		= 8 mm
Unfall mit Leichtverletzten (3)		= 6 mm		= 4 mm
Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden:				
- Straf/Owi-Anzeige, Kfz nicht fahrbereit (4)		= 4 mm/ 6 mm		
- Übrige U mit Alkoholeinwirkung (6)		= 4 mm		
Sonstiger Unfall mit Sachschaden (5)		= 4 mm		

Abbildung 6-5 Symbolfestlegung zur Eintragung der Unfallkategorie in die Unfalltypen-Steckkarte

In der Einjahreskarte (1-JK) sind im Allgemeinen alle Kategorien 1 bis 6 gesteckt. Der Naddeldurchmesser und evtl. Unterlegscheiben am Schaft (z.B. schwarzes Quadrat am Naddelschaft bei Unfällen mit Getöteten, Kategorie 1) lassen auf den ersten Blick die schwerste Folge eines Unfalls erkennen

In den Dreijahreskarten (3-JK) werden entweder ausschließlich die Unfälle mit Personenschaden in der 3-JK(P) oder in der 3-JK(SP) lediglich die Unfälle mit schwerem Personenschaden (mind. eine Person wurde getötet oder schwer verletzt) über 3 Jahre gesteckt.

Farblich unterschiedliche Unterlegdreiecke geben zusätzliche Informationen zu den Unfallumständen. Es können also in den Unfalltypen-Steckkarten, neben den Gleichartigkeiten Unfallkategorie (Durchmesser) und Unfalltyp (Farbe), auch Gleichartigkeiten in den Unfallumständen erkannt werden: Fußgänger (hellrot), Alkohol (hellblau), Radfahrer (hellgrün), Überholen (violett), Krad (gelb), Wild (braun), Baum (dunkelgrün).

Gleichartigkeiten in den Unfalltypen-Steckkarten geben erste Hinweise auf mögliche Defizite der Verkehrsanlage und erleichtern den Einstieg in eine vertiefende Auswertung der Unfallhäufung.

6.3.4 Erkennen von Unfallhäufungsstellen

Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen sind Anzahlen von Unfällen, bei deren Erreichen oder Überschreiten Handlungsbedarf für die örtliche Unfallanalyse entsteht (Abbildung 6-6).

Unfalltypen-Steckkarte	Grenzwerte Anzahl Unfälle	Betrachtungszeitraum [Monate]
1-Jahres Karte	5 (gleichartige)*	12
3-Jahres Karte(P)	5	36
3-Jahres Karte(SP)	3	36

*Werden Unfälle mit verwarnungsfähigen Delikten in der Einjahreskarte nicht geführt, ermäßigt sich der Grenzwert auf 4 gleichartige Unfälle in 12 Monaten

Abbildung 6-6 Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen UHS

In der 1-JK über 12 Monate liegt der Grenzwert bei 5 gleichartigen Unfällen. Gleichartigkeit bedeutet gleicher Unfalltyp oder gleicher Unfallumstand. Die Gleichartigkeit wird bei den 3-JK nicht mehr besonders betont, da schon die Unfallfolge (Personenschaden/Schwerer Personenschaden) eine erste Gleichartigkeit darstellt.

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Betrachtungszeiträumen werden an einem Beispiel deutlich (siehe Abbildung 6-7): Die Unfallhäufungsstelle mit Abbiegeunfällen (nur

Sachschaden) in der 1-JK fällt in der 3-JK nicht auf, die Unfallhäufungsstelle schwerer Fahr- unfälle in der 3-JK fällt in der 1-JK nicht auf. Beide Unfallhäufungsstellen zeigen Defizite in der Verkehrsanlage auf.

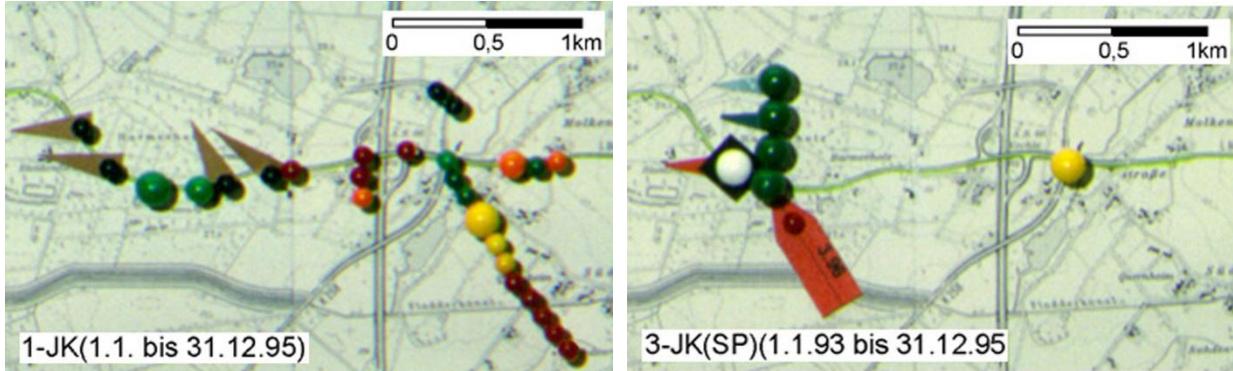


Abbildung 6-7 Beispiele für Unfallhäufungsstellen (Ausschnitt aus einer Bundes- straße)

6.3.5 Erkennen von Unfallhäufungslinien

Unfallhäufungslinien werden in der 3-JK der Unfalltypen-Steckkarte der Unfälle mit schwe- rem Personenschaden festgelegt.

Kriterien	Grenzwerte
U(SP) [U/3a]	3
UD(SP) [U/(km·3a)]	1
Abstand der U(SP)	gleichmäßig

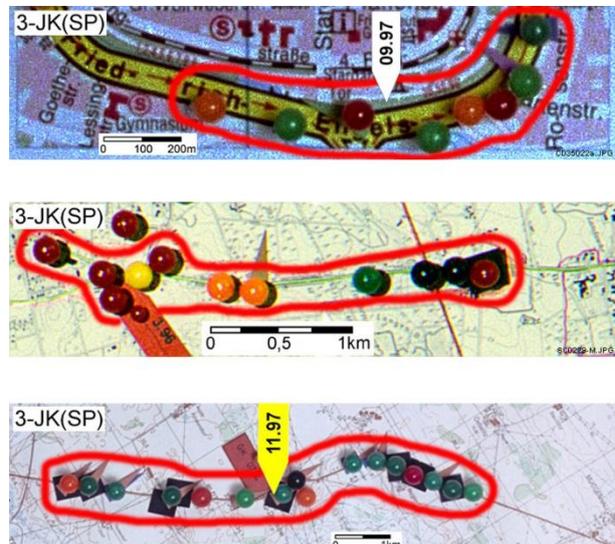


Abbildung 6-8 Grenzwerte und Beispiele für die Abgrenzung von Unfallhäufungslin- nien

6.3.6 Nähere Untersuchung von Unfallhäufungen

Für jede Unfallhäufung werden in der näheren Untersuchung Unfalllisten angelegt. Sie enthalten markante Merkmale (Lichtverhältnisse, Straßenzustand etc.) für jeden einzelnen Unfall der Unfallhäufung, die in Summen- bzw. Häufigkeitsspalten zusammengefasst werden.

Die Unfalllisten (siehe Abbildung 6-9) dienen dazu, mögliche Gleichartigkeiten im Unfallgeschehen der Unfallhäufung zu erkennen, die nicht direkt aus der Unfalltypen-Steckkarte abzulesen sind (z.B. Häufungen in den Wintermonaten/am Wochenende/keine Folge der Verkehrsstärke etc.). Ob Merkmalshäufungen tatsächlich als Auffälligkeit zu werten sind, wird durch einen Vergleich mit Erfahrungswerten, welche Anteile am Unfallgeschehen im Durchschnitt auf diese Merkmale entfallen.

Ort: Musterheim

Örtlichkeit: B 123 zw. A-Str. u. B-Str.

Untersuchungszeitraum bis: 31.12.96

Ortslage: innerorts

Art der Unfallhäufung

UHS/Kategorie

UHL L= 1,3 km

UHG L= _____ km

Einzelne Unfälle:	Übersicht						3-JK	3-JK	1-JK	
	1	2	3	4	5	6	U(SP)	U(P)	U	
Nummer	1	2	3	4	5	6	U(SP)	U(P)	U	
Jahr	1994	1994	1995	1995	1995	1996	6	9	13	Anzahl Unfälle
Monat	Mae	Okt	Apr	Aug	Nov	Dez	2	3	6	Dez-Mae
Wochentag	Sa	So	Mo	Di	Sa	Mo	3	5	3	Sa/So
Uhrzeit	14	20	12	18	11	17	2	2	5	6-9/16-19
Lichtverhältnisse	he	du	he	he	he	du	2	2	4	dä/du
Straßenzustand	tr	na	tr	na	tr	na	3	4	8	na/wgl
Anzahl Getötete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Anzahl Getötete
Schwerverletzte	1	1	1	1	1	1	6	6	1	Anzahl Schwerverletzte
Leichtverletzte	0	0	0	0	0	0	0	3	1	Anzahl Leichtverletzte
Beteiligte 01	Krd	Pkw	Pkw	Lkw	Pkw	Pkw	0	1	0	Fg/Rf
Beteiligte 02	Pkw	Pkw	Pkw	Pkw	-	Pkw	0	0	0	Fg/Rf
Anzahl Beteiligte	2	3	2	2	1	2	1	1	3	Alleinunfall
Unfall-Kategorie	2	2	2	2	2	2	2	2	5	Häufigste
Unfall-Typ	LV	So	EK	EK	So	AB	EK	EK	EK	Häufigster
Unfall-Art	2	5	5	5	8	9	5	5	2	Häufigste
Unfall-Ursache	14	36	28	28	49	35	28	28	14	Häufigste

Abbildung 6-9 Beispiel für eine Unfallliste

Unfalldiagramme sind nötig, wenn aus den Unfalltypen-Steckkarten und der Unfallliste keine angemessenen Maßnahmen zweifelsfrei abgeleitet werden können. Für Unfallhäufungsstellen sollten Unfalldiagramme grundsätzlich gefertigt werden.

Im Unfalldiagramm werden bundeseinheitliche Signaturen verwendet, die Auskunft über weitere Merkmale eines Unfalls geben (Abbildung 6-10).

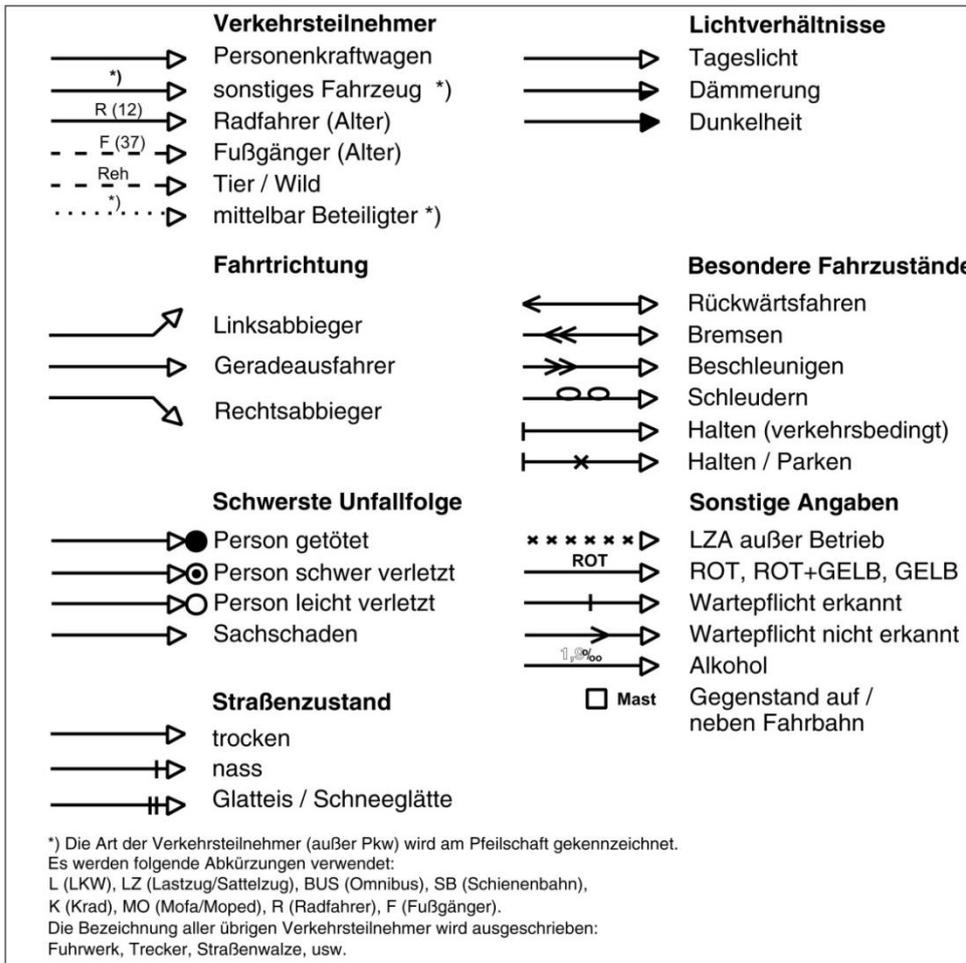


Abbildung 6-10 Signaturen im Unfalldiagramm

Unfalldiagramme können z.B. Aufschluss über Unfallhäufungen in einer bestimmten Fahr- richtung (Abbildung 6-11 links) oder über kritische Zufahrten und Richtungen von Bevorrech- tigten geben (Abbildung 6-11 rechts). Diese Informationen sind aus Unfalltypen-Steckkarten und Unfalllisten nicht zu generieren.

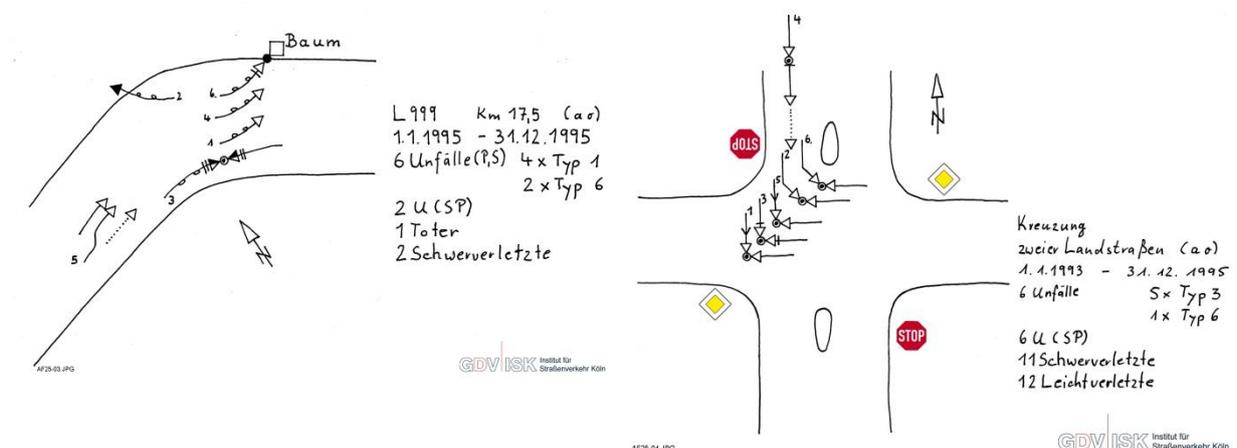


Abbildung 6-11 Beispiele für Auffälligkeiten im Unfalldiagramm

6.3.7 Maßnahmenfindung

Sind durch die vorangegangenen Schritte Unfallhäufungen detektiert und Besonderheiten untersucht, folgt der entscheidende Schritt zur angestrebten Verbesserung der Situation. Dazu sind im „Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen“ typische Verbesserungsmöglichkeiten für bestimmte häufige Unfallmuster bzw. mangelhafte Situationen im Straßennetz aufgezeigt.

Diese Zusammenstellung enthält zunächst nach Art der Unfallhäufung und Örtlichkeit unterschieden für typische Unfallmuster Beschreibungen der anzutreffenden Konflikte und Möglichkeiten der Überprüfung der jeweiligen Situationen (siehe Abbildung 6-12). Anschließend sind konkrete Defizite beispielhaft dargestellt sowie zugehörige Maßnahmenmöglichkeiten beschrieben und visualisiert.

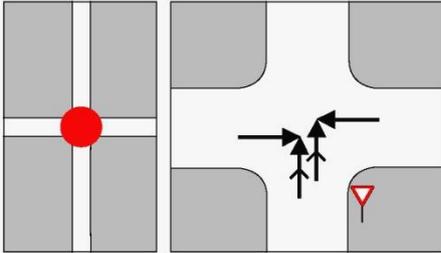
8.1.1 Maßnahmen auf Landstraßen - einbahnig		Knoten ohne LSA	
	<p>Einbiegen/Kreuzen-Unfall</p> <p>Konflikt: Wartepflichtiger mit Bevorrechtigtem von links oder rechts</p>	<p>Überprüfung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Rechtzeitige Erkennbarkeit <ul style="list-style-type: none"> - Beschilderung, Markierung - Hinweise auf durchfahrende Wartepflichtige ■ Begreifbarkeit der Regelung ■ Sicht ■ Geschwindigkeit der bevorrechtigten Straße 	
<p>Defizite</p> 	<p>Wartepflicht zu spät erkennbar Knotenpunkt hinter Kuppe</p> <p>Ankündigung der Wartepflicht verbessern Beidseitige Ankündigung (Z 205 mit Zusatzschild) und durchgezogene Mittelmarkierung (Z 295), Mittellinsel vorziehen</p>	<p>Maßnahmen</p> 	

Abbildung 6-12 Beispiel für Maßnahmenblatt aus dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2

6.3.8 Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten im Straßenentwurf

Insbesondere aus der über 30-jährigen Erfahrung mit der örtlichen Unfalluntersuchung konnten vielfältige Erkenntnisse über tendenziell sichere und unsichere Ausgestaltungsmöglichkeiten gewonnen werden.

Diese werden sukzessive in das Regelwerk integriert. Dazu gehören z.B. Erfahrungswerte für Unfallkostenraten verschiedener Regelquerschnitte, die Ableitung der Radienrelation aus der Untersuchung des Unfallgeschehens verschiedener Radienfolgen und die Präferenzierung bestimmter Knotenpunkttypen.

In jüngerer Vergangenheit wurde die besondere Berücksichtigung der Verkehrssicherheit in Planung und Entwurf institutionalisiert, indem Empfehlungen für Sicherheitsaudits an Straßen entwickelt wurden. So soll durch die spezielle Beschäftigung mit den sicherheitsrelevanten Entwurfsbestandteilen gewährleistet werden, dass zum einen sicherheitsbeeinträchtigende Entwurfsfehler wie die Herbeiführung von entwässerungsschwachen Zonen vermieden werden, gleichzeitig aber auch aus meist mehreren regelwerkskonformen Ausbildungen möglichst die sicherste gewählt wird. Abweichungen bzw. das Übergehen der Anforderungen aus dem Sicherheitsaudit sind vom Baulastträger zu begründen.

6.4 Verständnisfragen

- Worauf sind die großen Unterschiede in der Verunglücktenbelastung innerhalb Deutschlands zurückzuführen?
- Welche verkehrsrechtlichen Maßnahmen haben u.a. dafür gesorgt, dass die Anzahl der Getöteten im Straßenverkehr seit 1971 stark abgenommen hat?
- Welche Unfallkennziffer drückt die Anzahl an Unfällen in Relation zur Verkehrsbelastung aus?
- Welche Arten von Unfallhäufungen können auftreten?
- Was sind die Unterschiede zwischen Unfallkategorie, Unfallart und Unfalltyp?
- Warum können einem Unfalltyp mehrere Unfallarten zugeordnet werden?
- Warum liegen die Grenzwerte für Unfallhäufungen mit schwerem Personenschaden höher als die für Personenschaden an sich?
- Welche Aspekte von Unfällen können in einem Unfalldiagramm dargestellt und ausgewertet werden?
- Wann werden Sicherheitsaudits durchgeführt?

7 Verfahren zur Wahl des Knotenpunkttyps

Vom ehemaligen Institut für Straßenverkehr (ISK), heute Verkehrstechnisches Institut der deutschen Versicherer (VTIV) im Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) wurde ein Verfahren zur Abschätzung der Unfallkosten unterschiedlicher Knotenpunkttypen entwickelt. Diese Erkenntnisse sind prinzipiell bei der Neuerstellung der RAL (2012) eingeflossen und bereits berücksichtigt, allerdings sollen sie hier aus methodischen Gründen vertieft werden.

7.1 Allgemeines

Die Untersuchung von 70 Knotenpunkttypen im Zuge von einbahnig zweistreifigen Straßen (Unfallgeschehen i.d.R. aus 5 Jahren – alle polizeilich erfassten Unfälle der Jahre 1989 bis 1995 – mittleres Betrachtungsjahr 1992) hat zu folgenden Ergebnisse geführt:

- Die Unfallkostenraten von Knotenpunkten hängen von der Grundform (bauliche Gestaltung des Knotenpunktes) und der Verkehrsregelung ab.
- Der Einfluss der Verkehrsstärke auf die Unfallkostenrate von Knotenpunkten ist unbedeutend.
- Knotenpunkte beeinflussen die Verkehrssicherheit der angrenzenden Streckenabschnitte
- In der Regel wird die Verkehrssicherheit der Knotenpunktzufahrten durch den Knotenpunkt positiv beeinflusst; lediglich für Knotenpunktzufahrten mit Wartepflicht durch Verkehrszeichen (Zeichen 205/206 StVO) konnte ein positiver Einfluss nicht nachgewiesen werden. Tendenziell ist der Einfluss des Knotenpunktes auf wartepflichtige Zufahrten eher negativ.
- Der Rückgang der Unfallkostenrate in den Zufahrten hängt von der Art der Verkehrsregelung ab. Je nach Verkehrsregelung variiert die Einflusslänge eines Knotenpunktes auf den angrenzenden Zufahrten.
- Die Verbesserung der Verkehrssicherheit in den Knotenpunktzufahrten folgt überwiegend aus der Verringerung der Unfallschwere im Einflussbereich, bei ortsfester Überwachung der Geschwindigkeiten auch aus der Verringerung der Unfallzahl.

7.2 Unfallkostenraten in Abhängigkeit von Knotenpunkttypen

Knotenpunkttypen werden über die Knotenpunktgrundform und die Verkehrsregelung definiert. Folgende Knotenpunktgrundformen wurden untersucht:

Kreuzungen

- plangleich
- teilplanfrei (Grundform IV nach RAS-K 1)
- planfrei (halbes Kleeblatt)
- kleiner Kreisverkehrsplatz

Einmündungen

- plangleich
- kleiner Kreisverkehrsplatz

Folgende Regelungsarten wurden untersucht:

- VZ: Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen
- LSA 2: Lichtsignalregelung mit zweiphasiger Steuerung
- LSA 3: Lichtsignalregelung mit drei- oder – nur bei Kreuzungen – mehrphasiger Steuerung
- OGÜ: Ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung

Aus der Kombination von Knotenpunktgrundform und Regelungsart ergaben sich die untersuchten Knotenpunkttypen gemäß Abbildung 7-1.

Knotenpunkt-Typen		
Symbole und Erläuterungen		
	Kreuzung VZ	(Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen)
	Kreuzung LSA 2	(Vorfahrtregelung durch Lichtsignalanlage)
	Kreuzung LSA 3	(... mit 3 oder mehr Phasen)
	Kreuzung OGÜ	(ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung)
	Teilplanfreie Kreuzung VZ	
	Teilplanfreie Kreuzung LSA 3	(...an beiden Einmündungen)
	Teilplanfreie Kreuzung LSA 3/OGÜ	
	Teilplanfreie Kreuzung OGÜ	(...an beiden Einmündungen)
	Kleiner Kreisverkehrsplatz VZ	
	Halbes Kleeblatt VZ	
	Halbes Kleeblatt LSA 3	(...an beiden Einmündungen)
	Halbes Kleeblatt OGÜ	(...an beiden Einmündungen)
	Einmündung VZ	
	Einmündung LSA 2	
	Einmündung LSA 3	
	Einmündung OGÜ	

Abbildung 7-1 Untersuchte Knotenpunkttypen

Die Unfallkostenraten (Sicherheitsgrade) von Knotenpunkten hängen sowohl von der Knotenpunktgrundform als auch von der Verkehrsregelung ab.

Da die Knotenpunktgrundform i.d.R. – ähnlich wie bei der Querschnittsauswahl – aus der Verkehrsbelastung und der gewünschten Verkehrsqualität bestimmt wird, kann durch die geeignete Verkehrsregelung die Grundsicherheit von Knotenpunkten (Verkehrsregelung durch Verkehrszeichen) erheblich verbessert werden.

Hinsichtlich der Knotenpunktgrundform von Kreuzungen wurde folgendes festgestellt:

- Die Knotenpunktgrundform mit der größten Leistungsfähigkeit (planfreie Knotenpunkte, halbe Kleeblätter) erreicht das höchste Sicherheitsniveau. Dies gilt insbesondere dann, wenn die plangleichen Anschlüsse der Rampen mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung (OGÜ) gesichert werden. In diesem Fall sind die Eingriffe in den Verkehrsablauf auch gering. Ein ähnlich hohes Sicherheitsniveau kann mit dreiphasiger Lichtsignalsteuerung erreicht werden. Bei einer Regelung der Kreuzung durch Verkehrszeichen sind andere bauliche Grundformen vorzuziehen (Ausnahme: Kleine Kreisverkehrsplätze).
- Kleine Kreisverkehrsplätze stellen die Knotenpunktgrundform dar, die mit Verkehrszeichenregelung das höchste Sicherheitsniveau bietet. Allerdings ist der Verkehrsablauf in allen Zufahrten gleichartig stark eingeschränkt (Wartepflicht).
- Teilplanfreie Knotenpunkte (Grundform IV nach RAS-K 1) haben mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen ein Sicherheitsniveau, das plangleiche Kreuzungen nur erreichen, wenn sie mit drei- oder mehrphasiger Lichtsignalsteuerung oder mit OGÜ versehen sind. Durch dreiphasige Lichtsignalsteuerung und/oder OGÜ können teilplanfreie Knotenpunkte im Sicherheitsniveau gegenüber Vorfahrtregelungen durch Verkehrszeichen deutlich verbessert werden.
- Plangleiche Kreuzungen mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen oder zweiphasige Lichtsignalsteuerung haben ein derart ungünstiges Sicherheitsniveau, dass diese Knotenpunkttypen für den Neubau von Straßen ausgeschlossen werden sollten. Mit drei- oder mehrphasiger Lichtsignalsteuerung oder OGÜ kann für derartige Knotenpunkte ein hohes Sicherheitsniveau erreicht werden.

Für plangleiche Einmündungen zeigen sich – analog zu den Unfallkostenraten der Kreuzungen – vergleichbare Abstufungen: Vorfahrtregelungen durch Verkehrszeichen oder zweiphasige Lichtsignalsteuerungen führen zu einem deutlich ungünstigeren Niveau als dreiphasige Lichtsignalsteuerungen oder OGÜ.

Sowohl bei Kreuzungen als auch bei Einmündungen sollten Verkehrsregelungen durch Verkehrszeichen nur bei sehr geringen Verkehrsstärken zugelassen werden.

Eine Lichtsignalsteuerung mit lediglich zwei Phasen sollte für den Neu- oder Umbau von Knotenpunkten nicht zugelassen werden: Die Mehrkosten einer drei- oder mehrphasigen Lichtsignalsteuerung sind verschwindend gering im Vergleich zu deren Sicherheitsvorteilen.

Die in der Untersuchung ermittelten Unfallkostenraten wurden in einem weiteren Arbeitsschritt auf das Bezugsjahr 2000 sowie den Preisstand 2000 umgerechnet. Die Unfallkostenraten der untersuchten Knotenpunkttypen sind in Abbildung 7-2 zusammengestellt.

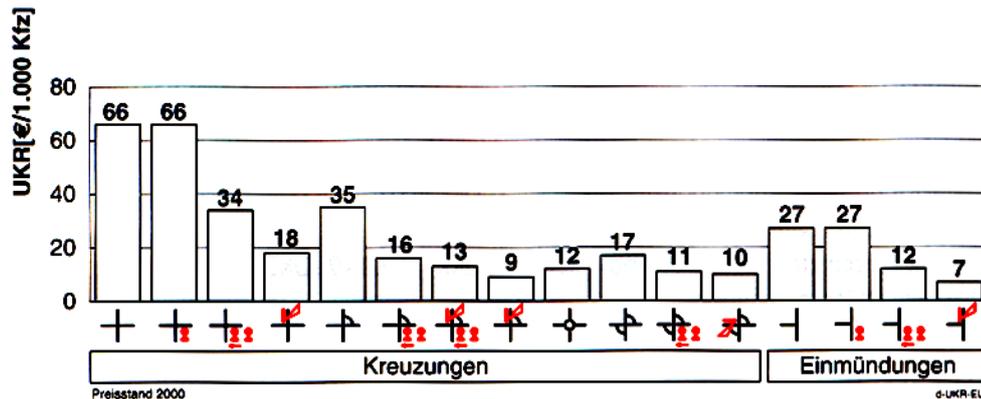


Abbildung 7-2 Unfallkostenrate (UKR) verschiedener Knotenpunkttypen (Preisstand 2000, Bezugsjahr 2000)

Aus den Unfallkostenraten UKR und der Prognosebelastung eines Knotenpunktes $0,5 \cdot \sum$ DTV lassen sich die jährlichen Unfallkosten eines Knotenpunktes (Unfallkostendichten) UKD [1.000 €/a] berechnen:

$$UKD = 365 \cdot 10^{-6} \cdot UKR \cdot 0,5 \cdot \sum DTV [1.000 \text{ €/a}]$$

mit

DTV = durchschnittlicher tägl. Verkehr
(Prognoseverkehrsstärke der betrachteten Zufahrt [Kfz/24 h])

UKR = Unfallkostenrate des in Frage kommenden Knotenpunkttypes [€/1.000 Kfz]

Um für die unterschiedlichen in Frage kommenden Knotenpunkttypen vertretbare bzw. einsparbare Investitionskosten abschätzen zu können, müssen die Unfallkostendichten UKD über einen Planungszeitraum (20 Jahre) in Barwerte umgerechnet werden.

Dazu dient der Barwertfaktor bf [a]. Er berechnet sich wie folgt:

$$bf = \frac{(1 + 10^{-2} \cdot p)^n - 1}{10^{-2} \cdot p (1 + 10^{-2} \cdot p)^n} [a]$$

mit

p = Aktualisierungsrate (Zinsfuß); diese beträgt für
volkswirtschaftliche Betrachtungen (s. EWS-96) $p = 3$ [%/a]

n = Dauer des Bewertungszeitraumes in Jahren. Diese beträgt nach EWS-96 $n = 20$ [a]

Der Barwertfaktor berechnet sich bei diesen Randbedingungen zu $bf = 14,9$.

Die Barwerte der knotenpunktbezogenen Unfallkosten UKK erhält man, indem die Unfallkostendichten UKD mit dem Barwertfaktor bf multipliziert werden.

$$\begin{aligned} UKK &= 0,0149 \cdot UKD \\ &= 2,719 \cdot 10^{-6} \cdot UKR \cdot \sum DTV \text{ [Mio. €]} \end{aligned}$$

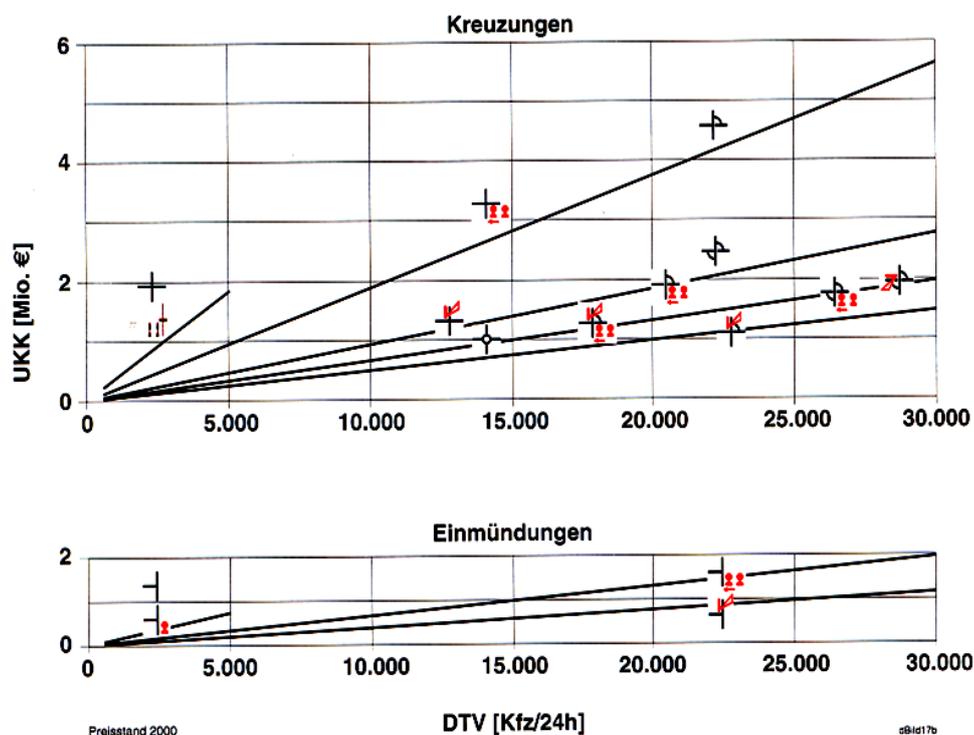


Abbildung 7-3 Barwerte der knotenpunktbezogenen Unfallkosten (UKK) verschiedener Knotenpunkttypen in Abhängigkeit der Knotenpunktbelastung $0,5 \cdot \sum DTV$ (Preisstand 2000, Bezugsjahr 2000)

Abbildung 7-3 zeigt die mittleren knotenpunktbezogenen Unfallkosten UKK in Abhängigkeit von der Knotenpunktbelastung $0,5 \cdot \sum DTV$ für jeden untersuchten Knotenpunkttyp. Mit Hilfe der o.a. Formel für die Berechnung von UKK oder Abbildung 7-3 ist es daher möglich, für vorgegebene Belastungswerte eines geplanten Knotenpunktes festzustellen, welche volkswirtschaftlichen Kosten auf Grund der Entscheidung zwischen geeigneten Knotenpunkttypen

(abhängig von Funktion der Straße und der Verkehrsbelastung) voraussichtlich eingespart werden können bzw. zusätzlich zu erwarten sind. Sicherheitswirkungen, die sich u.U. in den Zufahrten ergeben, sind dabei nicht berücksichtigt; sie werden im folgenden Teilkapitel behandelt.

7.3 Abminderung aus Zufahrten

Knotenpunkte wirken sich i.d.R. über eine Verringerung der Unfallschwere in den Zufahrten auf deren Sicherheit aus. Die maßgebenden Rückgänge der Unfallkostenraten in Abhängigkeit von der Verkehrsregelung der Zufahrt am Knotenpunkt zeigt Abbildung 7-4.

Die Abminderung der Unfallkostenraten in den Zufahrten ist auf eine von der Verkehrsregelung abhängige Einflusslänge beschränkt, die ebenfalls Abbildung 7-4 zu entnehmen ist.

Verkehrsregelung	Abminderung $\Delta UKRz(RQ)$ 1985/2000					Einflusslänge L [km]
	[€/ (1.000 Kfz · km)]					
	RQ 20	RQ 15,5	RQ 10,5	RQ 9,5	RQ 7,5	
wartepflichtig	0	0	0	0	0	0,0
signalgeregelt	5	7	17	19	19	0,3
bevorrechtigt ohne OGÜ	7	9	13	13	13	0,7
bevorrechtigt mit OGÜ	16	18	22	22	22	0,5
planfrei	2	5	13	13	13	0,5

Abbildung 7-4 Abminderung der Strecken-Unfallkostenraten und Einflusslängen der Sicherheitswirkung von Knotenpunkten auf die Zufahrten in Abhängigkeit von der Verkehrsregelung und des Regelquerschnittes in der Zufahrt (Preisstand 2000, Bezugsjahr 2000)

Aus den Abminderungen der Unfallkostenraten $\Delta UKRz$ und der Prognosebelastung DTV einer Zufahrt sowie der Einflusslänge L lassen sich die jährlichen Unfallkostenminderungen (Minderungen der Unfallkostendichte) ΔUKD berechnen:

$$\Delta UKD = 365 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta UKRz(RQ) \cdot L \cdot DTV [1.000 \text{ €/a}]$$

Die Barwerte der abgeminderten Unfallkosten ΔUKK erhält man, indem man die Abminderung der Unfallkostendichten ΔUKD mit dem Faktor bf multipliziert. Pro Zufahrt ergibt sich damit

$$\begin{aligned} \Delta \text{UKK} &= 0,0149 \cdot \Delta \text{UKD} \\ &= 5,44 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta \text{UKRz} \cdot L \cdot \text{DTV} \quad [\text{Mio. €}] \end{aligned}$$

Die so berechneten zu erwartenden volkswirtschaftlichen Einsparungen auf Grund des gewählten Knotenpunktes und Regelquerschnittes der jeweiligen Zufahrt bei vorgegebenen DTV-Werten sind für sämtliche Zufahrten eines Knotenpunktes (Kreuzung: 4 Zufahrten, Einmündung: 3 Zufahrten) zu addieren.

Damit ergibt sich die Abminderung der Unfallkosten im Knotenpunkt NKK durch die Zufahrten zu

$$\text{NKK} = \sum \Delta \text{UKK}(i) \quad \text{mit} \quad i: \quad \text{Anzahl der Knotenpunktzufahrten}$$

Ist der Abstand AB zum benachbarten Knotenpunkt kleiner als die Summe der relevanten Einflusslängen nach Abbildung 7-4, so sind die Einflusslängen L^* auf die $0,5 \cdot AB$ zu reduzieren. Dies gilt auch, wenn eine Ortstafel einen geringeren Abstand AB zum Knotenpunkt als $AB = 1 \text{ km}$ hat.

7.4 Maßgebende Unfallkosten

Die maßgebenden Unfallkosten ergeben sich aus den mittleren Unfallkosten des Knotenpunktes und der Abminderung durch die Zufahrten zu

$$\text{UKK}^* = \text{UKK} - \text{NKK}$$

mit

UKK [Mio. €]

Unfallkosten des betrachteten Knotenpunktes (Barwert für $n=20$ Jahre)

NKK [Mio. €]

Nutzen aus Abminderung der Unfallkosten in den Zufahrten (Barwert für $n=20$ Jahre)

7.5 Berechnungsbeispiel

Im Zuge des Neubaus einer Umgehungsstraße (geplanter Querschnitt RQ 15,5) soll untersucht werden, wie hoch die zu erwartenden Unfallkosten in Abhängigkeit der in Frage kommenden KP-Typen (Kreuzungen) sind.

Die Verkehrsstärken des maßgebenden Knotenpunktes betragen:

Hauptströme (auf der übergeordneten Straße)

$$\text{DTV}_{\text{H1}} = 16.000 \text{ Kfz/24 h}$$

$$\text{DTV}_{\text{H2}} = 14.000 \text{ Kfz/24 h}$$

Nebenströme (auf der untergeordneten Straße)

$$DTV_{N1} = 6.000 \text{ Kfz/24 h}$$

$$DTV_{N2} = 4.000 \text{ Kfz/24 h}$$

Die Knotenpunktbelastung beträgt somit: $0,5 \cdot \Sigma DTV = 20.000 \text{ Kfz/24 h}$

Die kreuzende Straße ist mit dem RQ 10,5 ausgebaut.

Die Abstände zu benachbarten Knotenpunkten bzw. zur nächsten Ortstafel betragen in allen Zufahrten mehr als $AB = 1 \text{ km}$.

Die zu erwartenden Unfallkosten UKK für die unterschiedlichen Knotenpunkttypen (Kreuzungen) sind in Abbildung 7-5 zusammengefasst, Abbildung 7-6 zeigt die zu erwartenden Abminderungen der Unfallkosten.

Knotenpunkt-Typ	UKR(P,S) [€/1.000 Kfz]	UKK [Mio. €]
Kreuzung VZ 	66	7,18
Kreuzung LSA 2 	66	7,18
Kreuzung LSA 3 	34	3,70
Kreuzung OGÜ 	18	1,96
Teilplanfreie Kreuzung VZ 	35	3,81
Teilplanfreie Kreuzung LSA 3 	16	1,74
Teilplanfreie Kreuzung LSA 3/OGÜ 	13	1,41
Teilplanfreie Kreuzung OGÜ 	9	0,98
Kleiner Kreisverkehrsplatz VZ 	12	1,31
Halbes Kleeblatt VZ 	17	1,85
Halbes Kleeblatt LSA 3 	11	1,20
Halbes Kleeblatt OGÜ 	10	1,09

VZ: Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen
OGÜ: Ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung und VZ
LSA 2 bzw. 3: Lichtsignalanlagen mit 2 bzw. 3 Phasen oder mehr

Preisstand 2000
VKpl.aT24.*

Abbildung 7-5 Zu erwartende Unfallkosten durch Knotenpunktunfälle – Preisstand 2000 – Beispiel Kreuzung einer Ortsumgehung

Zufahrt	Hauptströme		Nebenströme		Knoten NKK [Mio.€]
	H1	H2	N1	N2	
DTV [Kfz/24h]	16.000	14.000	6.000	4.000	
Regelquerschnitt	RQ 15,5	RQ15,5	RQ10,5	RQ10,5	
Kreuzung VZ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	9	9	0	0	
L [km]	0,7	0,7	0,0	0,0	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,55	0,48	0,00	0,00	1,03
Kreuzung LSA 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	7	7	17	17	
L [km]	0,3	0,3	0,3	0,3	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,18	0,16	0,17	0,11	0,62
Kreuzung OGÜ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	18	18	0	0	
L [km]	0,5	0,5	0,0	0,0	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,78	0,69	0,00	0,00	1,47
Teilplanfreie Kreuzung VZ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	9	9	13	13	
L [km]	0,7	0,7	0,7	0,7	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,55	0,48	0,30	0,20	1,52
Teilplanfreie Kreuzung LSA 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	7	7	17	17	
L [km]	0,3	0,3	0,3	0,3	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,18	0,16	0,17	0,11	0,62
Teilplanfreie Kreuzung LSA/OGÜ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	18	18	17	17	
L [km]	0,5	0,5	0,3	0,3	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,78	0,69	0,17	0,11	1,75

Teilplanfreie Kreuzung OGÜ	18	18	22	22	
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	0,5	0,5	0,5	0,5	
L [km]	0,78	0,69	0,36	0,24	2,07
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]					
Kleiner Kreisverkehrsplatz VZ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	0	0	0	0	
L [km]	0,0	0,0	0,0	0,0	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Halbes Kleeblatt VZ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	5	5	13	13	
L [km]	0,5	0,5	0,7	0,7	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,22	0,19	0,30	0,20	0,90
Halbes Kleeblatt LSA 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	5	5	17	17	
L [km]	0,5	0,5	0,3	0,3	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,22	0,19	0,17	0,11	0,69
Halbes Kleeblatt OGÜ 					
ΔUKRz(RQ) [€/(1.000 Kfz·km)]	5	5	22	22	
L [km]	0,5	0,5	0,5	0,5	
ΔUKK [Mio. €/Zufahrt]	0,22	0,19	0,36	0,24	1,01

VZ: Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen
OGÜ: Ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung und VZ
LSA: Lichtsignalanlagen

VkpL26*

Abbildung 7-6 Abminderung der Unfallkosten UKK in den Knotenpunktzufahrten –
Preisstand 2000 – Beispiel Kreuzung einer Ortsumgehung

In Abbildung 7-7 sind die maßgebenden Unfallkosten UKK* (Unfallkosten des Knotenpunktes und Abminderung aus den Zufahrten) für die einzelnen in Frage kommenden Knotenpunkttypen zusammengestellt.

Knotenpunkt-Typ		UKK	NKK	UKK*
		[Mio. €]	[Mio. €]	UKK-NKK [Mio. €]
Kreuzung VZ		7,18	1,03	6,15
Kreuzung LSA 2		7,18	0,62	6,56
Kreuzung LSA 3		3,70	0,62	3,08
Kreuzung OGÜ		1,96	1,47	0,49
Teilplanfreie Kreuzung VZ		3,81	1,52	2,29
Teilplanfreie Kreuzung LSA 3		1,74	0,62	1,12
Teilplanfreie Kreuzung LSA 3/OGÜ		1,41	1,75	-0,34
Teilplanfreie Kreuzung OGÜ		0,98	2,07	-1,09
Kleiner Kreisverkehrsplatz VZ		1,31	0,00	1,31
Halbes Kleeblatt VZ		1,85	0,90	0,95
Halbes Kleeblatt LSA 3		1,20	0,69	0,51
Halbes Kleeblatt OGÜ		1,09	1,01	0,08

VZ: Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen OGÜ: Ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung und VZ
LSA 2 bzw. 3: Lichtsignalanlagen mit 2 bzw. 3 Phasen oder mehr

Preisstand 2000
VkpL26*

Abbildung 7-7 Maßgebende Unfallkosten UKK* für Knotenpunkt und Zufahrten –
Preisstand 2000 – Beispiel Kreuzung einer Ortsumgehung

Folgendes wird deutlich, wenn lediglich die Unfallkosten am Knotenpunkt betrachtet werden:

- Die Kreuzung mit Verkehrszeichen oder lediglich zweiphasiger Lichtsignalsteuerung hat etwa siebenmal so hohe Unfallkosten wie ein halbes Kleeblatt, bei dem die plangleichen Einmündungen durch ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung gesichert sind.

- Ein ähnlich günstiges Sicherheitsniveau hat ein halbes Kleeblatt mit Lichtsignalanlagen und Linksabbiegerschutz in den plangleichen Einmündungen.
- Selbst bei einem halben Kleeblatt mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen in den plangleichen Einmündungen liegen die einsparbaren Unfallkosten in 20 Jahren über 5 Mio. €.
- Ein hohes Sicherheitsniveau lässt sich auch durch eine teilplanfreie Kreuzung (Grundform IV) erzielen, vor allem dann, wenn die Einmündungen mit Lichtsignalanlagen und Linksabbiegerschutz oder durch ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung gesichert sind. Die Betriebsform mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung führt zu den geringsten Unfallkosten überhaupt.
- Gegenüber allen anderen Betriebsformen haben Kreuzungen mit Verkehrszeichen oder zweiphasiger Lichtsignalsteuerung Unfallkosten, die einen Ausbau und einen Betrieb von Kreuzungen bei der vorgegebenen Belastung in dieser Form als nicht sinnvoll erkennen lassen.

Werden die maßgebenden Unfallkosten für die vorgegebene Knotenpunktbelastung (20.000 Kfz/24h) am Knoten und in den Zufahrtsstrecken betrachtet, so fällt folgendes auf:

- Eine teilplanfreie Kreuzung mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung in beiden kreuzenden Straßen oder in der Kombination Lichtsignalsteuerung mit Linksabbiegerschutz an einer Einmündung (d.h. mehrphasige LSA) und ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung an der anderen Einmündung (was sinnvoll ist im Zuge von Ortsumgehungen) führen gegenüber den durchgehenden Strecken ohne Knotenpunkt zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit insgesamt. Dies folgt daraus, dass die ortsfesten Anlagen zur Geschwindigkeitsüberwachung einen dermaßen hohen Sicherheitsvorteil auf 1 km Länge (Einflussbereich) bringen, dass die zusätzlichen Unfallkosten infolge der teilplanfreien Kreuzungen mehr als kompensiert werden.
- Sehr hohe Sicherheitsniveaus erreichen sowohl die Kreuzung mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung in den bevorrechtigten Zufahrten als auch ein halbes Kleeblatt, sofern die Einmündungen durch Lichtsignalanlagen mit Linksabbiegerschutz geregelt oder mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung gesichert werden.
- Ein hohes Sicherheitsniveau kann auch durch ein halbes Kleeblatt mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen in den Einmündungen oder durch eine teilplanfreie Kreuzung mit Lichtsignalanlagen mit Linksabbiegerschutz erreicht werden.

- Eine teilplanfreie Kreuzung mit Verkehrszeichenregelung in den Einmündungen oder eine Kreuzung mit Lichtsignalanlage und Linksabbiegerschutz bilden für die genannte Verkehrsaufgabe auch noch sichere Lösungen.
- Eine Kreuzung mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen oder mit einer zweiphasigen Lichtsignalsteuerung ist wegen der großen Unsicherheit bei der genannten Belastung nicht zu empfehlen.

7.6 Verständnisfragen

- Warum erhöhen ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachungen die Sicherheit an Knotenpunkten?
- Warum sollten Lichtsignalanlagen immer eine mindestens dreiphasige Steuerung haben?

8 Verfahren zur Wahl des Querschnitts

Für das früher gültige Regelwerk zur Auswahl von Regelquerschnitten (RAS-Q 1996), das durch die RAA (2008) und die RAL (2012) abgelöst worden ist, wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem vor allem den Sicherheitsaspekten bei der Querschnittswahl gegenüber einer prinzipiell nur an verkehrlichen Randbedingungen ausgerichteten Vorauswahl Rechnung getragen wurde. Diese Erkenntnisse haben mittlerweile Eingang in die RAL gefunden, aus methodischen Gründen sind sie allerdings hier weiterhin erwähnt.

Der Regelquerschnitt wurde zunächst anhand der Grafik aus den RAS-Q ausschließlich in Abhängigkeit von Straßenkategorie und Verkehrsbelastung vorausgewählt (Abbildung 8-1). Allerdings sind für die meisten Straßenkategorien bei mittleren Verkehrsstärken mehrere Regelquerschnitte möglich. Neben qualitativen Kriterien wie der Querschnittswahl in evtl. benachbarten Streckenabschnitten und Umweltkriterien sind vor allem Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsfragen maßgebend, um eine maßgeschneiderte Querschnittswahl für die anstehende Fragestellung zu erhalten.

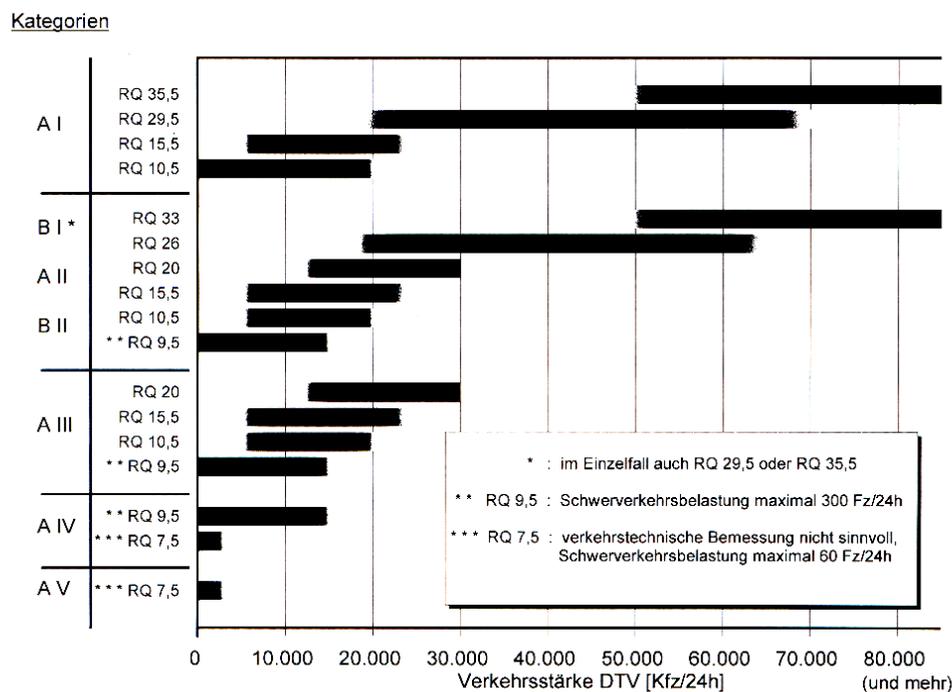


Abbildung 8-1 Vorauswahl der Regelquerschnitte (RAS-Q, 1996)

8.1 Überprüfung der Verkehrssicherheit im Querschnitt

Die RAS-Q enthalten für die Überprüfung der querschnittsabhängig zu erwartenden Verkehrssicherheit ein Verfahren, nach dem der nach Abbildung 8-1 vorausgewählte Regelquerschnitt einer näheren Überprüfung nach Kriterien der Verkehrssicherheit unterzogen wird.

Die Verkehrssicherheit von Straßen bei richtliniengerechtem Ausbau hängt in starkem Maße von der Querschnittsausgestaltung ab. Weitere wichtige Einflüsse folgen aus der Knotenpunktgestaltung und der Verkehrsstärke. Die Einflüsse der Linienführung auf die Verkehrssicherheit sind bei Beachtung der RAL (früher RAS-L), insbesondere der Relationstrassierung, von geringerer Bedeutung. Die Verkehrssicherheit wird durch Zahl und Schwere der Straßenverkehrsunfälle, bezogen auf die Fahrleistung, beschrieben.

Zahl und Schwere von Straßenverkehrsunfällen werden durch die volkswirtschaftlichen Verluste – die Unfallkosten – gemessen. Da mit zunehmender Länge eines Straßenabschnitts und mit zunehmender Verkehrsstärke die Unfallkosten ansteigen, dient als Maß zur Beurteilung der Verkehrssicherheit die Unfallkostenrate UKR.

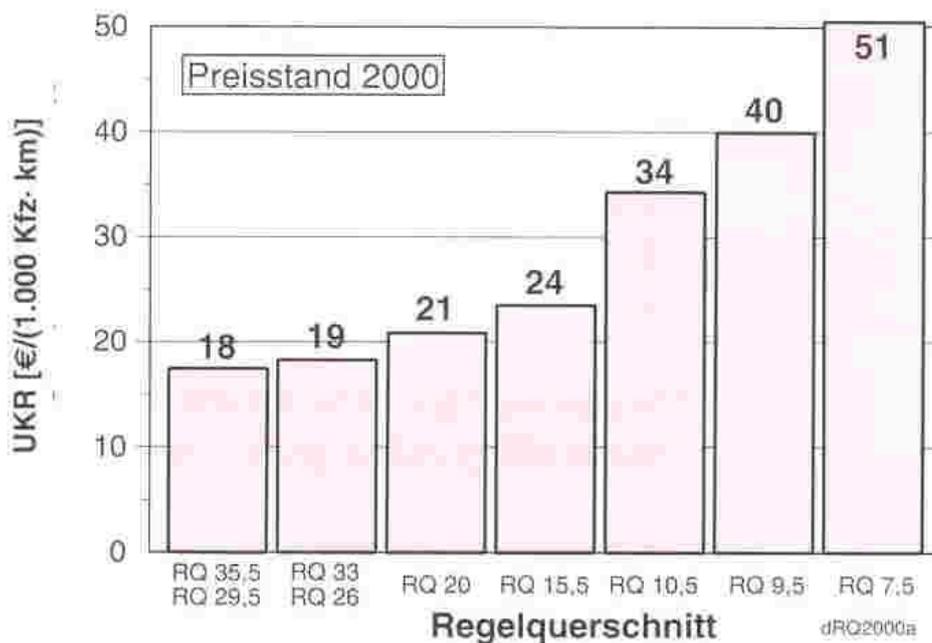


Abbildung 8-2 Unfallkostenrate (UKR) verschiedener Regelquerschnitte (Preisstand und Bezugsjahr 2000)

Mittlere Unfallkostenraten UKR für Streckenabschnitte mit Regelquerschnitten sind in Abbildung 8-2 dargestellt; die für Knotenpunkte typischen Beiträge aus Abbiege- und Einbiegen/Kreuzen-Unfällen (AB und EK) sind dabei nicht berücksichtigt. Diese hängen im Wesentlichen von der Gestaltung der Knotenpunkte und der Verkehrsregelung ab (vgl. Kapitel 1).

Aus den Unfallkostenraten UKR und der Prognosebelastung DTV einer Straße lassen sich die jährlichen längenbezogenen Unfallkosten (Unfallkostendichten) UKD berechnen:

$$UKD = 365 \cdot 10^{-6} \cdot UKR (RQ) \cdot DTV [1.000 \text{ €}/(\text{km} \cdot \text{a})]$$

mit

DTV = durchschnittlicher täglicher Verkehr
(Prognoseverkehrsstärke der betrachteten Straße) [Kfz/24 h]

UKR (RQ) = Unfallkostenrate des in Frage kommenden Querschnitts [€/(1.000 Kfz · km)]

Um die für unterschiedliche in Frage kommende Querschnitte vertretbaren zusätzlichen bzw. einsparbaren Investitionskosten abschätzen zu können, müssen die Unfallkostendichten UKD über einen Planungszeitraum (i.d.R. 20 Jahre) in Barwerte umgerechnet werden.

Dazu dient der Barwertfaktor bf [a]. Er berechnet sich wie folgt:

$$bf = \frac{(1 + 10^{-2} \cdot p)^n - 1}{10^{-2} \cdot p (1 + 10^{-2} \cdot p)^n} [a]$$

mit

p = Aktualisierungsrate (Zinsfuß); diese beträgt für
volkswirtschaftliche Betrachtungen (s. EWS-96) $p = 3$ [%/a]

n = Dauer des Bewertungszeitraumes in Jahren. Diese beträgt nach EWS-96 $n = 20$ [a]

Der Barwertfaktor berechnet sich unter diesen Randbedingungen zu $bf = 14,9$.

Die Barwerte der längenbezogenen Unfallkosten UKL erhält man, indem die Unfallkostendichten UKD mit dem Barwertfaktor bf multipliziert werden.

$$\begin{aligned} UKL &= 0,0149 \cdot UKD \\ &= 5,44 \cdot 10^{-6} \cdot UKR (RQ) \cdot DTV \quad [Mio. \text{€}/km] \end{aligned}$$

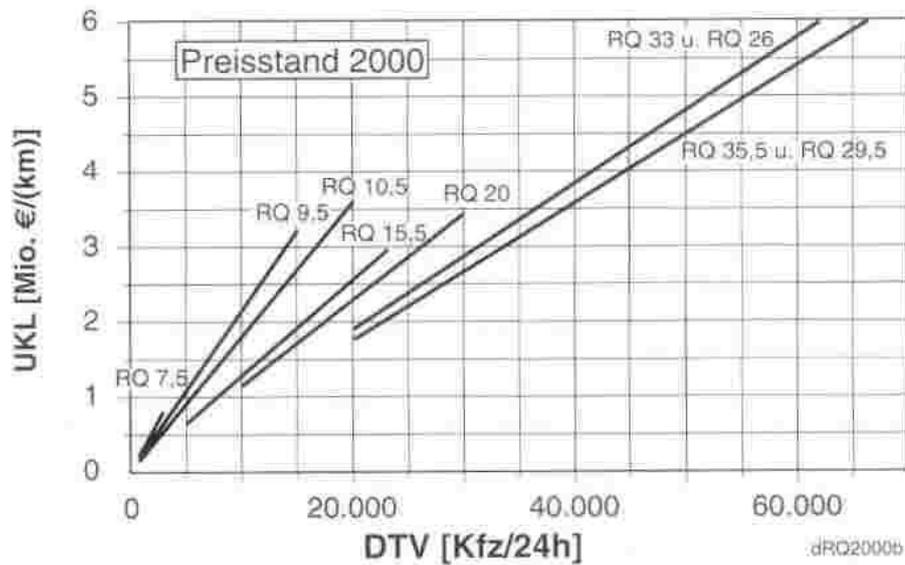


Abbildung 8-3 Barwerte der längenbezogenen Unfallkosten (UKL) verschiedener Regelquerschnitte in Abhängigkeit des DTV für Streckenabschnitte (Preisstand und Bezugsjahr 2000)

Abbildung 8-3 zeigt mittlere längenbezogene Unfallkosten UKL in Abhängigkeit vom DTV für jeden Regelquerschnitt. Mit Hilfe der o.a. Formel zur Berechnung der UKL oder Abbildung 8-3 ist es daher möglich, für vorgegebene DTV-Werte einer geplanten Straße festzustellen, welche volkswirtschaftlichen Kosten aufgrund der Entscheidung zwischen geeigneten Regelquerschnitten (nach Abbildung 8-1) voraussichtlich eingespart werden können bzw. zusätzlich zu erwarten sind. Dieser Änderung der volkswirtschaftlichen Kosten durch Straßenverkehrsunfälle können die entsprechenden Änderungen der Aufwendungen des Baulastträgers gegenübergestellt werden.

Beispiel:

Neubau einer A II-Verbindung mit einer Prognose-Verkehrsbelastung von DTV = 17.000 Kfz/24 h

	RQ	RQ	RQ
In Frage kommende Querschnitte nach Abbildung 8-1	10,5	15,5	20
Unfallkostenrate nach Abbildung 8-2, UKR [€/(1.000 Kfz · km)]	34	24	21
Längenbezogene Unfallkosten nach Formel UKL bzw. Abbildung 8-3 UKL [Mio. €/km]	3,14	2,22	1,94

Unterschiede:

RQ 10,5 oder RQ 15,5 : 0,92 Mio. €/km

RQ 10,5 oder RQ 20 : 1,20 Mio. €/km

RQ 15,5 oder RQ 20 : 0,28 Mio. €/km

Wenn statt des zweistreifigen Querschnittes RQ 10,5 ein RQ 15,5 mit 2+1-streifiger Verkehrsführung gewählt wird, ist dies sinnvoll, wenn bis zu 0,92 Mio. € zusätzliche Aufwendungen je Kilometer Straße für den Baulastträger auftreten. Ein RQ 20 mit Richtungsfahrbahnen erlaubt zusätzliche Aufwendungen gegenüber dem RQ 10,5 von 1,20 Mio. €/km bzw. 0,28 Mio. €/km gegenüber einem RQ 15,5 etc.

Umgekehrt sollten die eingesparten Aufwendungen des Baulastträgers bei Verzicht auf die Realisierung des jeweils aufwendigeren Regelquerschnitts mindestens die genannten Größenordnungen erreichen.

Soll eine umfassende Bewertung unterschiedlicher Straßen und Querschnittsausbildungen vorgenommen werden, so sollte das nach den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen (EWS-96) geschehen. Darauf sollte nur verzichtet werden, wenn die überschlägige Betrachtung, d.h. die Gegenüberstellung von zusätzlichen Aufwendungen des Baulastträgers und eingesparten Unfallkosten so große Unterschiede aufweist (z.B. größer als 25 %), dass daraus eine eindeutige und überzeugende Entscheidungshilfe abgeleitet werden kann.

8.2 Querschnittsauswahl unter Berücksichtigung von Verkehrsablauf und Auslastungsgrad

Die Vorauswahl nach RAS-Q (gemäß Abbildung 8-1) führt zur Festlegung eines Regelquerschnittes anhand gebräuchlicher Einsatzbereiche, für die dargestellten Verkehrsstärkebereiche ist er aller Wahrscheinlichkeit nach geeignet. In jedem konkreten Anwendungsfall ist die Festlegung jedoch danach eingehend zu überprüfen, ob der Querschnitt unter den gegebenen Randbedingungen die angestrebte Verkehrsqualität bietet.

Das aktuell vorgesehene Verfahren ist im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) detailliert erläutert und ersetzt das im Anhang 1 der aktuellen RAS-Q 95 enthaltene Verfahren. Es ist für die zwei Anwendungsfälle Autobahn und Landstraße zweigeteilt entwickelt und beschrieben, folgt jedoch der gleichen Methodik.

8.2.1 Qualität des Verkehrsablaufs an Autobahnen

Allgemeines

Das Berechnungsverfahren dient dem Nachweis, dass auf einem freien Streckenabschnitt einer Autobahn die zu erwartende Verkehrsbelastung mit der erwünschten Qualität des Verkehrsablaufs abgewickelt und dass die aus der Netzplanung vorgegebene Reisegeschwindigkeit erreicht werden kann (Die Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (RIN, 2009) verwenden statt der Reisegeschwindigkeit den inhaltsgleichen Begriff Fahrgeschwindigkeit. Da die aktuelle HBS-Ausgabe noch den Begriff Reisegeschwindigkeit verwendet, wird dieser auch hier noch so lange verwendet, bis die Neuauflage des HBS die Begriffe der RIN aufgreifen wird.) Das Verfahren beinhaltet die Abschnitte von Autobahnen, in denen Beeinträchtigungen durch Einfahrten, Ausfahrten oder Verflechtungsstrecken von Autobahnknotenpunkten oder Anschlussstellen nicht wirksam werden.

Für die Anwendung des Verfahrens müssen Streckenentwurf, Bemessungsverkehrsstärke einschließlich des zu erwartenden Schwerverkehrsanteils sowie Kenntnis über sinnvolle Teilabschnitte, die sich aus wechselnden Eigenschaften ergeben, vorliegen.

Die Einflussgrößen sind hauptsächlich Längsneigungen ($> 2\%$), die Anzahl der Fahrstreifen, die Funktion und Lage des Autobahnabschnittes (innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen), der Schwerverkehrsanteil sowie verkehrsrechtliche Randbedingungen wie Geschwindigkeitsbeschränkungen und Lkw-Überholverbote.

Qualitätskriterien und Qualitätsstufen

Aufgabe einer Autobahn ist es, innerhalb des Straßennetzes für den regionalen oder überregionalen Verkehr eine Verbindung mit einer angemessenen Verkehrsqualität herzustellen. Demnach beschreibt die für Pkw über eine längere Strecke, z.B. 100 km, im Mittel erreichbare Reisezeit am ehesten die auf der Autobahn gegebene Qualität des Verkehrsablaufs. Diese wird vielfach auch durch die mittlere Reisegeschwindigkeit der Pkw (als Kehrwert der Reisezeit pro Streckenabschnitt) dargestellt. Auf ebenen Streckenabschnitten ohne Geschwindigkeitsbeschränkung könnten die Stufen der Qualität des Verkehrsablaufs nach diesen Kriterien definiert werden (siehe Abbildung 8-4).

Im Gegensatz zur freien, ebenen Strecke erreichen die Pkw unabhängig von der Stärke des Verkehrs auf Autobahnabschnitten mit Geschwindigkeitsbeschränkungen oder großer Steigung nur geringere mittlere Reisegeschwindigkeiten. Auch unter solchen äußeren Bedingungen herrscht bei geringer Verkehrsbelastung eine gute Qualität des Verkehrsablaufs. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, kann zu Definition der Qualität des Verkehrsablaufs die Verkehrsdichte k in Kfz/km oder der Auslastungsgrad a verwendet werden. Beide Parameter

kennzeichnen auch die Bewegungsfreiheit der Kraftfahrer im Verkehrsfluss. Der Auslastungsgrad wird dabei als maßgebender Kennwert vorgezogen, weil er ein praktikableres Schema der einzusetzenden Grenzwerte ergibt. Er berechnet sich als Quotient aus Bemessungsverkehrsstärke und Kapazität.

QSV	Mittlere Reisezeit der Pkw [Minuten/100 km]	Mittlere Reisegeschwindigkeit der Pkw [km/h]	Verkehrsdichte [Kfz/km]	Auslastungsgrad a [-]
A	≤ 46	≥ 130	≤ 8	≤ 0,30
B	≤ 48	≥ 125	≤ 16	≤ 0,55
C	≤ 52	≥ 115	≤ 23	≤ 0,75
D	≤ 60	≥ 100	≤ 32	≤ 0,90
E	≤ 75	≥ 80	≤ 45	≤ 1
F	> 75	< 80	> 45	-

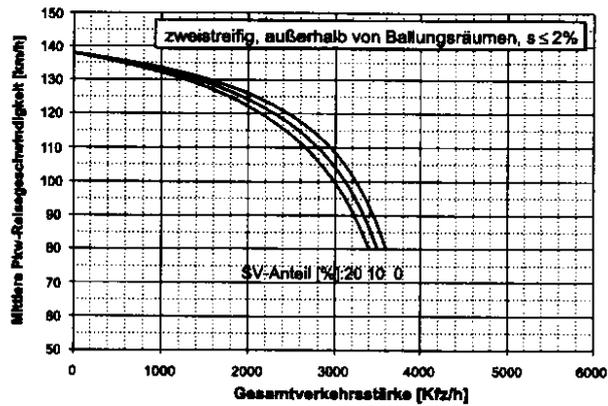
Abbildung 8-4 Verknüpfung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) mit maßgebenden Randbedingungen (bei ebenem Verlauf ohne Geschwindigkeitsbeschränkung auf zweistreifiger Richtungsfahrbahn außerhalb von Ballungsräumen) (HBS, 2001)

Zur Einteilung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) A bis F gelten die Grenzwerte der Auslastungsgrade nach Abbildung 8-4, die Bedeutung der Qualitätsstufen ist Abbildung 8-5 zu entnehmen.

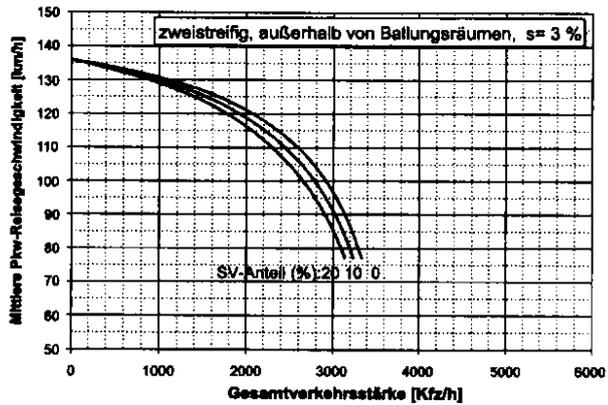
Stufe A	Die Verkehrsteilnehmer werden äußerst selten von anderen beeinflusst. Sie besitzen die gewünschte Bewegungsfreiheit in dem Umfang, wie sie auf der Verkehrsanlage zugelassenen ist. Der Verkehrsfluss ist frei.
Stufe B	Die Anwesenheit anderer Verkehrsteilnehmer macht sich bemerkbar, bewirkt aber eine nur geringe Beeinträchtigung des Einzelnen. Der Verkehrsfluss ist nahezu frei.
Stufe C	Die individuelle Bewegungsfreiheit hängt vielfach vom Verhalten der übrigen Verkehrsteilnehmer ab. Die Bewegungsfreiheit ist spürbar eingeschränkt. Der Verkehrszustand ist stabil.
Stufe D	Der Verkehrsablauf ist gekennzeichnet durch hohe Belastungen, die zu deutlichen Beeinträchtigungen in der Bewegungsfreiheit der Verkehrsteilnehmer führen. Interaktionen zwischen ihnen finden nahezu ständig statt. Der Verkehrszustand ist noch stabil.
Stufe E	Es treten ständige gegenseitige Behinderungen zwischen den Verkehrsteilnehmern auf. Bewegungsfreiheit ist nur in sehr geringem Umfang gegeben. Geringfügige Verschlechterungen der Einflussgrößen können zum Zusammenbruch des Verkehrsflusses führen. Der Verkehr bewegt sich im Bereich zwischen Stabilität und Instabilität. Die Kapazität wird erreicht.
Stufe F	Die Nachfrage ist größer als die Kapazität. Die Verkehrsanlage ist überlastet.

Abbildung 8-5 Qualitätsstufen des Verkehrsablauf nach (HBS, 2001)

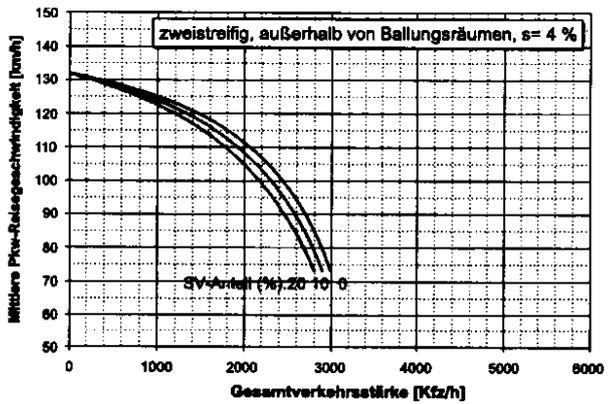
Die Berechnung der Qualitätsstufen erfolgt in aller Regel abschnittsweise in Teilabschnitten, die sich aus wechselnden Eigenschaften ergeben. Eine wichtige Eingangsgröße ist dabei die mittlere Reisegeschwindigkeit. Dazu wurden für die verschiedenen Fälle q-V-Diagramme entwickelt, ein Beispiel ist Abbildung 8-6 zu entnehmen.



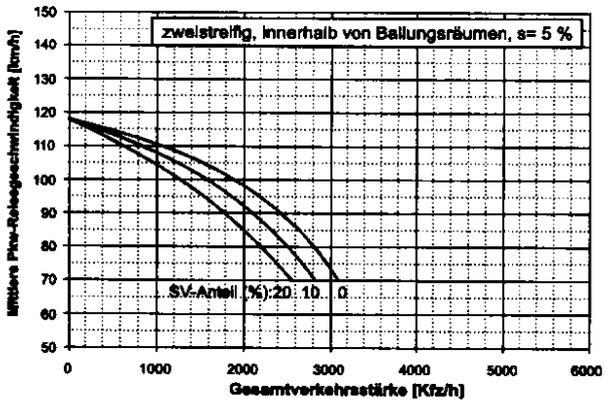
Steigung $s \leq 2\%$ und Gefälle



Steigung $s = 3\%$



Steigung $s = 4\%$



Steigung $s = 5\%$

Abbildung 8-6 Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke (zweistreifige Richtungsfahrbahn, außerhalb von Ballungsräumen, ohne Geschwindigkeitsbeschränkung) (HBS, 2001)

Eine wesentliche Vergleichsgröße zur Bewertung der Qualitätsstufe ist die Kapazität eines Streckenabschnittes. Sie ist für verschiedene Randbedingungen ermittelt worden, ein Beispiel ist Abbildung 8-7 zu entnehmen. Mit der ermittelten relevanten Längsneigung – ohne Berücksichtigung ihrer Länge - können daraus Kapazitäten abgelesen bzw. interpoliert werden.

Längs- neigung	Kapazität [Kfz/h]					
	außerhalb von Ballungsräumen			innerhalb von Ballungsräumen		
	SV-Anteil			SV-Anteil		
	0 %	10 %	20 %	0 %	10 %	20 %
≤ 2 %	3600	3500	3400	4000	3800	3600
3 %	3350	3250	3150	3750	3550	3350
4 %	2950	2850	2800	3350	3150	2950
5 %	2650	2600	2500	3050	2850	2650

Abbildung 8-7 Kapazitäten auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkungen

Der aufwändigste Bearbeitungspunkt bei der Anwendung des Verfahrens ist die Berücksichtigung kurzer Steigungsstrecken. Da die Darstellungen der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeiten prinzipiell nur für Teilabschnitte mit einer Länge von mehr als 4.000 m gelten, müssen für kürzere Steigungsstrecken äquivalente Steigungen ermittelt werden. Die äquivalente Steigung $s_{\text{ÄQ},i}$ entspricht der Steigung einer Strecke von 4 km Länge, bei der die gleichen Geschwindigkeitsverhältnisse vorzufinden sind wie bei einer Strecke der Steigung s_i und der Länge $L_i < 4.000$ m. Dabei werden negative Steigungen (= Gefälle) wie ebene Strecken behandelt.

Die grafische Ermittlung unter Verwendung von Abbildung 8-8 beginnt bei einem Teilabschnitt Nr. i , der eine Steigung größer als 2 % und einen vorangehenden Teilabschnitt mit einer Längsneigung kleiner oder gleich 2 % hat. Dieses Verfahren kann ebenso durchgeführt werden, wenn der vorangehende Teilabschnitt $i-1$ eine konstante Steigung größer als 2 % über eine Länge von mindestens 4 km aufweist.

Der Einfluss des vorangehenden Abschnitts wird mit einer äquivalenten Steigung $s_{\text{ÄQ},i-1} = s_{\text{ÄQ},i-1}^*$ und mit einer äquivalenten Länge $L_{\text{ÄQ},i-1} = L_{i-1}$ berücksichtigt. Das Vorgehen ist detailliert im HBS beschrieben.

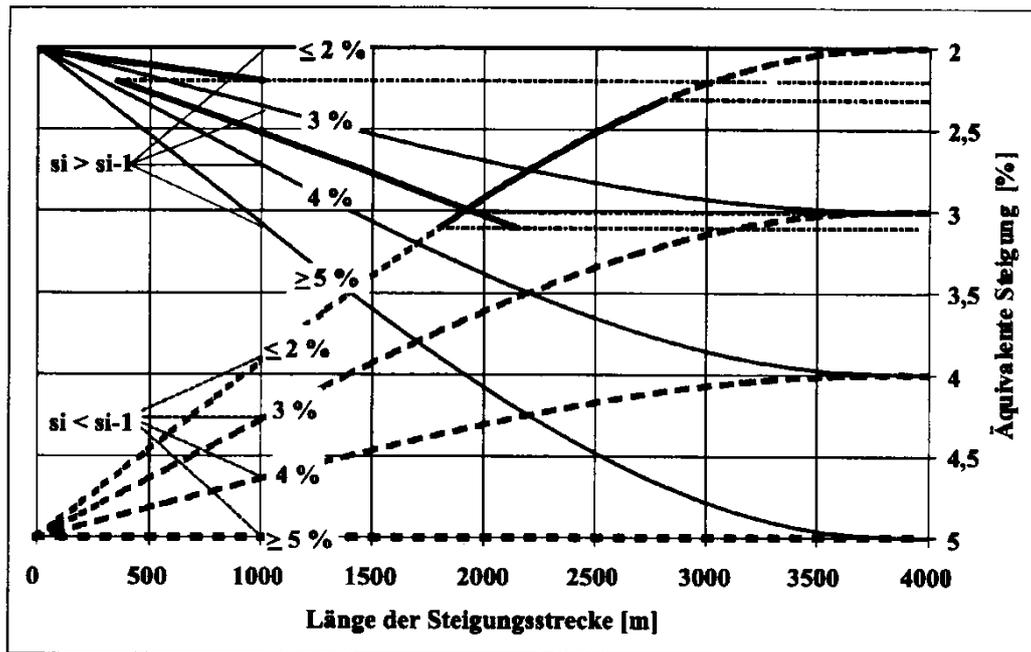


Abbildung 8-8 Diagramm zur Berücksichtigung kurzer Steigungsstrecken, ergänzt um Hilfslinien zum Ablesen der Werte für das nachfolgende Berechnungsbeispiel (HBS, 2001)

Für die Gesamtbewertung eines Autobahnabschnittes müssen letztendlich die mittleren Reisegeschwindigkeiten und Qualitätsstufen der Teilabschnitte entsprechend der Längen der Teilabschnitte gewichtet gemittelt werden.

Berechnungsbeispiel

Zur Verdeutlichung der Anwendung des Verfahrens ist im Folgenden ein Berechnungsbeispiel für einen 5,8 km langen Autobahnabschnitt dargestellt. Im zugehörigen Formblatt sind oben die Vorgaben aus der Netzplanung enthalten sowie im Weiteren die Eingangsgrößen für die Teilabschnitte.

Formblatt 1: Erreichbare Qualität des Verkehrsablaufs eines Autobahnabschnitts					
Autobahnabschnitt:		A nach B			
Teilabschnitt Nr. i		1	2	3	4
1	Straßenkategorie (RAS-N)	AI			
2	angestrebte Reisegeschwindigkeit (RAS-N) V_B [km/h]	100			
3	Bemessungsverkehrsstärke q_B [Kfz/h]	2500			
4	SV-Anteil b_{SV} [%]	10			
5	Querschnitt (RAS-Q)	RQ 29,5			
6	Fahstreifenanzahl je Richtung n [-]	2			
7	Lage	außerhalb eines Ballungsraums			
8	angestrebte Qualitätsstufe (Tab. 3-1) QSV [-]	C			
9	Länge L_i [m]	2000	1000	1800	1000
10	Längsneigung (Höhenplan) s_i [%]	1,0	2,5	3,5	1,0
11	Geschwindigkeitsbeschränkung [km/h]	-	-	-	-
12	Zusatzlänge der Strecke i (Bild 3-7) ZL_i [m]	-	0	350	1800
13	äquiv. Länge der Strecke i (Bild 3-7) $L_{\bar{A}Q,i}$ [m]	2000	1000	2150	2800
14	äquiv. Steigung der Strecke i (Bild 3-7) $s_{\bar{A}Q,i}$ [%]	1,0	2,2	3,1	2,3
15	resultierende äquiv. Steigung (Gl. (3-2)) $\bar{s}_{\bar{A}Q,i}$ [%]	1,0	2,2	3,3	1,0
16	erreichbare Kapazität (Tab. 3-2 bis 3-4) C_i [Fz/h]	3500 <small>($s \leq 2\%$)</small>	3450 <small>(Interpolation $2\% < s < 3\%$)</small>	3130 <small>(Interpolation $3\% < s < 4\%$)</small>	3500 <small>($s \leq 2\%$)</small>
17	Auslastungsgrad (Gl. 3-1) a_i [-]	0,71	0,72	0,80	0,71
18	erreichbare Geschwindigkeit (Bilder 3-1 bis 3-6) $V_{R,i}$ [km/h]	116 <small>($s \leq 2\%$)</small>	114 <small>(Interpolation $2\% < s < 3\%$)</small>	104 <small>(Interpolation $3\% < s < 4\%$)</small>	116 <small>($s \leq 2\%$)</small>
19	erreichbare Qualitätsstufe (Tab. 3-1) QSV _i [-]	C	C	D	C
20	Bewertung der QSV (Tab. 3-8) B_i [-]	3	3	2	3
21	Pkw-Reisegeschwindigkeit (Gl. (3-3)) $V_{R,Ges}$ [km/h]	112			
22	Bewertung der QSV (Gl. (3-4)) B_{Ges} [-]	2,6			
23	QSV nach B_{Ges} (Tab. 3-8) QSV _{Ges} [-]	C			

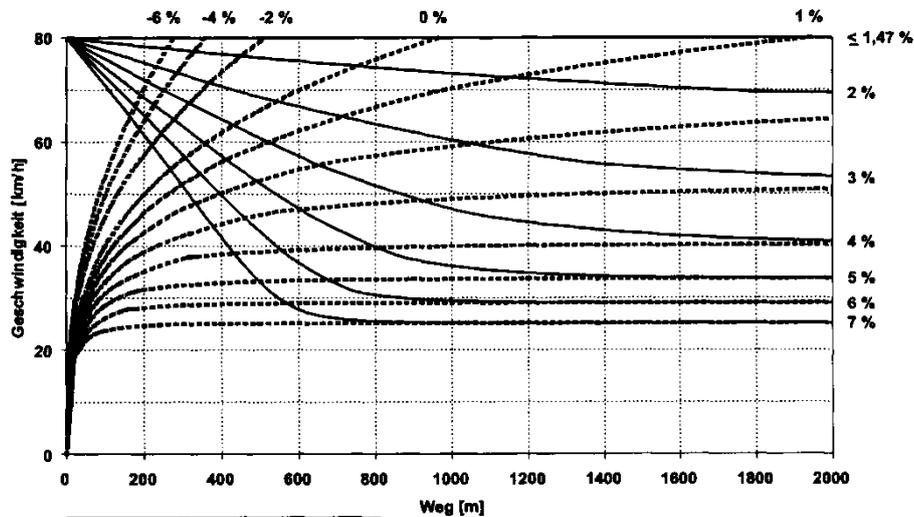
Abbildung 8-9 Berechnungsbeispiel Autobahnabschnitt (HBS, 2001)

8.2.2 Qualität des Verkehrsablaufs an zweistreifigen Landstraßen

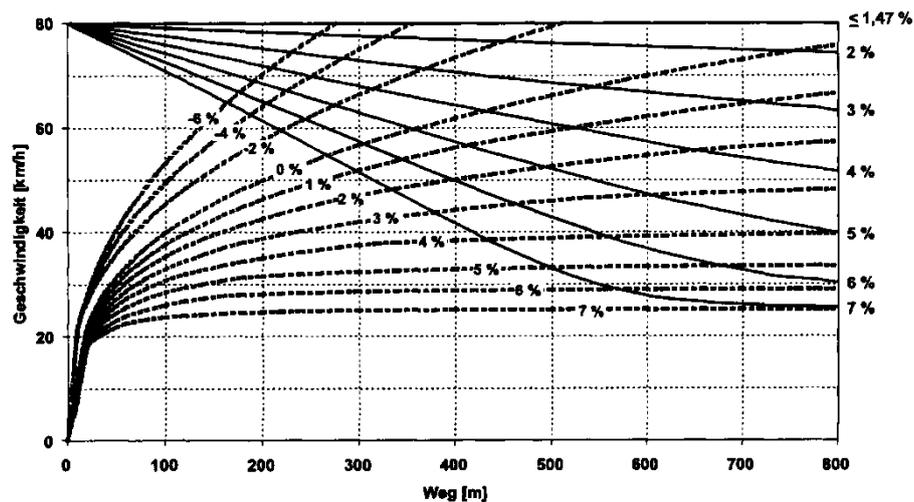
Das zuvor geschilderte Verfahren für Autobahnen wird mit einer analogen Methodik, aber zwangsläufig modifizierten Kenngrößen auch für Landstraßen angewendet. Daher werden im Folgenden nur die wesentlichen Unterschiede zum Autobahn-Verfahren dargelegt.

Die wesentlichsten Unterschiede betreffen zum einen die Berücksichtigung des Einflusses der Längsneigung, zum anderen aber vor allem der Kurvigkeit, die als neue Kenngröße einzuführen ist, da im Gegensatz zu Autobahnen der Verkehrsablauf auf Landstraßen in aller Regel von der Lageplantrassierung geprägt ist.

Berücksichtigung der Längsneigung



Eine Vergrößerung des Abschnitts bis 800 m ist unten dargestellt.



Geschwindigkeitsabnahme: —————	Geschwindigkeitszunahme: - - - - -
Anfangsgeschwindigkeit: 80 km/h	Anfangsgeschwindigkeit: 0 km/h
Steigungen: 2 % bis 7 %	Gefälle: - 6 %, - 4 %, - 2 %

Abbildung 8-10 Geschwindigkeitsprofile für das Bemessungs-Schwerfahrzeug (BSFz) bei unterschiedlichen Längsneigungen (HBS, 2001)

Die Berücksichtigung der Längsneigung erfolgt dabei über Geschwindigkeitsprofile (Abbildung 8-10) für das Bemessungs-Schwerfahrzeug (BSFz), aus denen in Abhängigkeit von den Teilabschnittslängen und Längsneigungen die Geschwindigkeit des BSFz am Ende des Teilabschnittes bzw. seine Beharrungsgeschwindigkeit ermittelt werden.

Jeder Teilabschnitt wird daraufhin mit Hilfe von Abbildung 8-11 einer der Steigungsklassen 1 bis 5 zugeordnet. Die Einstufung erfolgt dabei entweder anhand der Beharrungsgeschwindigkeit, bei Nichterreichen über das arithmetische Mittel der Geschwindigkeiten am Anfang und Ende des Teilabschnittes. Die Geschwindigkeiten des BSFz werden getrennt für beide Fahrrichtungen ermittelt, die geringere der beiden ist maßgebend.

Geringste mittlere Geschwindigkeit des BSFz [km/h]	Steigungsklasse
> 70	1
55–70	2
40–55	3
30–40	4
< 30	5

Abbildung 8-11 Zuordnung von Steigungsklassen zu Geschwindigkeitsklassen (HBS, 2001)

Berücksichtigung von Kurvigkeit und Überholmöglichkeiten

Die Krümmungsverhältnisse einer Straße und die Möglichkeit, fahrende Fahrzeuge zu überholen, haben auf einbahnigen zweistreifigen Straßen einen erheblichen Einfluss auf die Reisesegeschwindigkeit. Beide Einflussgrößen werden in diesem Verfahren durch die Größe Kurvigkeit in gon je Kilometer ausgedrückt. Während die Kurvigkeit der Straße aus dem Verhältnis der Summe der Winkeländerungen zu der Länge des Teilabschnittes ermittelt wird, werden durch Verkehrszeichen eingeschränkte Überholmöglichkeiten mittels eines Zuschlags zur Kurvigkeit berücksichtigt (Abbildung 8-12).

Streckenanteil mit Überholverbot [%]	Zuschlag zur Kurvigkeit [gon/km]
$A_{\text{ÜVB}} = \frac{L_{\text{ÜVB}}}{L} \cdot 100 \quad 1)$	
0 – 30	$5 \cdot A_{\text{ÜVB}}$
30 – 100	$150 + (A_{\text{ÜVB}} - 30) / 0,7$

¹⁾ $L_{\text{ÜVB}}$ = Länge aller Strecken innerhalb eines Landstraßenabschnitts mit einem Überholverbot durch Zeichen 276 oder 295 StVO. Dabei werden nur die Strecken berücksichtigt, auf denen trotz ausreichender Überholweite ein Überholverbot angeordnet ist.

L = Länge des Landstraßenabschnitts

Abbildung 8-12 Zuschlag zur Kurvigkeit bei Überholverboten (HBS, 2001)

Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs

Analog zum Verfahren für Autobahnen wird die Qualität des Verkehrsablaufes über Qualitätsstufen bestimmt. Dabei ist allerdings alleinig die Verkehrsdichte k maßgebend, die sich vereinfachend als Quotient aus der Verkehrsstärke q aller Fahrzeuge und der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit V_R errechnet. Die Zuordnung zu den Qualitätsstufen, deren Beschreibung aus dem Autobahnverfahren bereits vorliegt, erfolgt über Abbildung 8-13.

QSV	Verkehrsdichte k^1 [Kfz/km]
A	≤ 5
B	≤ 12
C	≤ 20
D	≤ 30
E	≤ 40
F	> 40

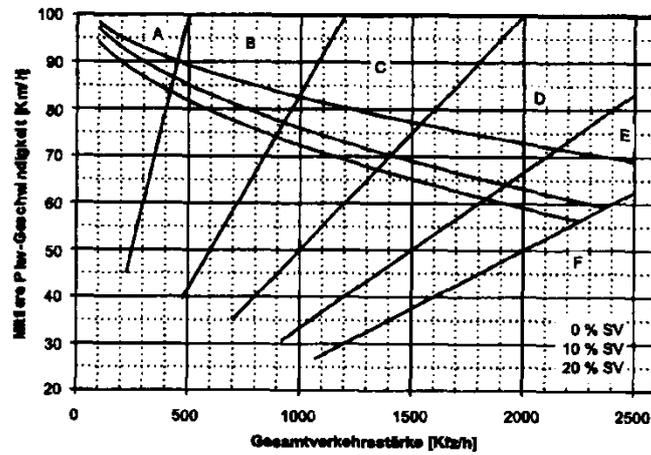
¹ Die Verkehrsdichte bezieht sich auf die Fahrzeuge beider Fahrrichtungen.

Abbildung 8-13 Grenzwerte der Verkehrsdichte für die Qualitätsstufen (HBS, 2001)

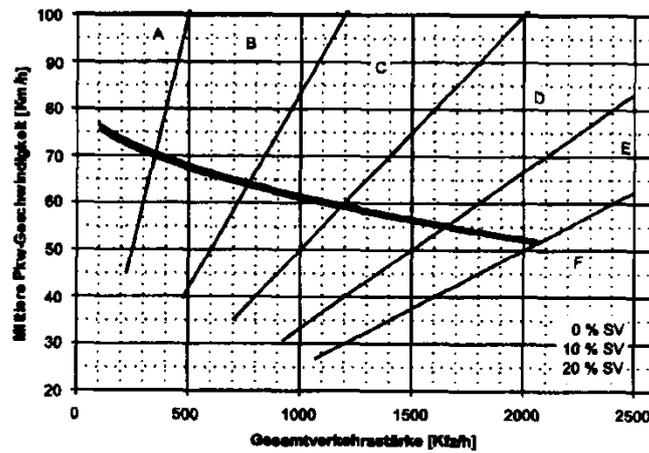
Verkehrsablauf auf einzelnen Teilabschnitten

Für das Berechnungsverfahren sind die Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Beziehungen (q - V -Beziehungen) von wesentlicher Bedeutung. Sie dienen der Ermittlung der Verkehrsdichte und hängen von den beschriebenen streckencharakteristischen und verkehrlichen Einflussgrößen ab. Diese Zusammenhänge sind differenziert nach fünf Steigungsklassen und vier Kurvigkeitsklassen erstellt worden, beispielhaft sind in Abbildung 8-14 drei Diagramme, die für die Berechnung des nachfolgenden Beispiels benötigt werden, dargestellt. Abgelesen wird in jedem Fall die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit; die Qualitätsstufe kann entweder ebenfalls abgelesen oder über die berechnete Verkehrsdichte aus Abbildung 8-13 abgeleitet werden.

Kurvigkeit
0-75 gon/km



75-150



75-150

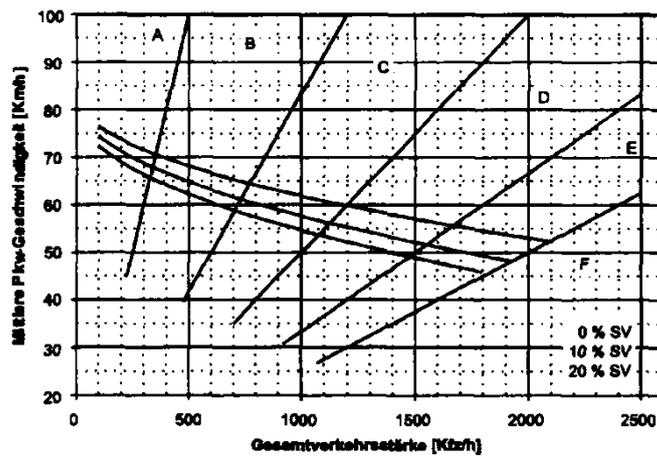


Abbildung 8-14 Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke (oben und Mitte: Steigungsklasse 1, unten: Steigungsklasse 3) (HBS, 2001)

Berechnungsbeispiel

Zur Verdeutlichung der Anwendung des Verfahrens ist im Folgenden ein Berechnungsbeispiel für einen 8,6 km langen Landstraßenabschnitt (Kategorie A II) dargestellt. Im zugehörigen Formblatt sind oben die Vorgaben aus der Netzplanung enthalten sowie im Weiteren die Eingangsgrößen für die Teilabschnitte.

Formblatt 1: Erreichbare Qualität des Verkehrsablaufs eines Landstraßenabschnitts					
Landstraßenabschnitt zwischen:		A und B			
Teilabschnitt Nr.		1	2	3	4
1	Straßenkategorie (RAS-N)	A II			
2	angestrebte Reisegeschwindigkeit V_B [km/h]	60			
3	Bemessungsverkehrsstärke q_B [Kfz/h]	1050			
4	Schwerverkehrsanteil b_{SV} [%]	5			
5	Querschnitt (RAS-Q)	RQ 10,5			
6	angestrebte Qualitätsstufe (Tab. 5-3) QSV_i [-]	C			
7	Länge eines Landstraßenabschnitts L_i [m]	3600	1000	3000	1000
8	Längsneigung (Höhenplan) s_i [%]	+ 1,0	+ 2,5	+ 3,5	- 1,0
9	geringste mittlere Geschwindigkeit des BSFz V [km/h]	80	73	47	80
10	Steigungsklasse (Tab. 5-1) [-]	1	1	3	1
12	Kurvigkeit (Gl. 5-1) KU [gon/km]	75	30	50	0
13	Streckenanteil mit Überholverbot [%]	15	20	10	0
14	Zuschlag zur Kurvigkeit (Tab. 5-2) [gon/km]	75	100	50	0
15	Kurvigkeit (Summe Lageplan + Zuschlag) [gon/km]	150	130	100	0
16	erreichbare Pkw-Reisegeschwindigkeit (Bilder 5-2 bis 5-6) $V_{R,i}$ [km/h]	62	62	59	78
17	Verkehrsdichte ($= q_{B,i}/V_{R,i}$) (Gl. 5-2) k_i [Kfz/km]	16,9	16,9	17,8	13,5
18	Qualitätsstufe des Teilabschnitts (Tab. 5-3 oder Bilder 5-2 bis 5-6) QSV_i [-]	C	C	C	C
19	mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit (Gl. 5-4) V_R [km/h]	62,3			
20	mittlere Verkehrsdichte (Gl. 5-5) k [Kfz/km]	16,8			
21	Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (Tab. 5-3) QSV_{Ges} [-]	C			

Abbildung 8-15 Berechnungsbeispiel Landstraßenabschnitt (HBS, 2001)

8.3 Verständnisfragen

- Warum ist eine Überprüfung des Sicherheitsniveaus eines gewählten Querschnittes sinnvoll, welche Einflussgrößen sind dabei zu beachten?
- Welches Sicherheitsmerkmal sorgt dafür, dass die Regelquerschnitte RQ 26 und RQ 29,5 ein fast identisch hohes Sicherheitsniveau aufweisen?
- Welchen Einfluss hat die Linienführung einer nach RAS-L trassierten Straße in der Regel auf deren Sicherheitsniveau?
- Von welcher Kenngröße ist die Qualitätsstufe einer Straße abhängig?
- Was ist die Beharrungsgeschwindigkeit?

9 Literaturverzeichnis

9.1 Fachbücher (Auswahl)

Baier, R.; u.a.
Straßen und Plätze neu gestaltet
Kirschbaum Verlag GmbH, Bonn, 1995

Pietzsch, W., Wolf, G.
Straßenplanung
Wernerverlag, Düsseldorf 2000

Weise, G.; Durth, W., u.a.
Straßenbau: Planung und Entwurf
Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997

9.2 Regelwerk Straßenentwurf

Begriffsbestimmungen, Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb	(2000)
Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)	(2001)
Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen (ESAS)	(2002)
Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt)	(2006)
Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA)	(2008)
Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL)	(2012)
Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN)	(2008)
Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (RAS-Ew)	(2005)
Empfehlungen zur Straßenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete (ESG 96)	(1996)
Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (EAÖ)	(2003)
Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA)	(2002)
Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA)	(2010)
Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR 05)	(2005)
Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren	(2006)
Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko)	(2012)
Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen (Teil 2)	(2002)
Richtlinien für die einheitliche Gestaltung von Entwurfsunterlagen im Straßenbau (RE), Bundesministerium für Verkehr; Kartographisches Institut und Verlag Nabert, Frankfurt/M	(2012)