

1. STRASSENKNOTENPUNKTE

1.1. GRUNDLAGEN FÜR DEN KNOTENPUNKTENTWURF

1.1.1. Bewegungsvorgänge an Knotenpunkten

Die bauliche Anlage, die der Verknüpfung zweier oder mehrerer Straßen dient, wird als **Knotenpunkt** bezeichnet. Die **Einmündung** ist ein Knotenpunkt, bei dem eine Straße an eine durchgehende Straße angeschlossen wird. Die **Kreuzung** ist ein Knotenpunkt mit mehr als drei Knotenpunktarmen, die mindestens zwei durchgehend befahrbare Straßen bilden. Eine spezielle Knotenpunktform ist der **Kreisverkehrsplatz**, der gleichrangig drei oder mehr an einem Knotenpunkt zusammentreffende Straßen auch funktional unterschiedlicher Straßenkategorien über eine Kreisringfahrbahn verbindet. Wird der Verkehr nur in *einer Ebene* abgewickelt, spricht man von **plangleichen Knotenpunkten**. Auch die Kreuzung von mehr als zwei Straßen in einem Knotenpunkt ist möglich, sie hat aber erhebliche Nachteile und sollte deshalb für Neuanlagen nicht zugelassen werden.

Nach der Lage innerhalb oder außerhalb bebauter Gebiete, nach der Art der Verkehrsregelung und Steuerung und nach der geometrischen Gestaltung können die Straßenknotenpunkte eingeteilt werden in

- a) Innerortsknotenpunkte und
Außerortsknotenpunkte,
- b) Lichtzeichengesteuerte Knotenpunkte und
nicht lichtzeichengesteuerte Knotenpunkte,
- c) Plangleiche Knotenpunkte,
Teilplanfreie Knotenpunkte und
Planfreie Knotenpunkte.

Diese Differenzierung hat nicht nur eine formale Bedeutung, auch wesentliche Schlussfolgerungen lassen sich daraus für die bauliche Gestaltung und die Strassenausstattung ableiten (z.B. alle Verkehrsarten innerorts, relativ homogener Verkehr außerorts). Durchgesetzt hat sich im Regelwerk die Einteilung nach der Anzahl der Knotenpunktebenen.

Verkehrstechnisch betrachtet sind Knotenpunkte Verkehrsflächen, die von mehr als einem Verkehrsstrom benutzt werden. Diese Verkehrsströme können fließend oder unterbrochen (halten oder mit niedriger Geschwindigkeit) zusammengeführt, getrennt bzw. verflochten werden oder sich kreuzen. Die Art des Verkehrsablaufes an einem Knotenpunkt ist maßgebend für die Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Knotens.

Die damit verbundenen Bewegungsvorgänge werden bestimmt durch:

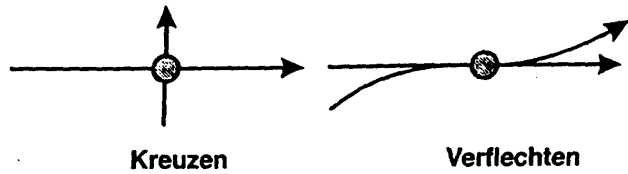
- den Knotenpunkttyp,
- die Verkehrsregelung,
- die Trassierung und Querschnittsgestaltung im Knotenpunkt,
- die Stärke und Richtung der Verkehrsströme,
- die Geschwindigkeiten im Knotenpunktbereich und
- die Sichtweite.

Aus den Bewegungsvorgängen ergeben sich Konfliktpunkte und Konfliktsflächen, das sind Kreuzungs-, Einfädelungs-, Ausfädelungs- oder Verflechtungsstellen von Verkehrsströmen. Sie entstehen dort, wo

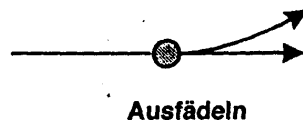
Ströme zusammengeführt werden,



Ströme sich durchdringen und



Ströme auseinandergeführt werden.



Die Anzahl der Konfliktpunkte wird wesentlich größer, wenn die Knotenpunkte mehr als vier Arme aufweisen. Es kann durch die Zurückführung auf einfache Grundformen erreicht werden. Das Bild II/1.1. zeigt einige Beispiele für die mögliche bauliche Umgestaltung der Knotenpunkte.

System	in Grundformen aufgelöste Systeme		

Bild II/1.1.: Bauliche Gestaltung der Knotenpunkte

1.2. ANFORDERUNGEN AN KNOTENPUNKTE

Die Planung und der Entwurf von Knotenpunkten sollen sich in übergeordnete Planungen zur funktionalen Gliederung des Straßennetzes einfügen. Die Grundanforderungen an einen Knotenpunkt orientieren sich daher an straßennetzspezifischen Zielen und lassen sich folgenden Kriterien zuordnen:

1. *Verkehrssicherheit*: Sicherheit für alle Verkehrsarten,
2. *Verkehrsablauf*: hohe Leistungsfähigkeit, keine unzumutbaren Wartezeiten,
3. *Umweltverträglichkeit*: ausgewogene Relation zu Bebauung und Landschaft,
4. *Wirtschaftlichkeit*: gute Kosten-Nutzen-Relation,
5. *Fußgängerfreundlichkeit*: kurze Wege und Wartezeiten.

1.2.1. Verkehrssicherheit

Eine hohe Verkehrssicherheit kann durch weitgehende Trennungsmaßnahmen, wie Trennung in der Ebene (planfreie Knotenpunkte), Trennung im Querschnitt (besondere Fahrstreifen, Fahrbahnteiler, Sperrflächen und -linien) und zeitliche Trennung (LSA) erzielt werden. Mit dem Ziel Verkehrssicherheit werden folgende Knotenpunkteigenschaften verknüpft:

- a) *Erkennbarkeit* die Fahrer sehen die erforderlichen Fahrbewegungen rechtzeitig bei Annäherung;
- b) *Übersichtlichkeit* die wartepflichtigen Fahrer sollen die bevorrechtigten Verkehrsteilnehmer rechtzeitig sehen;
- c) *Begreifbarkeit* für alle Verkehrsteilnehmer sollen die maßgebenden Handlungen deutlich sein (Einordnen, Abbiegen, Bevorrechtigung usw.);
- d) *Befahr- bzw. Begehrbarkeit* die fahrdynamischen und fahrgeometrischen Eigenschaften der Fahrzeuge sowie die Anforderungen der Fußgänger sollen erfüllt sein.

a) Rechtzeitige **Erkennbarkeit** kann erreicht werden durch die nachstehenden:

- Anlage des Knotens oder besonders der untergeordneten Straße in einer Wanne;
- Hervorhebung des Knotenpunktes durch Orientierung im Umfeld (Lücke in der Bepflanzung, in der Bebauung);
- auffällige und rechtzeitige Vorwegweisung mit eindeutigen Zielangaben;
- Bau von Fahrbahnteilern (Tropfen) in der untergeordneten Zufahrt zur Verdeutlichung der Wartepflicht und der eindeutigen Führung der Verkehrsströme,
- optische Betonung der kreuzenden Straße durch Bepflanzung oder senkrechte Leiteinrichtungen,
- frühzeitige Aufweitung der Knotenpunktzufahrt für Zusatzfahrstreifen, Fahrbahnmarkierungen und Inseln (Verlängerung des Fahrbahnteilers bei Lage in Kuppe und Kurve).

b) Gute **Übersicht** kann erreicht werden durch

- Freihalten der Sichtfelder von Sichthindernissen;

- Annähernd 90° Kreuzungs- bzw. Einmündungswinkel, spitzwinklige Einmündungen vermeiden;
- Anordnung der Zufahrten höher als der Knotenpunkt selbst (Anordnung in Wanne);
- Anlage der Linksabbiegestreifen so, daß der Blick auf den entgegenkommenden Verkehr nicht verdeckt ist;
- Aufstellung von Wegweisern und Schutzeinrichtungen ohne Behinderung der Sicht auf bevorrechtigten Kfz-Verkehr, Radfahrer und Fußgänger;
- Minimierung der Verkehrsfläche und Kanalisierung der Verkehrsströme (möglichst einstreifige untergeordnete Knotenpunktzufahrt, um gegenseitige Sichtbehinderung bei der Aufstellung in der Warteposition zu vermeiden);
- Hauptströme möglichst ungehindert durchführen, sowie Konzentration der Konfliktpunkte).

c) Gute **Begreifbarkeit** des Knotenpunktes setzt voraus

- Verwendung von einfachen, allgemein bekannten Knotenpunktformen, Zurückführung auf Grundformen;
- Abstimmung von Vorfahrtsregelung und baulicher Gestaltung;
- optische Führung der Verkehrsströme durch Inselkanten, hervorgehobene Inselköpfe, Fahrbahnränder, Fahrbahnmarkierungen und sonstige Leiteinrichtungen;
- deutliche und umwegfreie Führung von Fuß- und Radwegen im Knotenpunktbereich ggf. unterstützt durch Inseln;
- Anzahl der gleichzeitigen Entscheidungsmöglichkeiten reduzieren;
- gut erkennbare, eindeutige Vorwegweiser, Wegweiser und sonstige Verkehrszeichen.

d) Ausreichende **Befahrbarkeit bzw. Begehbarkeit** erfordert die nachstehenden:

- alle Fahrstreifen sowohl für den Kraftfahrzeug- als durch den Fahrradverkehr müssen ausreichend breit, den Bewegungsvorgängen entsprechend markiert geführt und jenseits der Kreuzungsfläche 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 hineinragen;
- ausreichend große Warteflächen für Radfahrer und Fußgänger;
- funktionsfähige Entwässerung und richtig ausgebildete Querneigungswechsel.

Die vorsehende Auflistung bestätigt, daß verschiedene Anforderungskriterien durch die gleichen gestalterischen Maßnahmen erfüllt werden können. Andererseits ist es realistisch, daß durch einschränkende Randbedingungen eine oder mehrere der vorgenannten Kriterien nicht erfüllbar sind. Dann sich zur Gewährleistung der Sicherheit Ausgleichsmaßnahmen (z. B. Geschwindigkeitsbeschränkung, Abbiegeverbot) zu planen.

Ein weiteres Kriterium, das vorstehend explizit genannt worden ist, das aber bei Einhaltung der anderen Kriterien in der Regel erfüllt wird, ist die *Einheitlichkeit* aufeinanderfolgender

Knotenpunkte. Insbesondere die guten Erfahrungen mit den Knotenpunkten und Anschlussstellen an den Autobahnen sollten dieses Kriterium befördern. In der Knotenpunktfolge eines Straßenzuges ist die Einheitlichkeit solange vorzuhalten, bis eine bewusste Veränderung angezeigt ist (z.B. durch Querschnittswechsel, Änderung der Bevorrechtigung, gewollte Geschwindigkeitsdämpfung u.a.).

1.2.2. Verkehrsablauf

Die erwünschte Qualität des Verkehrsablaufes in Knotenpunkten orientiert sich an der Netzfunktion, der straßenräumlichen Situation und der Nutzungsvielfalt in den angeschlossenen Knotenpunktarmen. Je nach Verkehrsregelung sind im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit folgende Entwurfsgrundsätze zu beachten:

1. Knotenpunkt ohne Lichtsignalanlage:

- Überholvorgänge in der übergeordneten Richtung durch Markierung und Verkehrsregelung unterbinden,
- rechtwinklige Kreuzungen und Einmündungen anstreben,
- untergeordnete Zufahrt im allgemeinen einstreifig ausführen, um Sichtbehinderungen (Pkw neben Lkw) zu vermeiden,
- Kraftfahrzeugströme sollen räumlich sortiert werden.

2. Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage:

- Räumliche Begrenzung der Knotenbereiche zur Minimierung der Einfahr- und Räumwege,
- räumliche Sortierung,
- Anordnung möglichst vieler Zufahrtstreifen,
- Anordnung ausreichender Stauräume in allen Zufahrten,
- keine Behinderung des ÖPNV,
- Berücksichtigung einer Verkehrsregelung mit Verkehrszeichen bei Ausfall der Signalanlage.

1.2.3. Umweltverträglichkeit

Knotenpunkte sind so zu entwerfen, daß das Umfeld so wenig wie möglich beeinträchtigt wird und der Entwurf städtebaulich und landschaftsgerecht gestalterisch befriedigt. Zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Knotenpunkten sind vorrangig

- die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes,
- die Beeinträchtigung des Stadtbildes,
- die Beeinträchtigung durch Verkehrslärm und Luftverunreinigung,
- der Flächenbedarf,
- die Trennwirkung zu berücksichtigen.

1.2.4. Wirtschaftlichkeit

Die vergleichende wirtschaftliche Beurteilung beschränkt sich vorrangig auf die Quantifizierung der Baulastträger- und Straßennutzerkosten (Bau-, Unterhaltungs-, Zeit-,

Unfall- und Betriebskosten). Anforderungen an die Gestaltung des Knotenpunktes ergeben sich aus

- dem Anteil des Fußgänger- und Radverkehrs,
- der vorhandenen Bebauung,
- den vorhandenen erhaltenswerten Grünflächen, sowie aus
- den vorhandenen Geländebedingungen.

2. PLANGLEICHE KNOTENPUNKTE

2.1. GRUNDFORMEN PLANGLEICHER KNOTENPUNKTE

Die Knotenpunktform ist abhängig von der Art des Verkehrsablaufes und der vorgesehenen Verkehrsregelung. Weitere Einflussgrößen sind

- die gesamte Verkehrsstärke am Knotenpunkt,
- die möglichen bzw. notwendigen Verkehrsbeziehungen,
- die Größe der einzelnen Verkehrsströme
- das Verhältnis der Ströme untereinander,
- die Abwicklung des öffentlichen Personennahverkehrs,
- das Komfort und Sicherheitsansprüche für Radfahrer und Fußgänger sowie
- die Entwurfsgeschwindigkeit und
 - die Querschnitte der zusammentreffenden Straßen.

Die Grundformen *plangleicher Knotenpunkten* zeigt das Bild II/1.2.

2.2. ENTWURFSELEMENTE PLANGLEICHER KNOTENPUNKTE

Jeder Knotenpunkt setzt sich aus definierten *Entwurfselementen* zusammen. Außerhalb bebauter Gebiete wird durch die Anordnung typischer Elemente eine weitgehende Vereinheitlichung der Knotenpunkte angestrebt. Grundsätzlich wird zwischen den Entwurfselementen der *übergeordneten* und solchen der *untergeordneten Straße* unterschieden. Die Fahrbahnen bestehen im Knotenbereich aus durchgehenden Fahrstreifen und werden häufig ergänzt durch erforderliche Zusatzfahrstreifen wie Linksabbiegestreifen, Rechtsabbiegestreifen und Einfädungstreifen für Rechtseinbieger sowie Sonderstreifen.

Als die übergeordnete, in der Regel bevorrechtigte Straße, wird bei Einmündungen die durchgehende Straße, bei Kreuzungen die Straße mit der hochwertigeren Streckencharakteristik bezeichnet.

2.2.1. Elemente der Linienführung

Allgemeine Hinweise

Wesentliche Voraussetzungen für die Einhaltung der Grundanforderungen an Knotenpunkte, insbesondere im Hinblick auf die Verkehrssicherheit, werden für den Knotenpunktbereich durch die Linienführung der zu verknüpfenden Straßen geschaffen. Grundsätzlich sollte die spätere Über- bzw. Unterordnung der Knotenpunktarme bereits mit der Güte der Linienführung und damit auch der Streckencharakteristik vorgeklärt sein. Weiterhin ist darauf zu achten, daß Straßenknotenpunkte nicht in komplizierte Linienabschnitte gelegt werden.

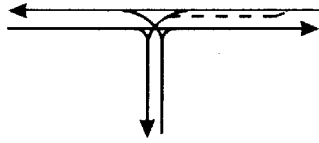
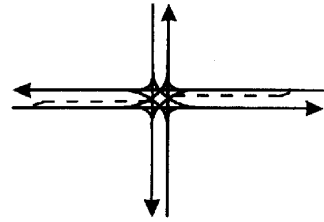
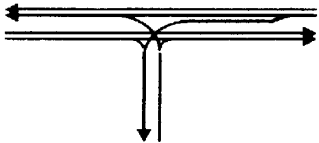
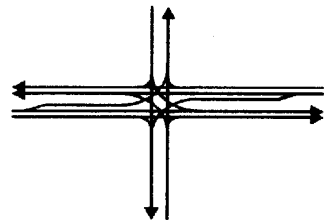
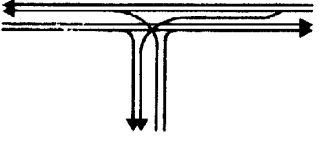
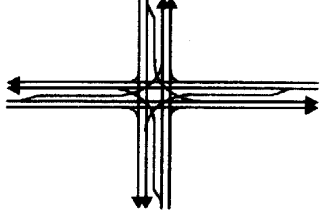
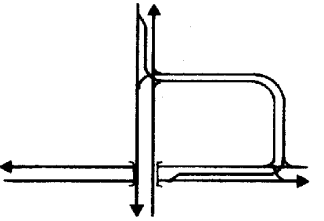
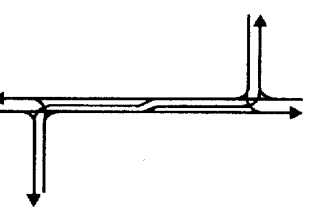
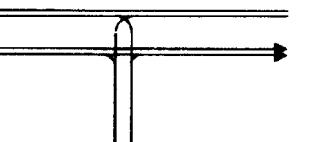
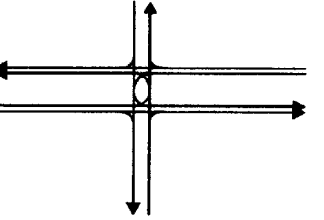
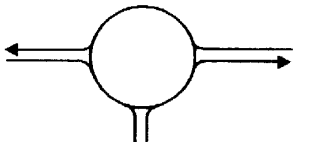
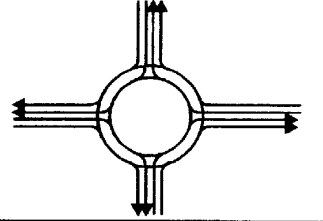
Grundform	Einmündungen	Kreuzungen
<p>I Einmündung oder Kreuzung von 2-streifigen Straßen ggf. Linksabbiegestreifen, Fahrbahnteiler</p>		
<p>II Einmündung oder Kreuzung von 2-bahnigen mit 2-streifigen Straßen in der Regel mit Lichtsignalanlage, Linksabbiegestreifen, Fahrbahnteiler, ($V_{zul} \leq 70 \text{ km/h}$)</p>		
<p>III Einmündung oder Kreuzung von 2 2-bahnigen Straßen Mit Lichtsignalanlage, Linksabbiegestreifen, Fahrbahnteiler, ($V_{zul} \leq 70 \text{ km/h}$)</p>		
<p>IV Teilplanfreie Kreuzung von 2-streifigen oder 2-bahnigen Straßen Mit Lichtsignalanlage, Linksabbiegestreifen, Fahrbahnteiler,</p>		
<p>V Kreuzung von 2-streifigen Straßen (versetzte Einmündungen) Mit Lichtsignalanlage, Linksabbiegestreifen, Fahrbahnteiler, ($V_K \leq 70 \text{ km/h}$)</p>		
<p>VI Aufgeweitete Einmündung oder Kreuzung mit mindestens einer 2-bahnigen Straße Mit Lichtsignalanlage, ($V_K \leq 70 \text{ km/h}$)</p>		
<p>VII Kreisverkehrsplatz an 2-streifigen oder 2-bahnigen Straßen in der Regel ohne Lichtsignalanlage, ($V_{zul} \leq 70 \text{ km/h}$)</p>		

Bild II/1.2.: Die Grundformen plangleicher Knotenpunkten

Für die Lageplan-, Höhenplan- und Entwässerungsgestaltung im Knotenpunktbereich sollten folgende Hinweise beachtet werden:

Lageplan

Im Regelfall sollten sich die Achsen der zu verknüpfenden Straßen in einem annähernd rechten Winkel schneiden, um gute Sichtbedingungen zu schaffen. Spitze Kreuzungswinkel ($\alpha=60^\circ$) im vorhandenen Netz sollten durch Abkröpfen auf annähernd rechte Winkel verändert werden. (Bild II/1.3.) Die Varianten a) (Versatz) bis c) (Verlagerung) berücksichtigen in unterschiedlicher Weise die örtlichen Zwangspunkte und die rechtlichen sowie netzhierarchischen Vorgaben.

Ein- und Ausfahrten sollten möglichst an geraden Streckenabschnitten liegen. Ist dies praktisch nicht durchsetzbar, dann gilt folgende Wertung: Einmündungen in Innenbögen sind aus Sicherheitsgründen möglichst zu vermeiden.

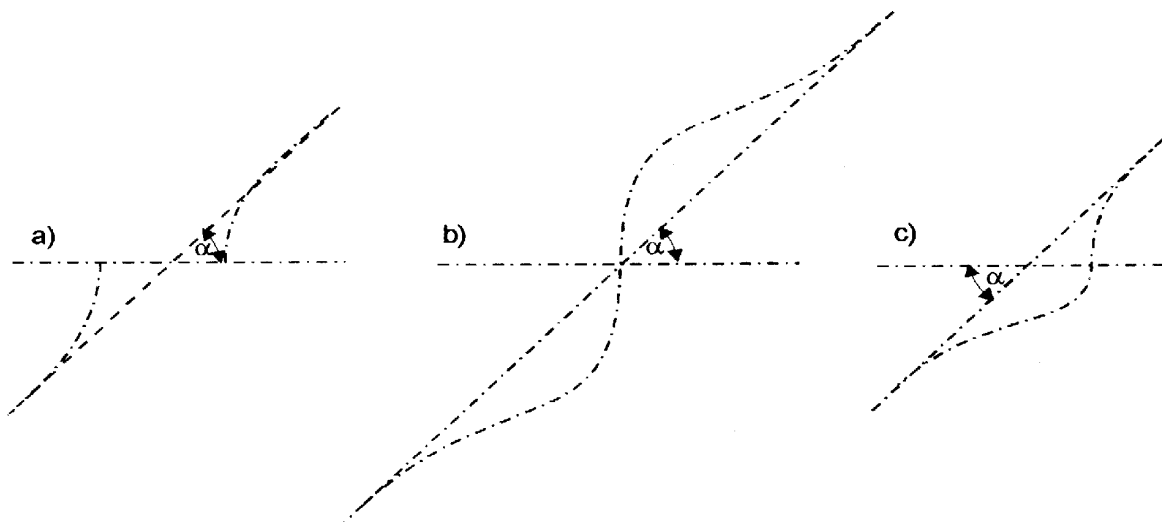


Bild II/1.3.: Gestaltung einer Kreuzung

Höhenplan

Die besten Voraussetzungen zur Durchsetzung der Grundanforderungen sind gegeben, wenn beide zu verknüpfenden Straßen die Wannenlage aufweisen. Wesentlich schwieriger ist die Wahrung der Sicherheitsinteressen in der Kuppenlage, weil mit gravierenden Sichteinschränkungen zu rechnen ist und die Attribute „erkennbar“, „begreifbar“ und „befahrbar“ in ihrer Wirkung deutlich eingeschränkt sind.

Durch begleitende Maßnahmen (vorgezogene Inselkanten, früherer Beginn der Abbiegestreifen, Unterstreichen des nicht einsehbaren Verlaufs durch die Bepflanzung und/oder Bebauung u. a.) sind die negativen Folgen auszugleichen. Besonders die Bepflanzung kann die Raumführung nachdrücklich verbessern.

Oberflächenentwässerung

- Aus Sicherheitsgründen ist die Entwässerung der meist großflächigen Knotenpunkte besonders sorgfältig zu planen.
- Das Wasser ist auf kürzest möglichem Weg aus dem Knotenpunkt abzuleiten.
- Entwässerungstechnische Belange haben Vorrang vor fahrdynamischen Gesichtspunkten in den Anschlussbereichen.
- Fahrbahnteiler und andere Einbauten können neben ihrer Leit- und Ordnungsfunktion auch entwässerungstechnischen Funktionen erhalten.
- Wasser aus den Knotenpunktarmen darf nicht auf die Knotenpunktinnenfläche geführt werden.

2.2.2. Fahrstreifenführung und -breite

Die durchgehenden Fahrstreifen sind geradlinig zu führen, d.h. es sollen nach Möglichkeit keine Knickpunkte und Versätze anzuordnen. Bei gekrümmter Linienführung ist die Krümmungstendenz auch für die durchgehenden Fahrstreifen beizubehalten. Eine eindeutige Fahrbahnmarkierung ist hierbei besonderes wichtig. Durch eine klare und eindeutige Fahrstreifenführung kann erreicht werden, daß

- die natürlichen Reaktionen der Fahrer unterstützt und falsche Fahrmanöver unterbunden werden,
- das „Schwimmen“ der Fahrzeugströme auf ungegliederten Knotenpunktflächen vermieden wird und Konfliktflächen verkleinert werden,
- Geschwindigkeitsreduzierungen erzwungen werden,
- sich Stauräume für einzelne Verkehrsströme schaffen lassen,
- die Entscheidungspunkte so weit auseinandergezogen werden, daß die Fahrer in jedem Augenblick nur eine Entscheidung zu treffen haben.

Durchgehende Fahrstreifen der übergeordneten Straße werden nach Anzahl und Breite im Knotenpunkt wie auf der freien Strecke geführt (RAS-Q 1996). Die Fahrstreifenbreite der freien Strecke sollte in der Regel auch im Knotenpunkt beibehalten werden. Bei beengten Verhältnissen kann die Breite der durchgehenden Fahrstreifen bei Regelbreiten von $\geq 3,25$ m um 0,25 m bis auf 3,00 m (bei mehrstreifigen Knotenpunktzufahrten und $V_K \leq 50$ km/h) und in Ausnahmefällen sogar bis 2,75 m (innerorts) verringert werden, ebenso sind schmalere Fahrstreifen bei Begrenzung mit Hochborden und neben Fahrbahnteilern beträgt

bei $V_K=70$ km/h	4,50 m,
bei $V_K=90$ km/h	5,50 m, (jeweils einschließlich Randstreifen bzw. Randmarkierung),
bei $V_K=50$ km/h	genügt die unveränderte Fahrstreifenbreite.

2.2.3. Zusatzfahrstreifen im Knotenpunktbereich

Außer der durchgehenden Fahrstreifen sind im Knotenpunktbereich auch Zusatzfahrstreifen wie *Linksabbiegestreifen*, *Rechtsabbiegestreifen*, *Einfädelsstreifen* für Rechtseinbieger, *Verflechtungsstreifen* und Fahrstreifen für den öffentlichen Personennahverkehr erforderlich.

Zur Anlage von Zusatzstreifen, von Fahrbahnteilern und von zusätzlichen durchgehenden Fahrstreifen sind die Fahrbahnränder zu verziehen bzw. die Knotenpunkte aufzuweiten. Grundsätzlich gilt, daß Zusatzfahrstreifen *außerhalb bebauter Gebiete* in der Regel *fahrdynamisch*, *innerhalb bebauter Gebiete fahrgeometrisch* zu bemessen sind. Die Aufweitung ist so zu gestalten, daß die Hauptströme den Knotenpunkt möglichst ungehindert durchfahren können. Die Aufweitung kann symmetrisch nach beiden Seiten oder einseitig angeordnet werden.

Zum Einfügen von **Linksabbiegestreifen** und Fahrbahnteilern werden im Bereichen gestreckter Linienführung beide Fahrbahnränder um das halbe Verbreitungsmaß verzogen und wird in der Kurve nur der kurveninnere Rand um das volle Verbreitungsmaß verzogen.

Die Länge der *Verziehungsstrecke* (Bild II/1.4.) ist abhängig von der Knotenpunktgeschwindigkeit, der Größe und der Lage der Aufweitung. Die Länge der Verziehung L_a beträgt:

$$L_a = 0,75 \cdot v_t \cdot \sqrt{e} \text{ [m]}$$

wobei v_t die Planungsgeschwindigkeit [km/h]
 e das Verbreitungsmaß [m] ist.

Das Verbreitungsmaß im Punkt P wird durch

$$e_n = e \cdot k \text{ [m]}$$

berechnet. Die Linie 'm' wird durch den Wert k charakterisiert und laut der Tabelle II/1.1. berechnet.

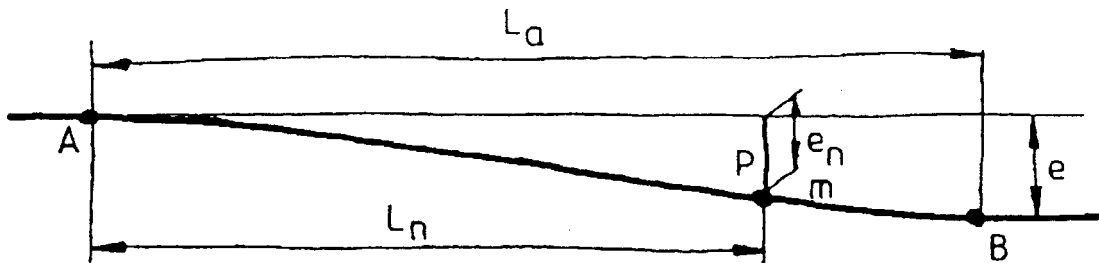


Bild II/1.4: Verziehungsstrecke des Linksabbiegestreifens

L_n/L_a	k
0,1	0,02
...	...
0,7	0,82
...	...

Tabelle II/1.1.: k Werte des Linksabbiegestreifens

Anordnung, Formen und Bemessung von Rechtsabbiegestreifen

Für die Anordnung von Rechtsabbiegestreifen

- außerhalb bebauter Gebiete sind vorwiegend fahrdynamische Gesichtspunkte maßgebend
- innerhalb bebauter Gebiete ist die Anordnung abhängig von der Leistungsfähigkeit und dem Umfeld.

Grundsätzlich lassen sich drei verschiedene Formen der Gestaltung von Rechtsabbiegestreifen unterscheiden:

- Eckausrundung mit einem einfachen Kreisbogen oder einer dreiteiligen Kreisbogenfolge (Bild II/1.5.),
- Ausfahrkeil mit anschließender Eckausrundung mit Fahrbahnteiler und Dreieckinsel (Bild II/1.6. und Bild II/1.7.)
- Rechtsabbiegestreifen mit anschließender Eckausrundung und mit oder ohne Fahrbahnteiler und Dreieckinsel.

Die Mindestabmessungen der Bögen (Eckausrundungen) müssen den fahrgeometrischen Anforderungen der regelmäßig verkehrenden Fahrzeuge genügen. An keiner Stelle soll ein Knick auftreten; das Bogenende soll tangential in den weiterführenden Fahrstreifen münden. Bei der dreiteiligen Kreisbogenfolge ist das Radienverhältnis

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

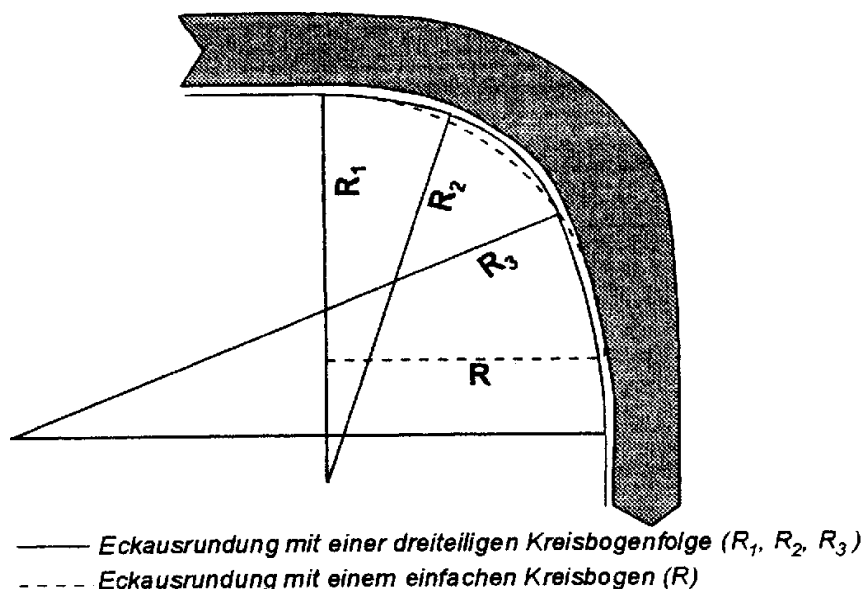


Bild II/1.5.: Gestaltung der Eckausrundung

Anordnung, Formen und Bemessung von Linksabbiegestreifen

Linksabbiegestreifen (Bild II/1.8.) bzw. Aufstellbereiche tragen außerhalb bebauter Gebiete maßgeblich zur Fahrsicherheit bei. Die Anordnung von Linksabbiegestreifen ist

- außerhalb bebauter Gebiete aus Sicherheitsgründen stets erwünscht,
- innerhalb bebauter Gebiete vorrangig aus Gründen der Qualität des Verkehrsablaufes und der Leistungsfähigkeit sinnvoll.

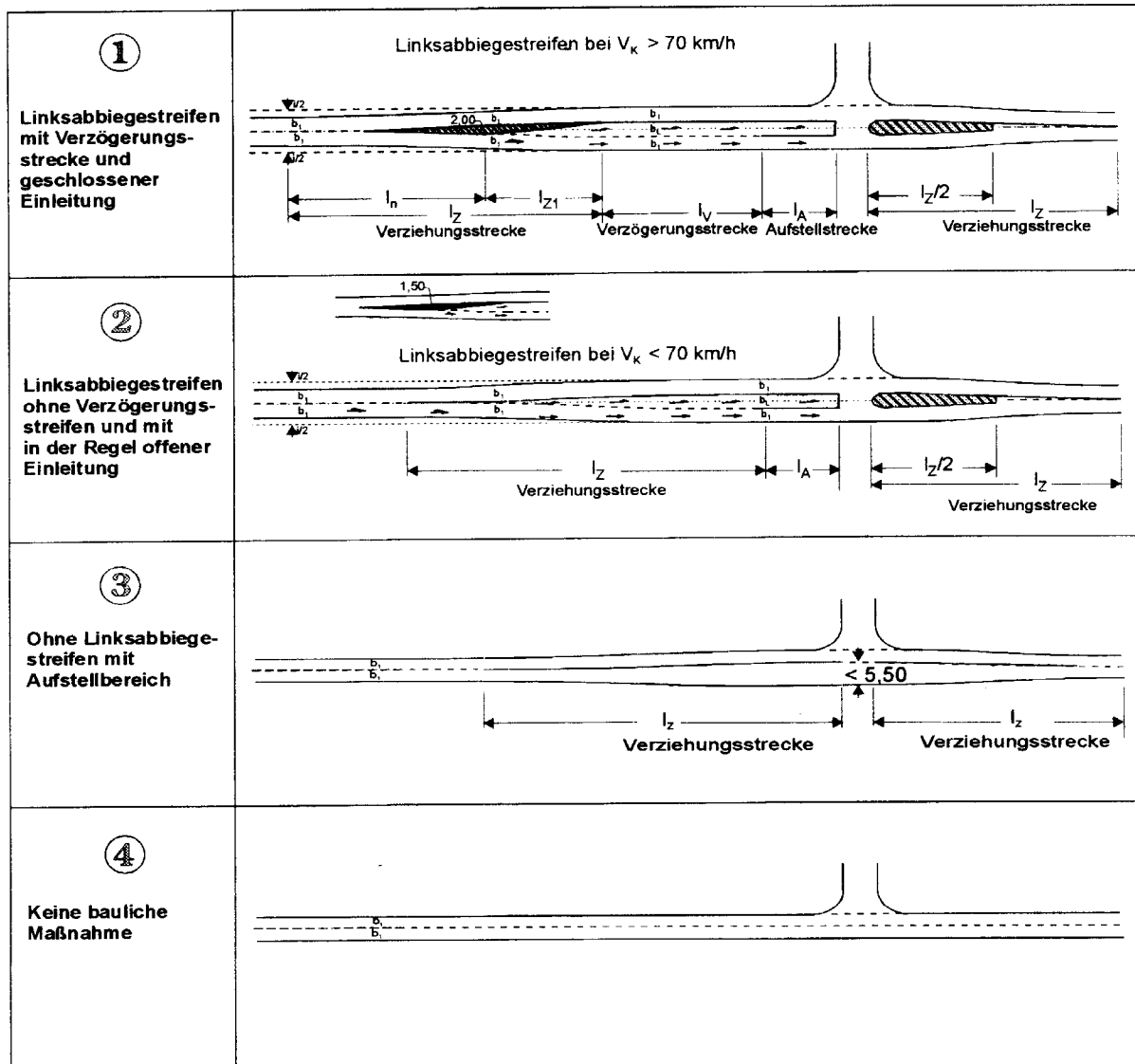


Bild II/1.8.: Gestaltung des Linksabbiegens

2.2.4. Einige Beispiele für die Gestaltung der Knotenpunktelemente – Haupttrichtung

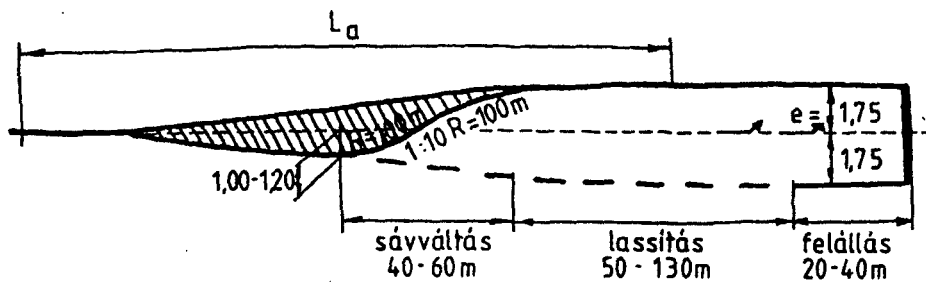


Bild II/1.9.: Linkabbiegestreifen

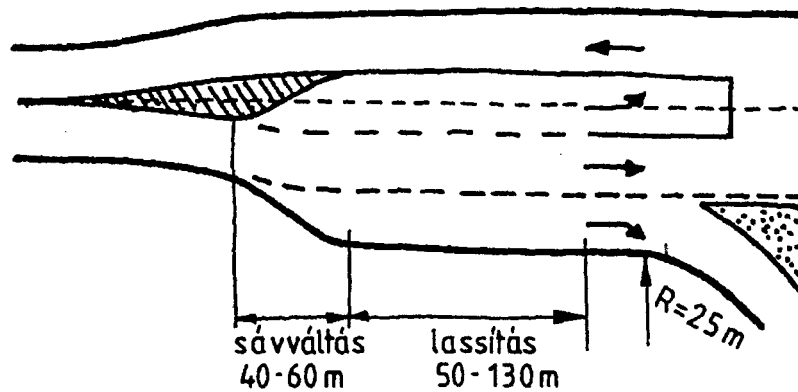


Bild II/1.10.: Rechtsabbiegestreifen

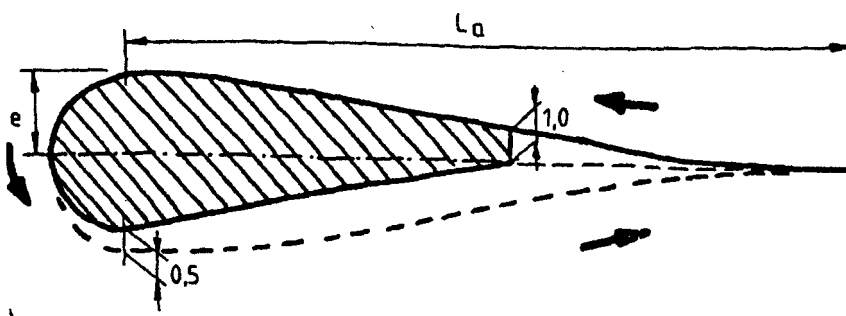


Bild II/1.11.: Markierte Insel

2.2.5. Inseln und Fahrbahnteiler

Inseln und Fahrbahnteiler dienen an Streckenabschnitten und Knotenpunkten der Führung und Trennung entgegengesetzt oder gleich gerichteter Fahrzeugströme und als Standorte der Verkehrseinrichtungen (Verkehrszeichen, Lichtsignalanlage, Wegweiser). Die Konstruktion des Fahrbahnteilers in Form des kleinen und großen Tropfens für Straßen außerhalb bebauter Gebiete zeigen das Bild II/1.12. und Bild II/1.13.

Darüber hinaus dienen sie

- innerhalb bebauter Gebiete vorwiegend dem Schutz von Fußgängern und Radfahrern (erleichtert die Überquerung),
- außerhalb bebauter Gebiete vorwiegend der Verdeutlichung der Wartepflicht in den untergeordneten Knotenpunktzufahrten, der Verbesserung der Sichtverhältnisse und der räumlichen Gliederung des Straßenraumes, sowie
- die Verhinderung verbotener Abbiegebewegungen bzw. der Erleichterung der Abbiegebewegungen starker Verkehrsströme.

In übergeordneten Straßen außerhalb bebauter Gebiete werden aus Gründen der Verkehrssicherheit keine Inseln angeordnet. An Kreuzungen kann auf Fahrbahnteiler verzichtet werden, wenn die untergeordnete Straße schmaler als 4,5 m ist und nur eine ganz geringe Verkehrsstärke (< 20 Kfz/h) aufweist.

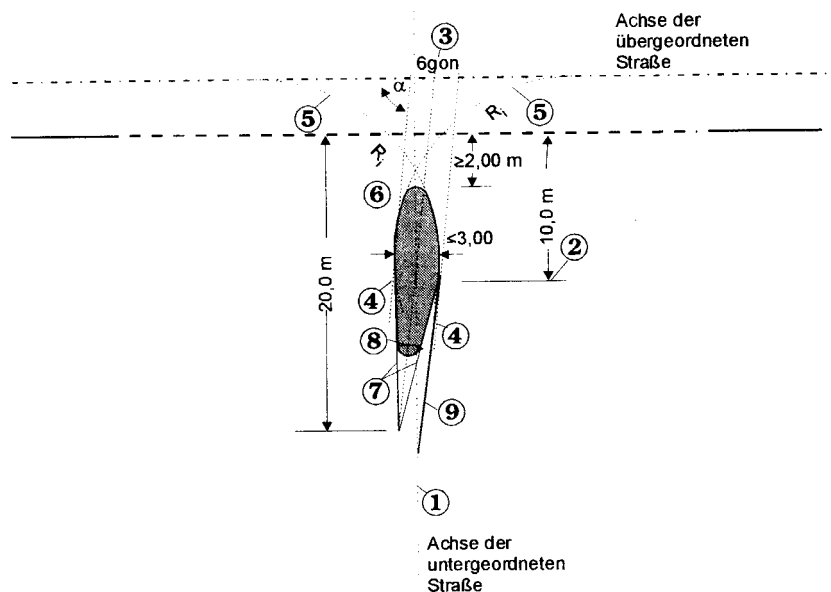


Bild II/1.12.: Gestaltung von Inseln

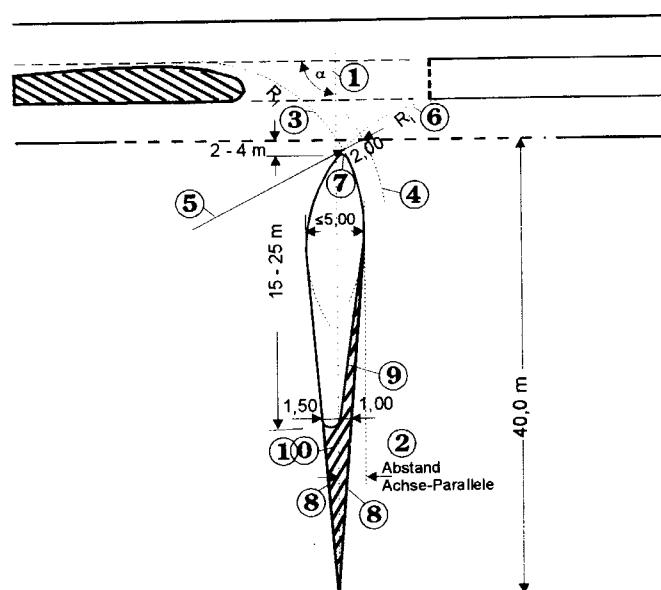


Bild II/1.13.: Gestaltung von Inseln und Markierungen

2.2.6. Einige Beispiele für die Gestaltung der Knotenpunktelemente – Nebenrichtung

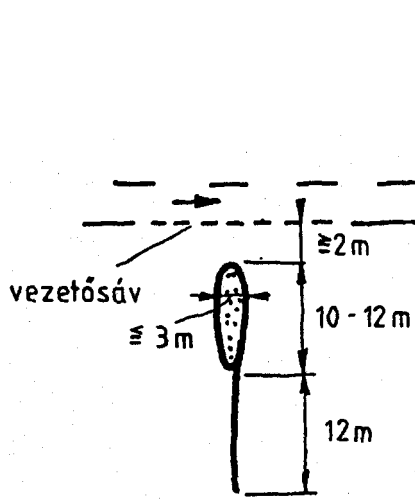


Bild II/1.14.: Insel

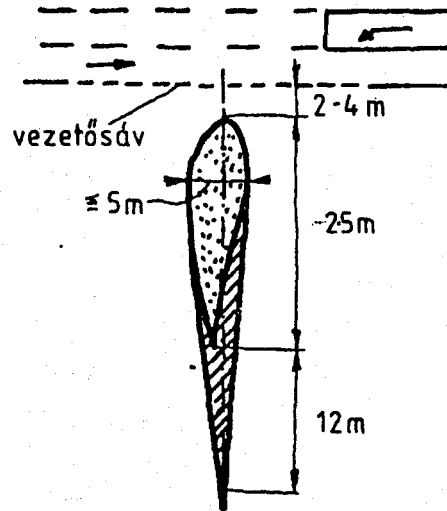


Bild II/1.15.: Insel und Markierung

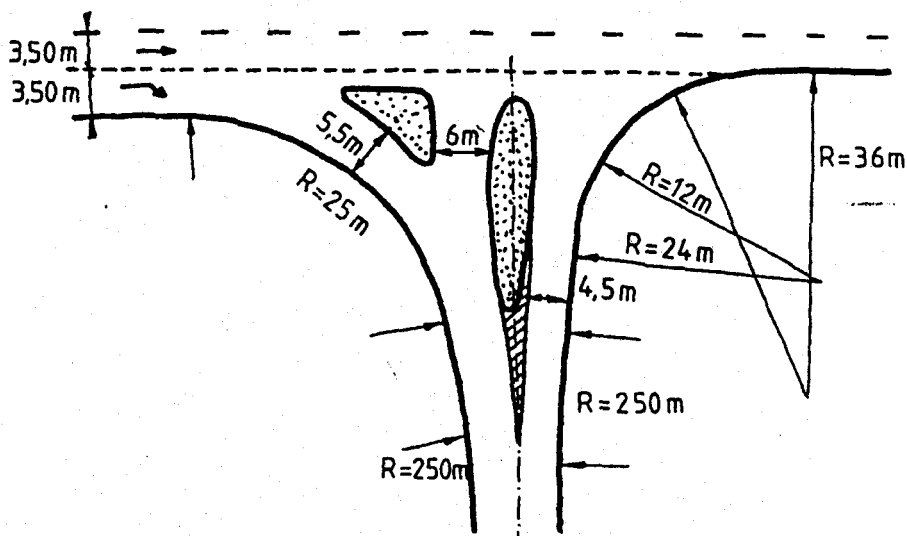


Bild II/1.16.: Insel und Markierung

2.2.7. Allgemeine Beispiele für die Gestaltung von Knotenpunkten

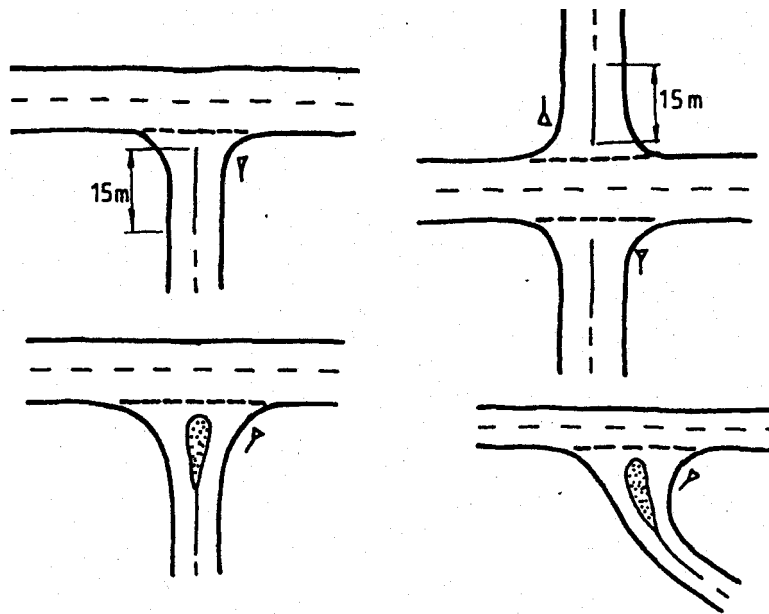


Bild II/1.17.: Knotenpunkt von untergeordneten Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen

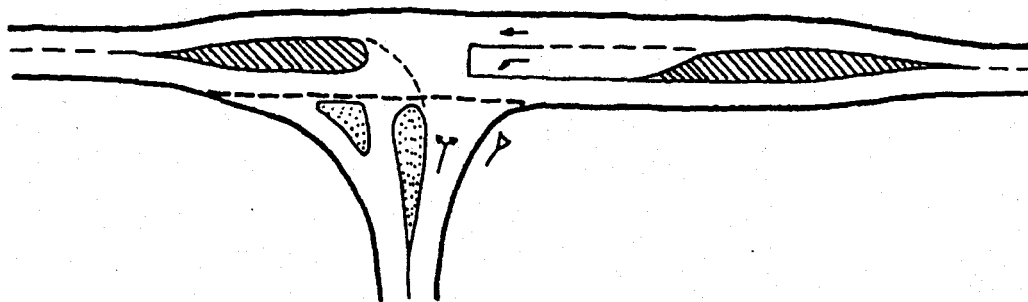


Bild II/1.18.: Knotenpunkt einer Hauptstrasse (mit hohem Verkehrsaufkommen) und einer untergeordneten Straße

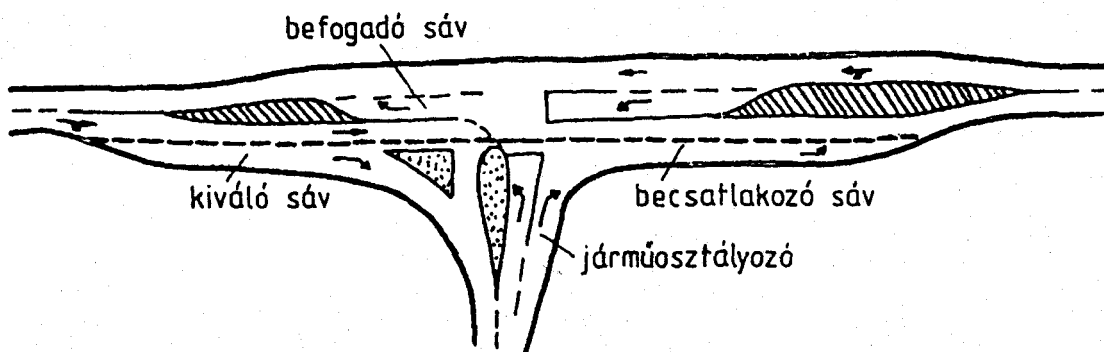


Bild II/1.19.: Weitere Ausbaustufe des Knotenpunktes im Bild II/1.18.

2.3. SICHTWEITEN UND SICHTFELDER AN KNOTENPUNKTEN

Zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit sind Sichtenanforderungen zu stellen und einzuhalten.

Der Kraftfahrer muß mögliche Konfliktpunkte rechtzeitig erkennen und andere Verkehrsteilnehmer wahrnehmen, um sein Fahrverhalten darauf einstellen zu können. Er muß in der Lage sein, zu erkennen, ob er die Vorfahrt beachten muß und ob er gegebenenfalls mit verminderter Geschwindigkeit den Knotenpunkt befahren kann oder anhalten muß.

2.3.1. Haltesicht

Als Haltesicht wird die Sicht bezeichnet, die für einen Fahrer zum Erkennen der Vorfahrtsregelung notwendig ist, um rechtzeitig anhalten zu können. Kann dieses Sichtfeld nicht freigehalten werden, so sind die vorfahrtsregelnden Verkehrszeichen zusätzlich voranzukündigen. (Bild II/1.20.)

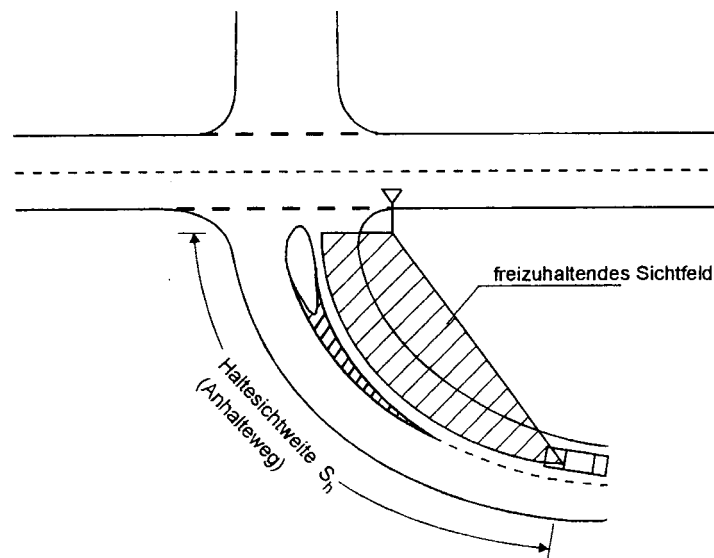


Bild II/1.20.: Haltesicht eines Knotenpunktes

2.3.2. Anfahrsicht

Als Anfahrsicht (Bild II/1.21.) wird die Sicht bezeichnet, die ein Kraftfahrer braucht, der mit einem Abstand von 3,00 m vom Fahrbahnrand der übergeordneten Straße wartet, um mit einer zumutbaren Behinderung bevorrechtigter Kraftfahrzeuge aus dem Stand in die übergeordnete Straße einfahren zu können. Sie ist gewährleistet, wenn die Sichtfelder mit den entsprechenden Schenkellängen (L_{Kfz}) in der übergeordneten Straße freigehalten werden.

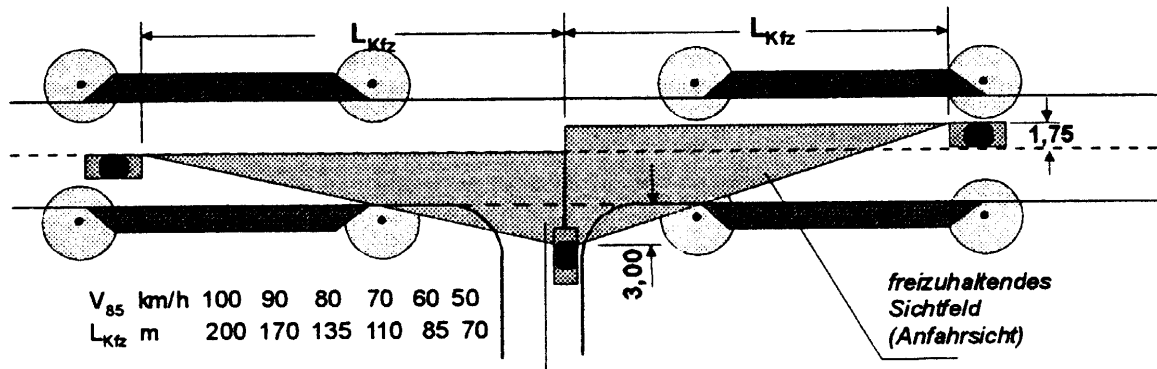


Bild II/1.21.: Anfahrtsicht in einem Knotenpunkt

2.3.3. Annäherungssicht

Als Annäherungssicht wird die Sicht bezeichnet, die für einen Fahrer auf einer untergeordneten Straße ohne Haltegebot (Stopschild) vorhanden sein muss, um gegebenenfalls ohne Halten in die übergeordnete Straße einfahren zu können. Das Sichtfeld soll aus einem Abstand von 10 m vom Fahrbahnrand der übergeordneten Straße mit einer Schenkellänge (L_{kfz}) freigehalten werden. (Bild II/1.22.)

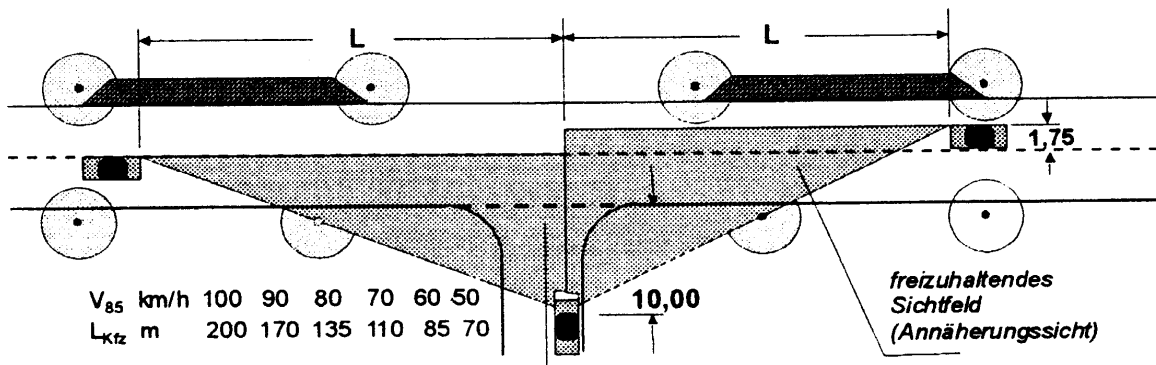


Bild II/1.22.: Annäherungssicht in einem Knotenpunkt

2.4. KREISVERKEHRSPLATZ

Eine besondere Stellung unter den plangleichen Knotenpunkten kommt der Grundform dem Kreisverkehrplatz zu.

Er ist eine Knotenpunktform mit einer in der Regel kreisförmigen Fahrbahn, auf der die Fahrzeuge im *Einrichtungsverkehr* gegen den Uhrzeigersinn um eine nicht überfahrbare Mittelinsel herumgeführt werden. (Bild II/1.23.)

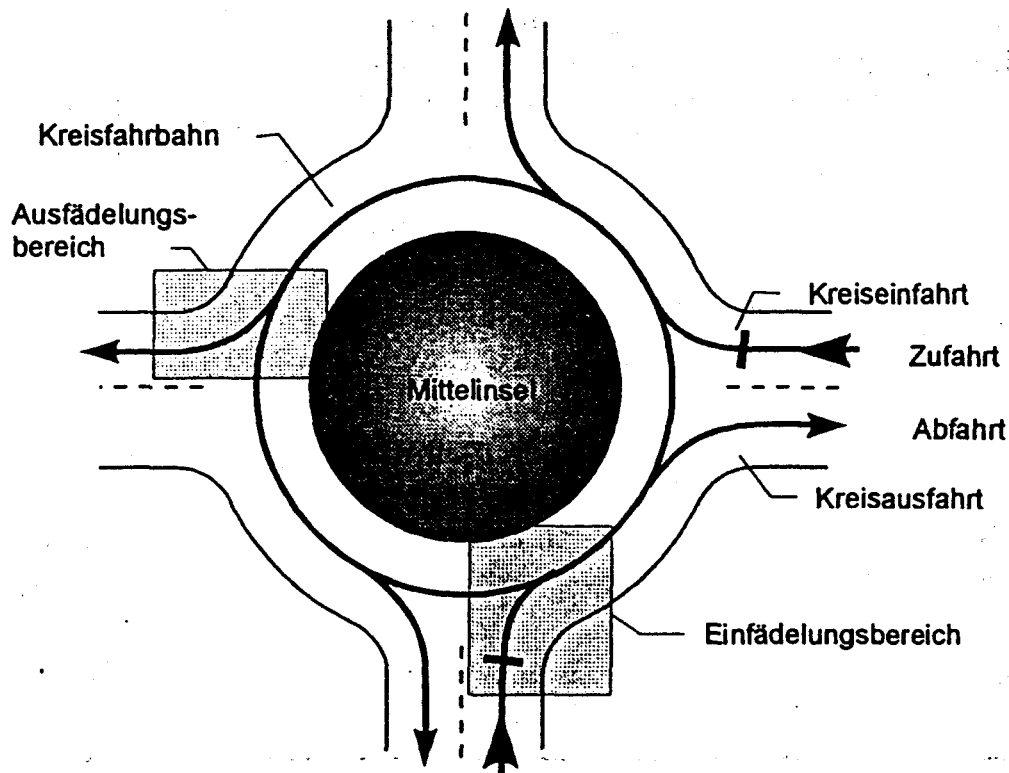


Bild II/1.23.: Gestaltung eines Kreisverkehrs

Als Funktionsprinzipien und betriebliche Vorzüge dieser Knotenpunktform sind die folgenden zu nennen:

- keine Blockierung des „Binnenverkehrs“ am Knotenpunkt (freier Abfluß),
- Selbstregulierung durch einfache Handlungen,
- Blickorientierung nur nach einer Seite (links),
- niedrigere und homogene Geschwindigkeiten im Kreis ($V=f(\text{Kreisradius})$) und in den Zufahrten.

Grundsätzlich können Kreisverkehrsplätze sowohl innerorts als auch außerorts gewählt werden. Während die Anzahl der Kreisverkehrsplätze innerhalb bebauter Gebiete oder an Ortseingangsbereichen in Deutschland innerhalb der letzten zehn Jahre erheblich angestiegen ist, wurden außerorts bisher relativ wenig Kreisverkehrsplätze gebaut. Die folgenden Aussagen beziehen sich vor allem auf die sogenannten kleinen Kreisverkehrsplätze, die sich im wesentlichen durch einstreifige Zu- und Ausfahrten sowie durch eine einstreifige Kreisfahrbahn auszeichnen.

Die Gründe für die Anwendung und die insbesondere von kleinen Kreisverkehrsplätzen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

Planerische Ziele

- Eine **verkehrsberuhigende Wirkung** tritt infolge der Erhöhung der direkten Einflussnahme der Fahrer auf den Betriebsablauf und der Anpassung der Geschwindigkeiten in den Zufahrten und auf der Kreisfahrbahn ein. Aus der Kreisfahrbahn liegt das Geschwindigkeitsniveau im Innerortsbereich in einer Größenordnung von 20-30 km/h. Mit zunehmendem Durchmesser wächst die mittlere Geschwindigkeit. Kreisverkehrsplätze haben auch auf der anschließenden Strecke eine geschwindigkeitsdämpfende Wirkung, die aber rasch abnimmt.
- Kreisverkehrsplätze erzeugen wegen ihrer geometrischen Grundform, der funktionalen Mindestgröße und der Unterbrechung des sonst linienhaften Verkehrsweges ein spezifisches Erscheinungsbild. Sie sind ein **städtebauliches Element der Platzgestaltung**. Innerorts ergeben sich aus städtebaulicher Sicht daher vor allem Einsatzmöglichkeiten im Ortseingangsbereich, in Übergangsbereichen zwischen verschiedenen städtebaulichen Nutzungen und bei der Schaffung von Platzsituationen.

Verkehrstechnische Ziele

- Gegenüber plangleichen Knotenpunkten ergibt sich häufig ein **höheres Sicherheitsniveau**. Gründe dafür sind die Verringerung der Konfliktpunkte auf 8 gegenüber 32 bei vierarmigen Kreuzungen ohne Lichtsignalanlage, des geringere Geschwindigkeitsniveau und die fehlenden Kreuzungsvorgänge und die damit geringeren Unfallfolgen. An kompakten Kreisverkehrsplätzen wird in der Regel langsamer gefahren.
- Kreisverkehrsplätze sind in der Regel **leistungsfähiger** als Kreuzungen oder Einmündungen vergleichbarer Größe mit Vorfahrtsregelung, d. h. ohne Lichtsignalanlagen. In bestimmten Fällen (Verkehrsstärken, Verkehrsmischung, geeignete Kreisfahrbahngestaltung) können sie auch leistungsfähiger als Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen sein (z.B. Lichtsignalanlagen mit mehr als zwei Phasen).
- Die **Gesamtwartezeiten** für alle Verkehrsteilnehmer werden bei optimalen Einsatzbedingungen reduziert, da der kontinuierliche Verkehrsfluß nicht künstlich durch Lichtsignalanlagen mit zwingenden Zwischenzeiten unterbrochen wird.
- Kreisverkehrsplätze erweisen sich als flexible Knotenpunktform mit vernünftigem Flächenbedarf, günstigen Wendemöglichkeiten, als vorteilhafte Knotenpunktform an Knotenpunkten mit abknickender Vorfahrt, an Knotenpunkten mit mehr als vier Knotenpunktarmen und zur Vermeidung von Kosten für den Bau und Betrieb einer Lichtsignalanlage, die aus Sicherheitsgründen erforderlich ist.

Ziel dieser Knotenpunktform ist es, durch eine konsequent geschwindigkeitsdämpfende Ausbildung die Interaktion von Kraftfahrzeugen, Radfahrern und Fußgängern

- ❑ mit niedriger Geschwindigkeit,
- ❑ auf kleinster fahrgeometrisch notwendiger Fläche und
- ❑ in einstreifiger Führung der Kfz

sicher, mit vertretbarem Zeitaufwand durch weitgehende Selbstregulierung abzuwickeln.

Die *wichtigsten Vor- und Nachteile* des Kreisverkehrsplatzes sind:

Vorteile des Kreisverkehrsplatzes:

- bessere städtebauliche Gestaltungsmöglichkeiten,
- verkehrsberuhigende Wirkung,
- Erhöhung der Leistungsfähigkeit,
- Erhöhung der Verkehrssicherheit,
- niedrigere, gleichmäßigere Geschwindigkeiten,
- Verringerung der Gesamtwarzeiten,
- Verringerung des Flächenbedarfs,
- Wendemöglichkeiten im Knotenpunktbereich,
- Einfache Vorfahrtsregelung,
- Verknüpfung von Knotenpunkten mit mehr als vier Knotenpunktarmen,
- „Übergangselemente“ zwischen Strecken oder Straßenraumabschnitten:
 - städtischer Einfallstraßen mit Ringstraßen,
 - an Ortseinfahrten,
 - zur Abschnittsbildung,
 - am Wechsel von Fahrbahnquerschnitten, Straßenkategorien oder Umfeldnutzungen.

Nachteile des Kreisverkehrsplatzes:

- keine gezielte Verkehrsbeeinflussung möglich keine Bevorzugung öffentlicher Verkehrsmittel,
- Integration in Koordinierung von Lichtsignalanlagen nicht möglich,
- Blockierung des Kreisverkehrs durch starke Kraftfahrzeugströme oder starke, querende Fußgängerströme in den Zufahrten,
- größere Umwege für Fußgänger und Radfahrer,
- Unsicherheiten bei mehrstreifigen Kreisfahrbahnen und Zufahrten,
- problematisch im Zuge von Straßen mit überwiegend planfreien Knotenpunkten,
- bei bewegter Topographie in der Regel zu große negative Querneigungen.

Nach der Größe des Aussenkreisdurchmessers werden unterschieden:

Großer Kreisverkehrsplatz: wobei $D > 40$ (35) m

Kleiner Kreisverkehrsplatz: wobei $22 \text{ m} < D < 40$ (35) m

Minikreisverkehrsplatz: wobei $14 \text{ m} < D < 24$ m

(*D*: Außendurchmesser)

Die Anwendungsbereiche von Kreisverkehrsplätzen zeigt das Bild II/1.24.

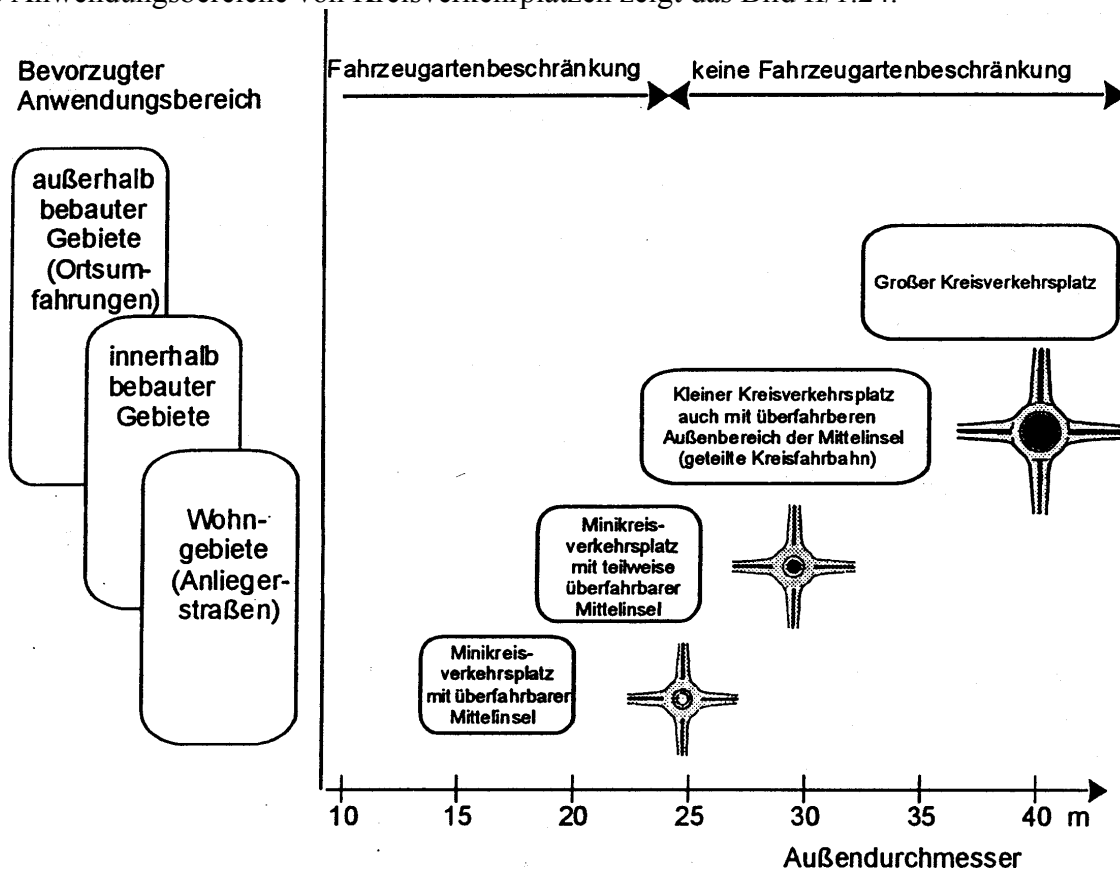


Bild II/1.24.: Anwendungsbereiche des Kreisverkehrs in Anhängigkeit des Außendurchmessers

2.5. BERECHNUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON KNOTENPUNKTEN OHNE LICHTSIGNALANLAGEN

Der Grund der Dimensionierung ist, daß der Verkehr in der Hauptverkehrsrichtung ohne Verzögerung abfließt. Anhand von dem Maß des Verkehrs in der Haupttrichtung und von der Anzahl der Fahrspuren kann die zulässige Verkehrstärke der Nebenströmungen bestimmt werden.

Der Zeitbedarf der einzelnen Fahrbewegungen im Knotenpunkt ist die Zwischenzeit. Die erforderliche Zwischenzeit (*határidőköz*, t_h , [sec]) ist die Funktion der Fahrbewegung, der Anzahl der Fahrspuren und der Geschwindigkeit, und kann nach der Tabelle II/1.3. bestimmt werden. Die zulässige Verkehrstärke kann anhand von dem Hauptverkehrsstärke und von der Zwischenzeit berechnet werden (Bild II/1.25.).

Erforderliche Zwischenzeit [sec]	$v_{\max}=50-60$ [km/h]		$v_{\max}=90$ [km/h]	
	Anzahl der Fahrspuren in der Hauptrichtung			
	2	4	2	4
Fahrbewegung des Nebenstrom				
Rechtseinbieger aus der Nebenstraße				
"Vorfahrt"	5	5	6	6
"Stop"	6	6	7	7
Linksabbieger von der Hauptstraße	5	5,5	5,5	6
Kreuzen aus der Nebenstraße				
"Vorfahrt"	6	6,5	7	8
"Stop"	7	7,5	8	9
Linkseinbieger aus der Nebenstraße				
"Vorfahrt"	6,5	7	8	9
"Stop"	7,5	8	9	10

Tabelle II/1.3.: Festlegung der Zwischenzeit

Um die Beziehungen zwischen den obengenannten Verkehrsströmen (die Vorfahrt haben und die Vorfahrt gewähren müssen) zu erleuchten, nehmen wir das Beispiel einer einfachen Strasseneinmündung (Bild II/1.26.) in Ortsgebiet (d.h. $v_{\max}=50-60$ km/h). Aus der Nebenstrasse kommt Strom N_{links} und N_{rechts} .

Verkehrsstrom N_{links} muss Vorfahrt gewähren für die erforderliche Zwischenzeit wird

$H_{A\text{-vorw}}$, $H_{A\text{-links}}$ und $H_{B\text{-vorw}}$,
6,5 sec;

Verkehrsstrom N_{rechts} muss Vorfahrt gewähren für die erforderliche Zwischenzeit wird

$H_{B\text{-vorw}}$,
5 sec.

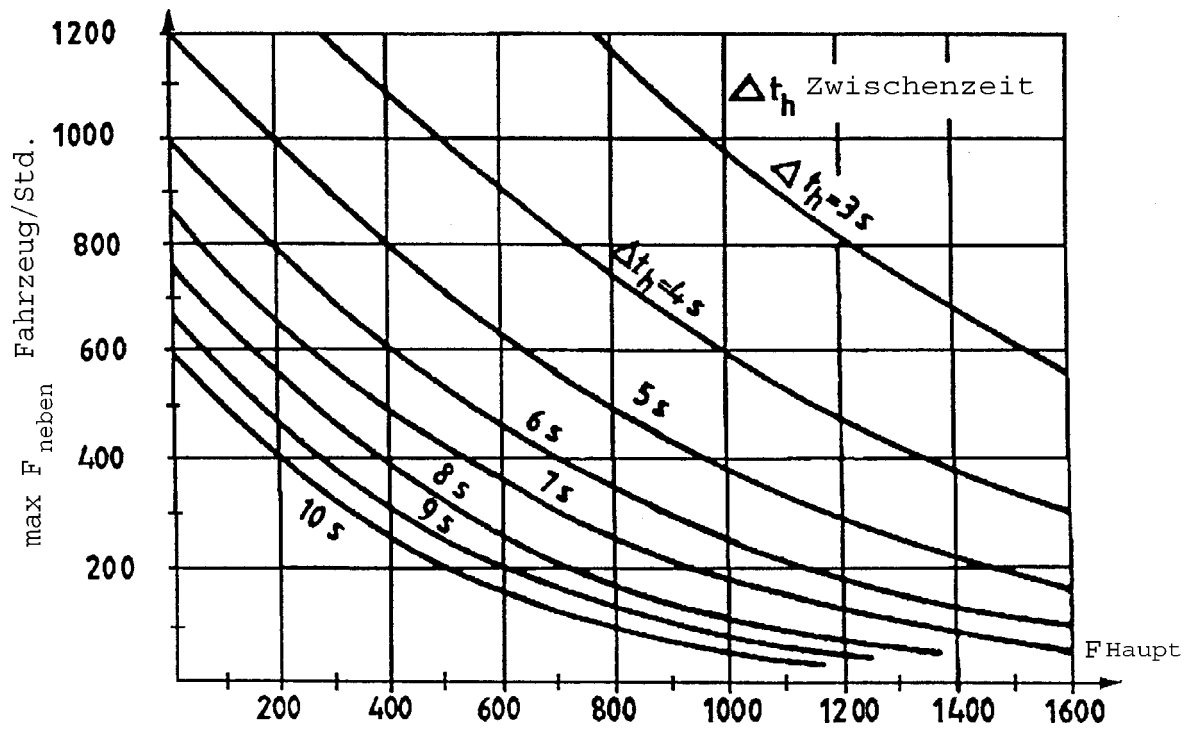


Bild II/1.25.: Ermittlung der zulässigen Verkehrsstärke

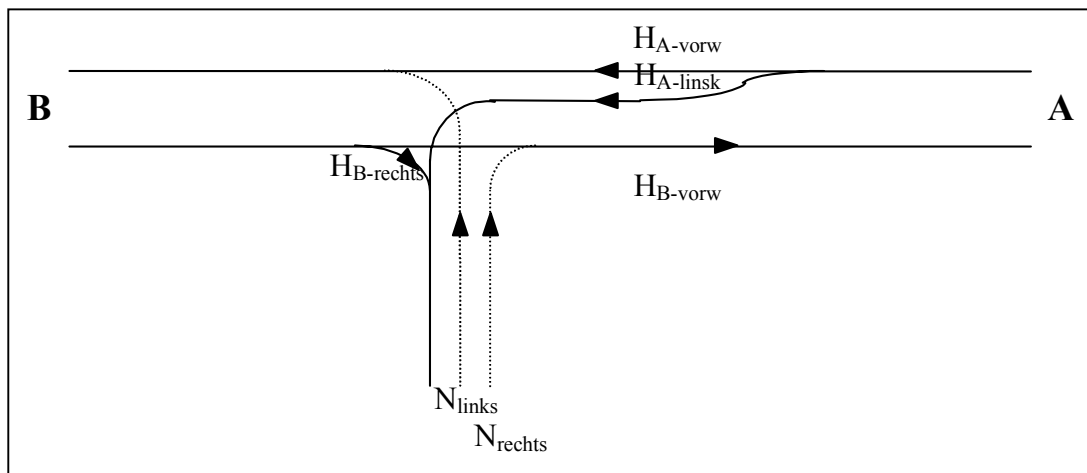


Bild II/1.26.: Vorrangige Verkehrsströme

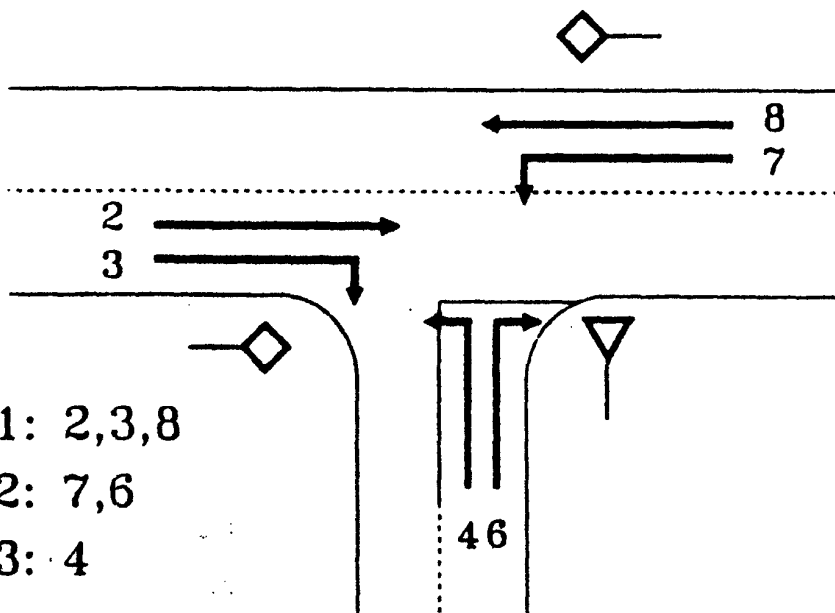
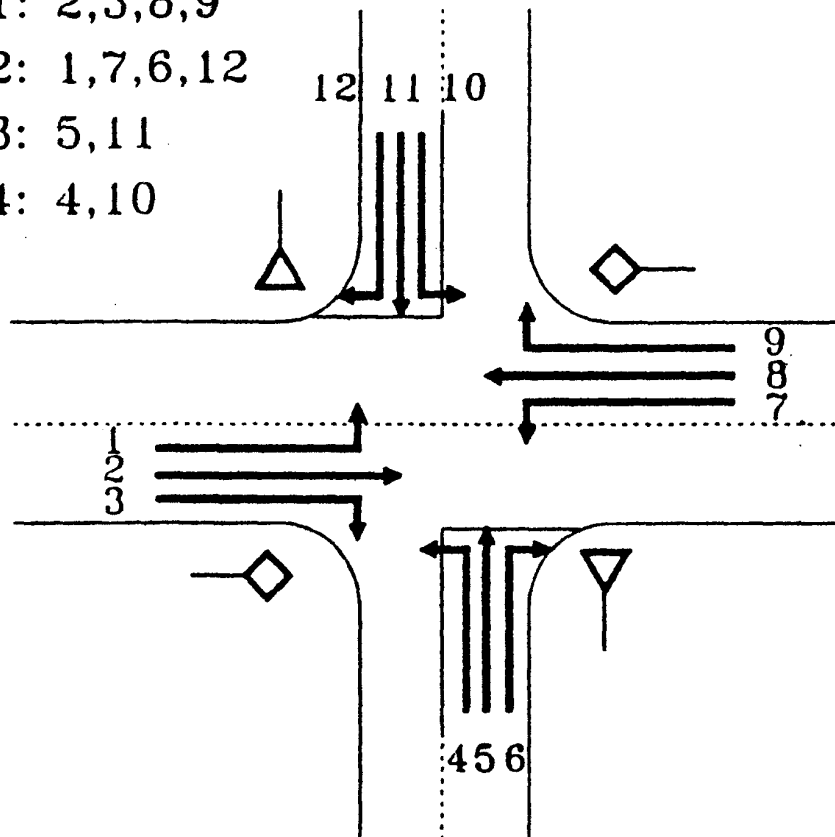
Die allgemeine Situation der Verkehrsströme am Knotenpunkt ohne Lichtsignalanlage faßt das Bild II/1.27. zusammen.

Rang 1: 2,3,8,9

2: 1,7,6,12

3: 5,11

4: 4,10



Rang 1: 2,3,8

2: 7,6

3: 4

Bild II/1.27.: Verkehrsströme in einem Knotenpunkt

2.6. KNOTENPUNKTE MIT LICHTSIGNALSTEUERUNG

2.6.1. Bemessung der Lichtsignalsteuerung

Das Prinzip des Bemessungsvorganges ist, daß die Grundkapazität des Knotenpunktes größer sein soll, als die maßgebende Verkehrsgröße aller Richtungen. In einer Planungsperiode von fünf Jahren beträgt die Grundkapazität den üblichen Wert ($K_{0,\bar{i}}$) von fünfzehn Jahren den optimalen Wert ($K_{0,opt}$).

$$K_{0,\bar{i}} \text{ bzw. } K_{0,opt} > \Sigma F_{i,max}$$

$$K_{0,\bar{i}} = F_{ges} \left(1 - \frac{120 \cdot \Sigma t_z}{t_p^2}\right) \quad K_{0,opt} = F_{ges} \left(1 - \frac{1,5 \cdot \Sigma t_z + 5}{t_p}\right)$$

Wobei:

$\Sigma F_{i,max}$

maßgebende Verkehrsgröße aus Richtung "i,"

F_{ges}

die gesättigte Verkehrsgröße (1800 Einheit Fz/Std),

Σt_z

die Summe der Zwischenzeiten (*köztesidő*),

t_p

Periodenzeit (*periódusidő*).

Mit durchschnittlichen Werten ($t_z = 5$ s, $t_p = 90$ s) berechnet ergibt sich die Tabelle II/1.4:

Phasenanzahl	$K_{0,opt}$ [E/Std]	$K_{0,\bar{i}}$ [E/Std]
2	1400	1500
3	1250	1400
4	1100	1250

Tabelle II/1.4.: Übersicht der Phasenzahlen

Die tatsächliche Kapazität wird nach der Erfahrung berechnet, daß die Folgezeit zwischen zwei Fahrzeugen 2 sec. ist.

$$K = \frac{t_p - \Sigma t_{zi}}{2} \cdot \frac{3600}{t_p} \text{ [E/Std]}$$

Die Periodenzeit ist die Summe der Grün- und Zwischenzeiten:

$$t_p = \Sigma t_{gi} + \Sigma t_{zi}$$

wobei:

t_{zi}

Zwischenzeit der Phase "i",

t_{gi}

Grünzeit der Phase "i" ist:

$$t_{gi} = \frac{F_{mi}}{F_{ges}} \cdot t_p$$

wobei:

F_{mi} der maßgebende Verkehrsstärke der Phase "i" in einem Fahrspur und
 F_{ges} die gesättigte Verkehrsgröße (1800 Einheit Fz/Std) ist.

Führen wir die Folgenden ein:

$$y_i = \frac{F_{mi}}{F_{ges}} \quad Y = \sum y_i \quad V = \sum t_{zi}$$

folgt:

$$t_p = \sum t_{gi} + \sum t_{zi} = \sum \left(\frac{F_{mi}}{F_{ges}} \cdot t_p \right) + \sum t_{zi} = t_p \cdot Y + V$$

$$t_p = \frac{V}{1 - Y} = t_{p \min}$$

Das ist eigentlich die minimale Periodenzeit. Es muss erst mit einem Faktor multipliziert werden, um ein ausreichendes Niveau bekommen können:

$$t_p = t_{p \min} \sqrt{\frac{120 \cdot (1 - Y)}{V}} \quad \text{folgt:}$$

$$t_p = \frac{V}{1 - Y} \sqrt{\frac{120(1 - Y)}{V}} = \sqrt{\frac{120 \cdot V}{1 - Y}} = \sqrt{120 \cdot t_{p \min}}$$

Die Länge der Periodenzeit darf 120 sec nicht überschreiten.

Die einzelnen *Grünzeiten* können folgenderweise bestimmt werden:

$$t_{gi} = \frac{y_i}{Y} \cdot (t_p - V)$$

Zur Berechnung der Periodenzeit muss man auch die Länge der *Zwischenzeit* kennen.

Die *Zwischenzeit* wird folgenderweise bestimmt (s. Bild II/1.28.):

$$t_{zwischen} = t_{durch} + t_{aus} - t_{ein}$$

Die Durchgangszeit (t_{durch}) ist gleich der Länge des Durchgangsignals:

bis 60 km/h	3 sec,
über 60 km/h	5 sec.

Bei der Bestimmung der Ausfahrzeit (t_{aus}) muss die Länge der Ausfahrstrecke erhöht werden:

Bei Kraftfahrzeugen mit	6 m,
bei Radfahrern mit	3 m,
bei Straßenbahnen mit	2/3 der Fahrzeuglänge, so folgt

$$t_{aus} = \frac{s_{aus} + 6}{v_{aus}}$$

wobei v_{aus} ist gleich

bei Kraftfahrzeugen	10 m/s,
bei Radfahrern	4 m/s.

Die Einfahrzeit wird nach der Einfahrstrecke und der Einfahrtgeschwindigkeit bestimmt:

$$t_{ein} = \frac{s_{ein}}{v_{ein}}$$

wobei v_{ein} ist gleich

bei Kraftfahrzeugen 14 m/s,
bei Radfahrern 6 m/s.

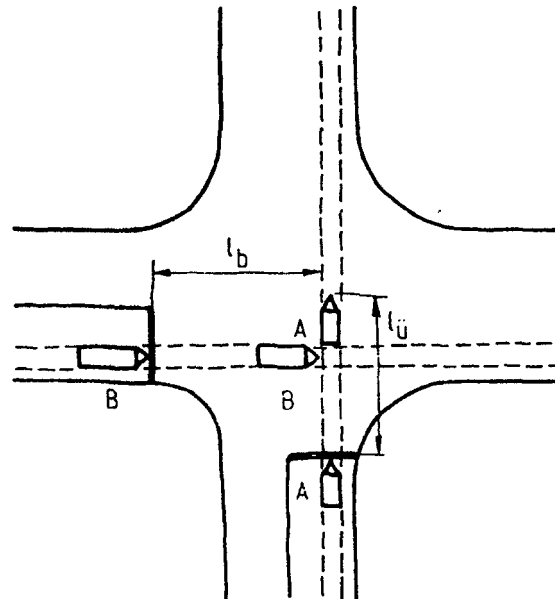


Bild II/1.28.: Ermittlung der Zwischenzeiten

In der Praxis wird die Periodenzeit nach der Anzahl der Phasen bestimmt:

Anzahl der Phasen	Periodenzeit (s)
2	40-60
3	60-90
4	90-120

Tabelle II/1.5.: Länge der Periodenzeit in Abhängigkeit der Anzahl der Phasen

2.6.2. Die Bestimmung der Aufstellstrecke

Wir nehmen an, dass die Fahrzeuge die Kreuzung gleichmäßig annähern. Wenn die Verkehrsgröße Q [Einheit Fz/Std], die Periodenzeit p [sec] und die Grünzeit g [sec] sind, in einer Periode nähern sich

$$\frac{Q}{3600} \cdot p \text{ Fahrzeuge an die Kreuzung;}$$

$$\frac{p-g}{p} \text{ Teil dieser Fahrzeuge müssen an der Kreuzung anhalten;}$$

dieses Teil bedeutet in einer Periode $\frac{Q}{3600} \cdot p \cdot \frac{p-g}{p} = \frac{Q}{3600} \cdot (p-g)$ Fahrzeugen.

Z.B. falls ein Kraftfahrzeug 6 m lang ist, die Länge der Aufstellstrecke beträgt:

$$l = \frac{Q}{600} (p-g)$$

Wegen der Sicherheit planen wir mit 20 % Überschuss, weil die Fahrzeuge eigentlich nicht gleichmäßig an die Kreuzung kommen. So kann man vermeiden, dass die Fahrzeuge an dem Nachbarknotenpunkt Stau verursachen.