

Plangleiche Knotenpunkte

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Küchler

▶ Plangleiche Knotenpunkte | Gliederung / Zeitplan

- 09:00 – 10:30 Grundlagen
Einmündungen / Kreuzungen ohne LSA
- 10:30 – 11:00 Pause
- 11:00 – 12:30 Kreisverkehre
- 12:30 – 13:30 Mittagspause
- 13:30 – 15:00 Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage

▶ Plangleiche Knotenpunkte

1. Grundlagen

▶ Arten von Knotenpunkten



- Abwicklung in einer Ebene: Plangleicher Knotenpunkt
- Abwicklung in ≥ 2 Ebenen: Planfreie Knotenpunkte

▶ Formen plangleicher Knotenpunkte

Kreuzungen und Einmündungen mit / ohne LSA



Kreuzung

Einmündung

Kreisverkehre

▶ Plangleiche Knotenpunkte

Betriebsweisen und Vorfahrtregelungen

- ▶ rechts-vor-links
- ▶ Vorfahrtregelnde Beschilderung
- ▶ Lichtsignalanlage



StVO § 8 Vorfahrt: An Kreuzungen und Einmündungen hat die Vorfahrt, wer von rechts kommt. Das gilt nicht, wenn die Vorfahrt durch Verkehrszeichen besonders geregelt ist (Zeichen 205, 206, 301, 306) oder für Fahrzeuge, die aus einem Feld- oder Waldweg auf eine andere Straße kommen. Lichtzeichen gehen Vorrangregeln, vorrangregelnden Verkehrsschildern und Fahrbahnmarkierungen vor (§37).

▶ Richtlinien, Merkblätter, Hinweise

- Entwurf von Einmündungen und Kreuzungen

Richtlinien für die Anlage von Straßen,
Teil: Plangleiche Knotenpunkte, RAS-K-1

Rast - Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen

- Entwurf von Kreisverkehren

Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren

▶ Richtlinien, Merkblätter, Hinweise

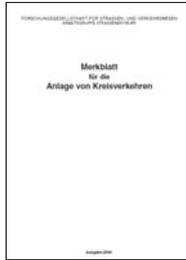
- Leistungsfähigkeitsberechnung



**Handbuch für die Bemessung von
Straßenverkehrsanlagen**

Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen, Ausgabe 2001

▶ Richtlinien, Merkblätter, Hinweise



Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren

Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2006



Leitfaden zur Qualitätssicherung bei Planung, Bau und Betrieb von Kreisverkehren

Hrsg.: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen

▶ Richtlinien, Merkblätter, Hinweise



Der Kreisverkehr

Hrsg.: ADAC, 2005



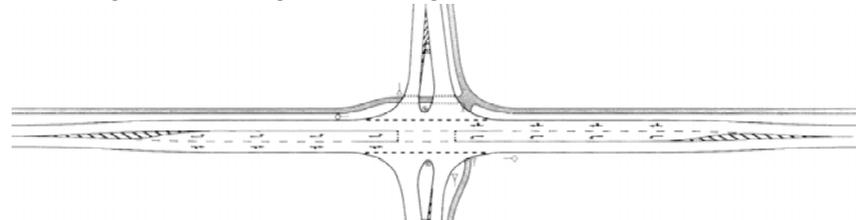
Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini-Kreisverkehrsplätzen

Hrsg.: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW, 1999

▶ Grundformen pangleicher Knotenpunkte

Grundform I

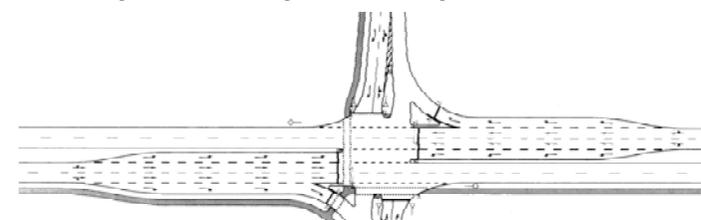
Kreuzung / Einmündung von 2-streifigen Straßen



▶ Grundformen pangleicher Knotenpunkte

Grundform II

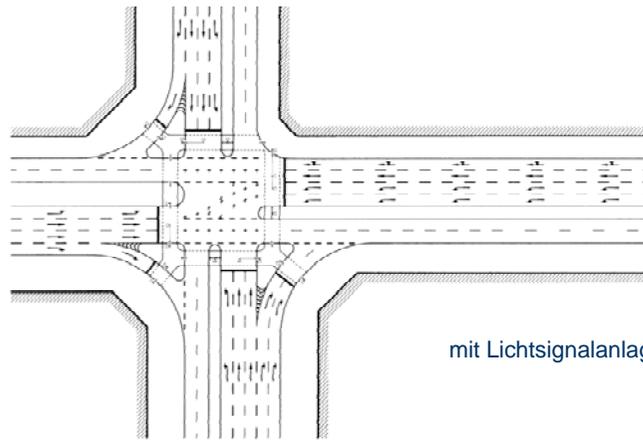
Kreuzung / Einmündung von 2-bahnigen Straßen mit 2-streifigen Straßen



Grundformen plangleicher Knotenpunkte

Grundform III

Kreuzung / Einmündung von zwei 2-bahnigen Straßen

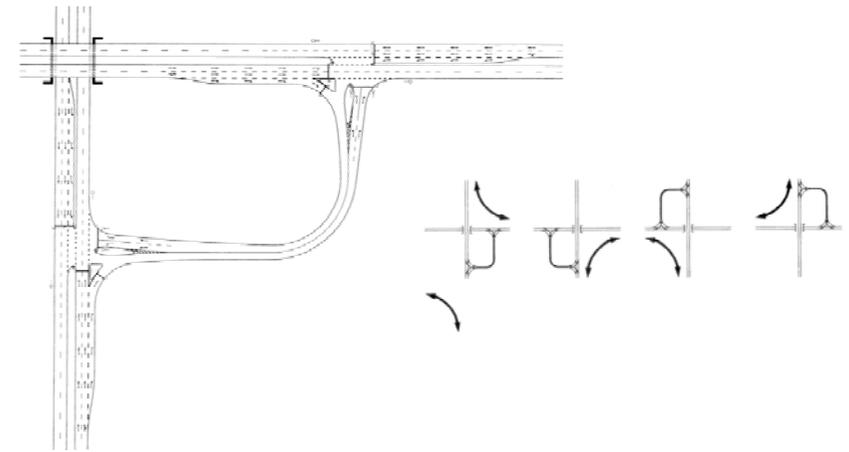


mit Lichtsignalanlage

Grundformen plangleicher Knotenpunkte

Grundform IV

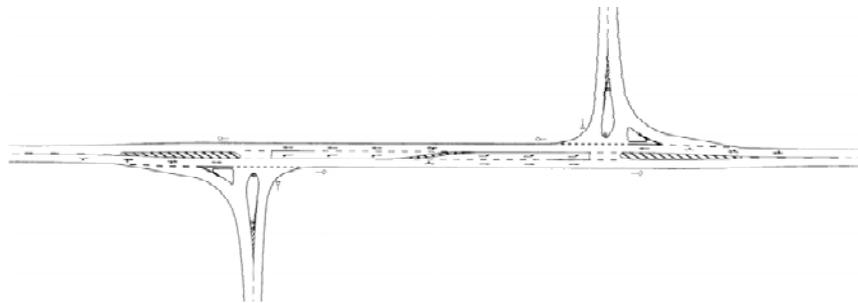
Teilplanfreie Kreuzung von 2-streifigen oder 2-bahnigen Straßen



Grundformen plangleicher Knotenpunkte

Grundform V

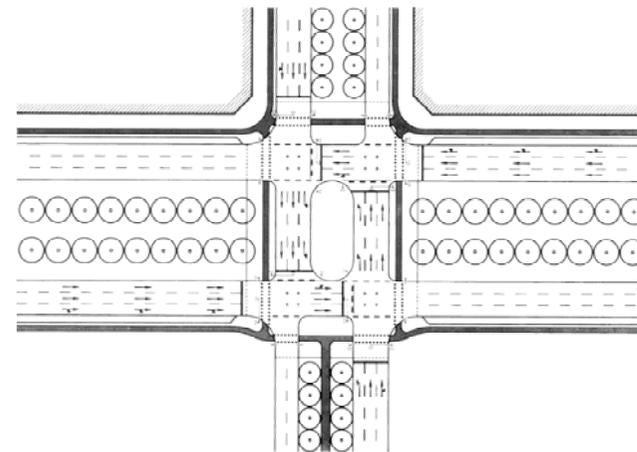
Kreuzung 2-streifiger Straßen mit Versatz



Grundformen plangleicher Knotenpunkte

Grundform VI

Aufgeweitete Einmündung / Kreuzung

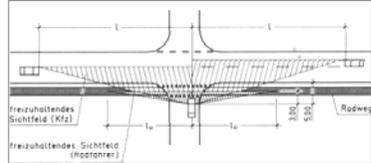


Grundformen plangleicher Knotenpunkte

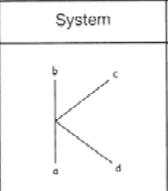
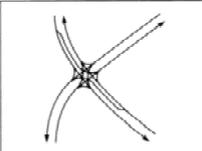
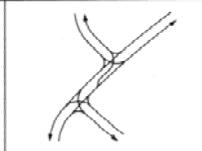
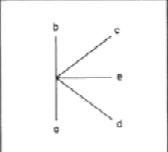
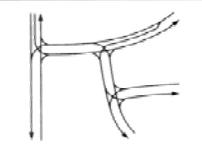
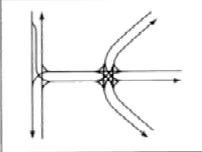
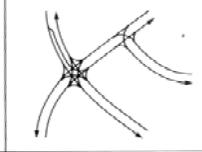
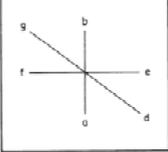
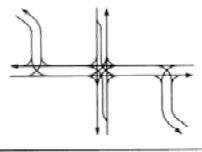
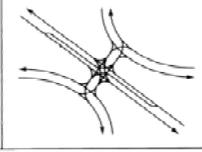
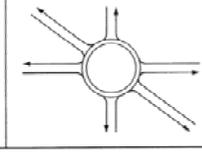
Grundform VII Kreisverkehre



Anforderungen an plangleiche Knotenpunkte

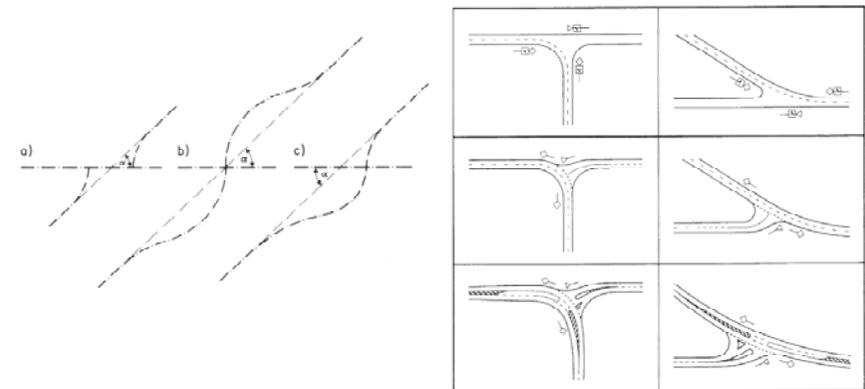
sicher	leistungsfähig	wirtschaftlich	umfeldgerecht
erkennbar übersichtlich begreifbar befahrbar	Anzahl Spuren Betriebsweise	Flächenbedarf Ausbaustandard	Gestaltung Knotenpunktform
			

Grundformen plangleicher Knotenpunkte

System	in Grundformen aufgelöste Systeme		
			
			
			

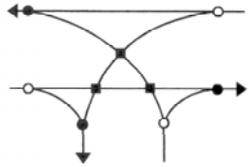
Grundformen plangleicher Knotenpunkte

In Knotenpunkten sollen die Achsen sich kreuzender Straßen möglichst senkrecht aufeinander stehen



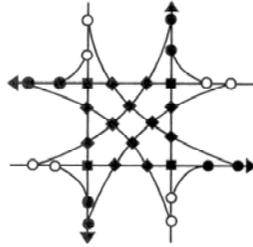
Plangleiche Knotenpunkte

Einmündung



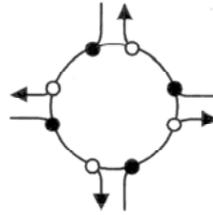
9 Konfliktpunkte

Kreuzung



32 Konfliktpunkte

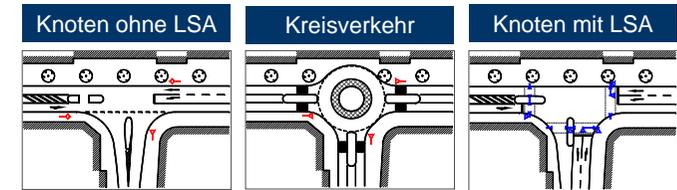
Kreisverkehr



8 Konfliktpunkte

■ Kreuzungspunkte ● Einfädelungspunkte ○ Ausfädelungspunkte

Plangleiche Knotenpunkte



Sicherheit

relativ geringe Unfallhäufigkeit

geringe Unfallhäufigkeit und Unfallschwere

relativ geringe Unfallhäufigkeit

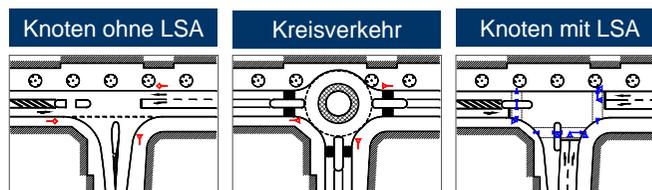
Leistungsfähigkeit

≤ 12.000 Kfz/Tag

≤ 25.000 Kfz/Tag (1-spuriger Kreisel)
< 40.000 Kfz/Tag (2-spuriger Kreisel)

≥ 30.000 Kfz/Tag
Abhängig von der Anzahl der Spuren

Plangleiche Knotenpunkte



Unterhaltungskosten

relativ geringe Unterhaltungskosten

relativ geringe Unterhaltungskosten

5.000 - 10.000 € pro Jahr

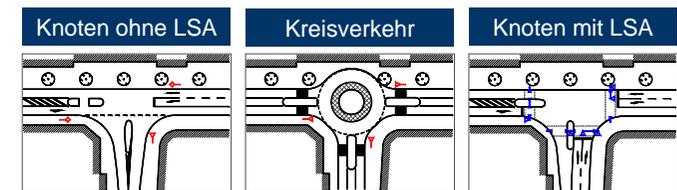
Bevorrechtigung von Strömen

Bevorrechtigung der durchgehenden Fahrbahn

Keine Bevorrechtigung möglich

Bedingte Bevorrechtigung z.B. Grüne Welle

Plangleiche Knotenpunkte



Abbiegespuren

In der Regel erforderlich

Nicht erforderlich

In der Regel erforderlich

ÖPNV Bevorrechtigung

Nur in der bevorrechtigten Richtung

Keine Bevorrechtigung möglich

Bevorrechtigung durch Signalprogramm

Plangleiche Knotenpunkte

	Knoten ohne LSA	Kreisverkehr	Knoten mit LSA
Stauraumkontrolle / Pflöchneranlage	nicht möglich	nicht möglich	möglich durch verkehrsabhängige Steuerung
Anpassung an veränderliche Belastungen	nur innerhalb der Leistungsfähigkeit Signalisierung	nur innerhalb der Leistungsfähigkeit	möglich durch verkehrsabhängige Steuerung

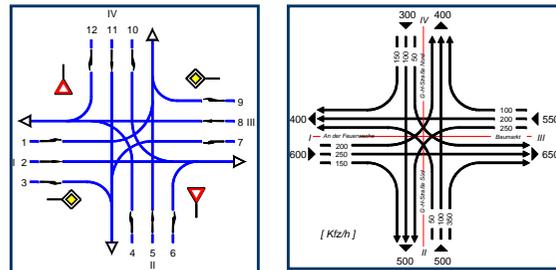
Plangleiche Knotenpunkte

	Knoten ohne LSA	Kreisverkehr	Knoten mit LSA
Erhöhung der Leistungsfähigkeit	Bedingt möglich nachträgliche Signalisierung	Knotenpunktausbau nur bedingt möglich (Bypass)	Signalprogramm Spuraufteilung Knotenausbau
Knotenpunkt- und Platzgestaltung	nur begrenzt möglich	Gestaltung der Mittelinsel	nur begrenzt möglich

Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Verkehrsstärke / Verkehrsbelastung:

Anzahl der Fahrzeuge oder Fußgänger, die in einem bestimmten Zeitintervall die Verkehrsanlage benutzen



Knotenströme i

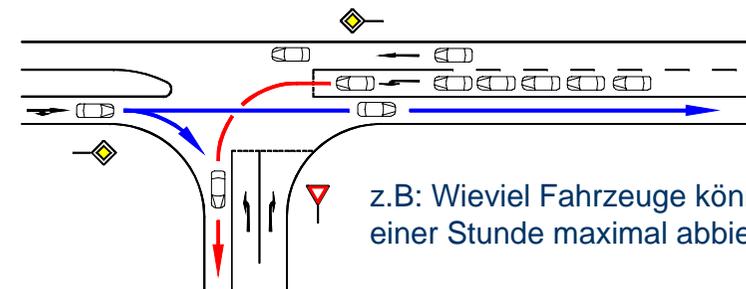
Knotenstrombelastungen q_i in Kfz/h

Ermittlung der Verkehrsbelastung: Zählung oder Modellrechnung

Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Leistungsfähigkeit:

Maximale Verkehrsstärke L_i eines Verkehrsstromes i unter den gegebenen baulichen, verkehrlichen und betrieblichen Bedingungen



z.B: Wieviel Fahrzeuge können in einer Stunde maximal abbiegen

Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Belastungsreserve

- Differenz aus Leistungsfähigkeit und Belastung

$$R = L - Q$$

Auslastungsgrad

- Quotient aus Belastung und Leistungsfähigkeit

$$a = Q / L$$

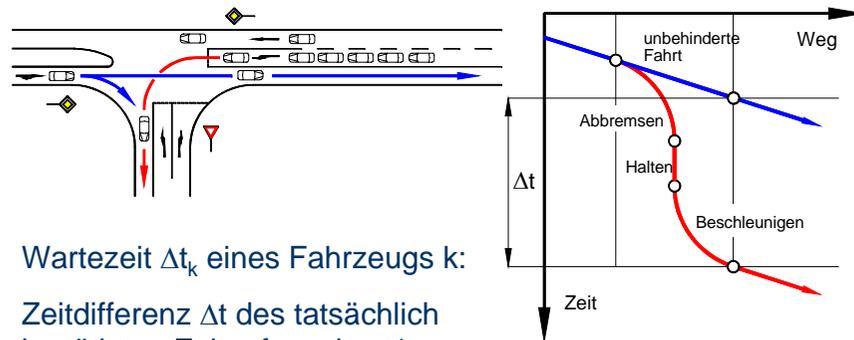
Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Qualität des Verkehrsablaufes

- Mittlere Wartezeit
- Rückstaulänge
- Anzahl der Halte
- Mittlere Reisegeschwindigkeit
- Überholmöglichkeiten
- Lärm- und Schadstoffemissionen
- Energieverbrauch

Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Mittlere Wartezeit



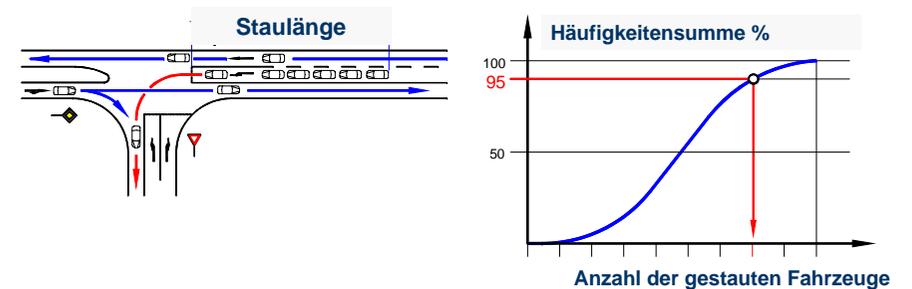
Wartezeit Δt_k eines Fahrzeugs k :

Zeitdifferenz Δt des tatsächlich benötigten Zeitaufwandes t_1 gegenüber einer unbehinderten Fahrt mit dem Zeitaufwand t_0

$$\bar{t}_w = \frac{\sum_{k=1}^q \Delta t_k}{q} \quad [\text{s}]$$

Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

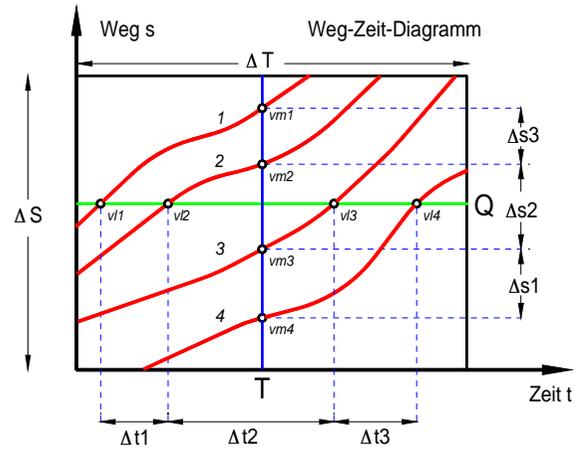
Rückstaulänge



Anzahl der gestauten Fahrzeuge N_{95} , die in 95% aller Fälle (Zeiten) unterschritten wird.

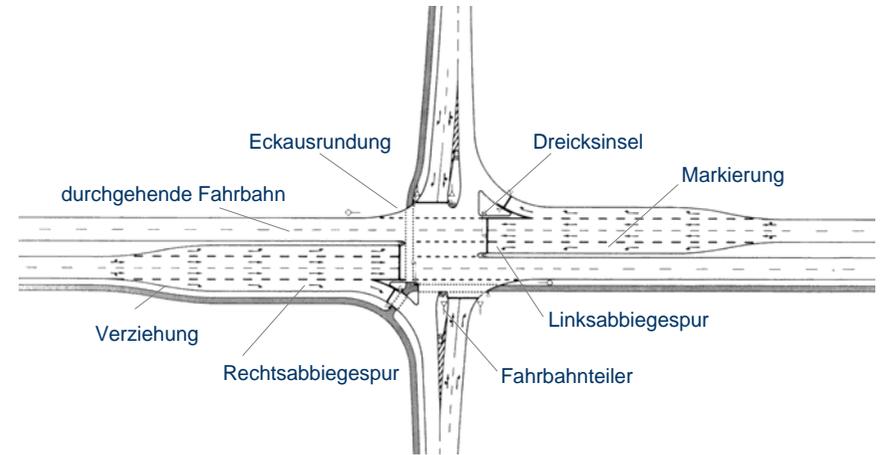
$$\text{Rückstaulänge } L_{\text{Stau}} = N_{95} * \text{lfz}; \text{ lfz} = 6,0 \dots 7,0 \text{ m}$$

Zeitlücken

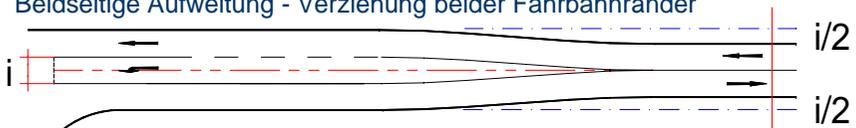


2. Einmündungen und Kreuzungen

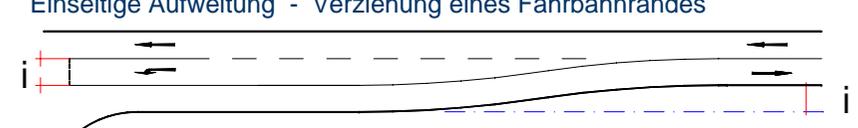
2.1 Entwurfsgrundlagen



Beidseitige Aufweitung - Verziehung beider Fahrhahnränder

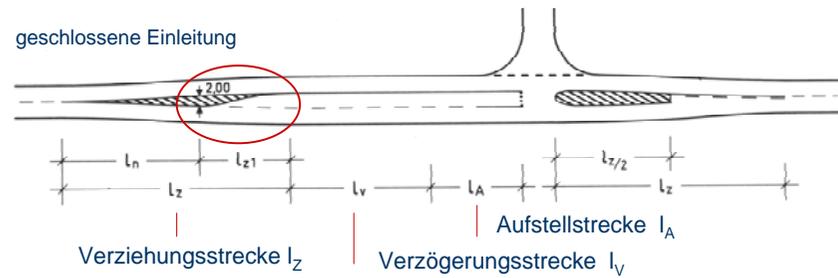


Einseitige Aufweitung - Verziehung eines Fahrhahnrandes



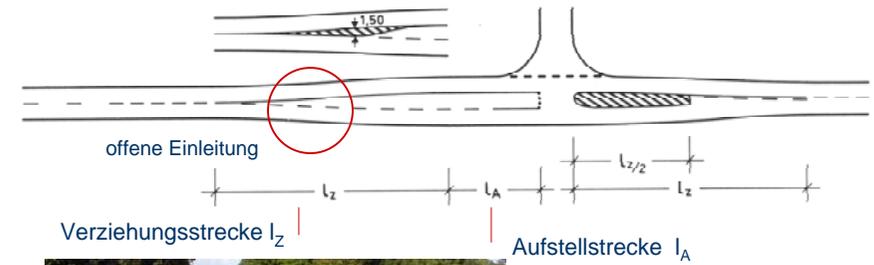
Formen von Linksabbiegespuren

Form 1: mit Verzögerungsstrecke und geschlossener Einleitung



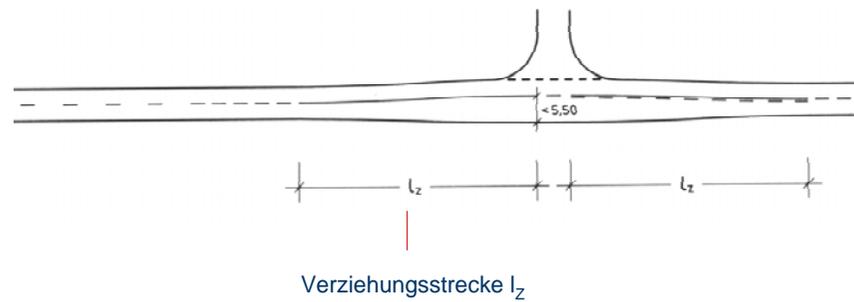
Formen von Linksabbiegespuren

Form 2: ohne Verzögerungsstrecke und in der Regel offener Einleitung



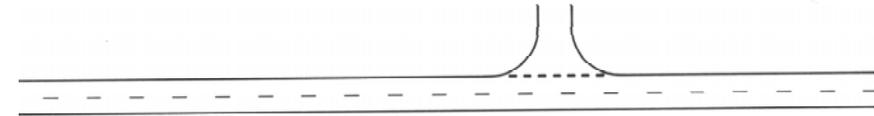
Formen von Linksabbiegespuren

Form 3: Aufstellbereich

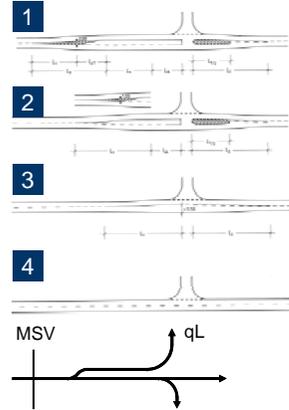


Formen von Linksabbiegespuren

Form 4: Keine bauliche Maßnahme



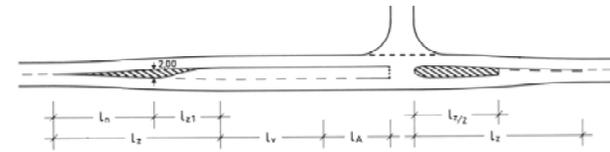
Formen von Linksabbiegespuren | Einsatzbereiche



Straßenkategorie	Verkehrsstärke MSV [Ktzh] in der Richtung, aus der abgelenkt wird						
	100	200	300	400	500	600	>600
A I großräumige Verbindung	②	②①	①	①	①	①	①
A II regionale Verbindung	②	②	②①	①	①	①	①
A III zwischengemeindliche Verbindung	③②	②	②	②①	①	①	①
A IV flächenschießende Verbindung	③	③②	②	②	②	②	②
A V untergeordnete Verbindung	④③	③	③②	②	②	②	②
B II Schnellverkehrsstraße	keine zweistreifigen Straßen						
B III Hauptverkehrsstraße	③	③	③②	②	②	②	②
B IV Hauptsammelstraße	④	④③	③	③②	②	②	②
C III Hauptverkehrsstraße	④	④	④③	③	③②	②	②
C IV Hauptsammelstraße	④	④	④	④③	③	③②	②

①, ②, ③, ④ ... Formen zur Führung der Linksabbieger
Anhaltspunkt für die Überlappungsbereiche:
 $q_a \geq 50$ Ktzh oder $V_{ab} - V_a > 20$ km/h: höherer Entwurfsstandard
 $q_a < 50$ Ktzh: niedrigerer Entwurfsstandard

Linksabbiegespuren | Verziehungsstrecken



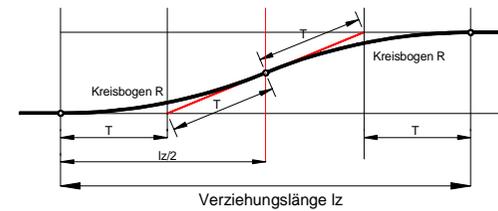
Verziehungsstrecke

$$l_z = v_e \cdot \sqrt{\frac{i}{3}} \quad [\text{m}]$$

$$v_e \quad \text{km/h}$$

$$l_z \quad [\text{m}]$$

$$i \quad [\text{m}]$$



Verbreiterungsmaß i

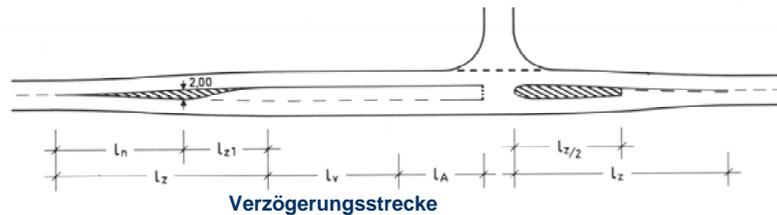
$$R = \frac{l_z^2 + i^2}{4 \cdot i}$$

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{l_z}{2 \cdot R}\right)$$

Verziehungskonstruktion mit Kreisbögen

Linksabbiegespuren | Verzögerungsstrecken

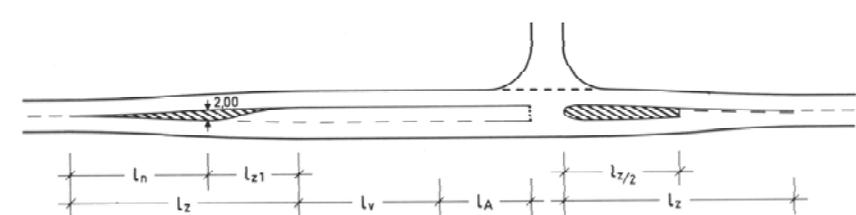


Verzögerungsstrecke

Verkehrsstärke in der Richtung aus der abgelenkt wird	Längsneigung s [%] und Geschwindigkeit V_a [km/h]																	
	$s \leq -4$				$-4 < s < 4$				$s \geq 4$									
q [Ktzh]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
≤ 400	0	10	20	35	50	65	0	10	15	20	30	40	0	5	10	15	20	30
> 400	0	25	40	60	80	105	0	20	30	40	55	75	0	15	20	30	40	55

Länge der erforderlichen Verzögerungsstrecke l_v

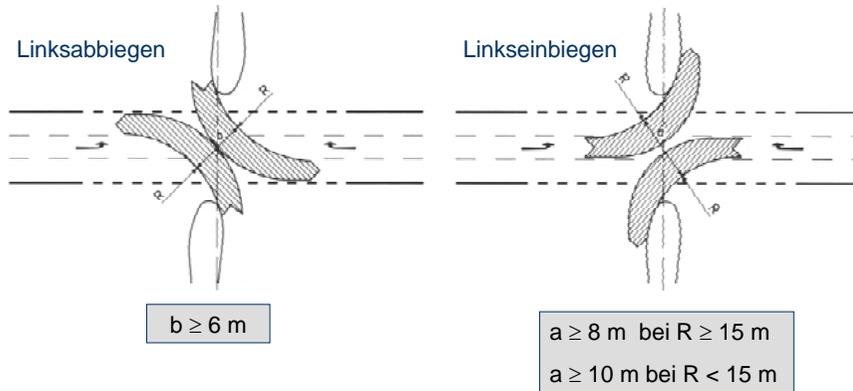
Linksabbiegespuren | Verzögerungsstrecken



Aufstellstrecke

- ▶ Regellänge außerorts: 20 m
- ▶ Mindestlänge außerorts: 10 m
- ▶ Bemessung nach Rückstaulänge

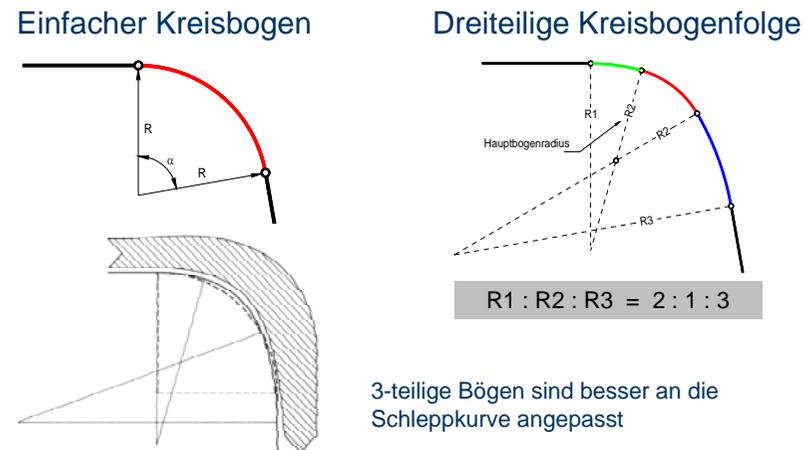
► Bewegungsräume für gleichzeitiges Linksabbiegen



► Formen von Rechtsabbiegespuren

(1) Eckausrundung	 klein z. B. $R = 8, 12$ oder $R_0 = 8$	 groß z. B. $R_0 = 12, 15$	 groß z. B. $R_0 = 15$ Fahrbahnteiler		
(2) Ausfahrkeil				 Sonderfall innerhalb bebau- ter Gebiete	 z. B. $I_0 = 35$ $R = 25$ Fahrbahnteiler Dreiecksinsel
(3) Rechtsabbiege- streifen	 z. B. $I = 50$ $R = 8, 12$, oder $R_0 = 8$		 z. B. $I = 50$ $R = 20$ Fahrbahnteiler	 Sonderfall innerhalb bebau- ter Gebiete	 z. B. $I = 100$ $R = 25$ Fahrbahnteiler Dreiecksinsel

► Eckausrundungen



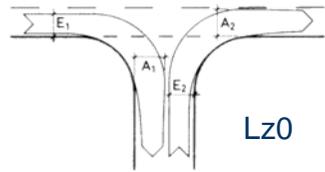
► Einsatzbereiche von Rechtsabbiegeformen

Straßenkategorie	Rechtsabbiegeformen						
	Eckausrundung klein z. B. $R = 8, 12$ oder $R_0 = 8$	Eckausrundung groß z. B. $R_0 = 12, 15$	Eckausrundung groß z. B. $R_0 = 15$ Fahrbahnteiler	Ausfahrkeil z. B. $I_0 = 35$ $R = 25$ Fahrbahnteiler Dreiecksinsel	Rechtsabbiegestreifen z. B. $I = 50$ $R = 8, 12$, oder $R_0 = 8$	Rechtsabbiegestreifen z. B. $I = 50$ $R = 20$ Fahrbahnteiler	Rechtsabbiegestreifen z. B. $I = 100$ $R = 25$ Fahrbahnteiler Dreiecksinsel
A I großräumige Verbindung	○	◐	●	●	○	●	●
A II regionale Verbindung	○	◐	●	●	○	●	●
A III zwischengemeindliche Verbindung	◐	◐	●	●	○	◐	◐
A IV flächenschließende Verbindung	◐	●	●	●	○	○	○
A V untergeordnete Verbindung	●	●	◐	○	○	○	○
B II Schnellverkehrsstraße	○	◐	●	●	◐	●	●*
B III Hauptverkehrsstraße	◐	●	●	◐*	◐	●	●*
B IV Hauptsammelstraße	◐	●	◐	○	●	◐*	◐*
C III Hauptverkehrsstraße	●	●	◐*	○	●	◐*	○
C IV Hauptsammelstraße	●	●	◐*	○	●	○	○

● anwendbare Formen
 ◐ beschränkt anwendbare Formen
 ○ in der Regel nicht anwendbare Formen
 * nur mit LSA zweckmäßig

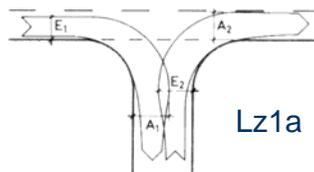
Bemessung von Eckausrundungen

0 ... ohne Mitbenutzung von Gegenfahrstreifen



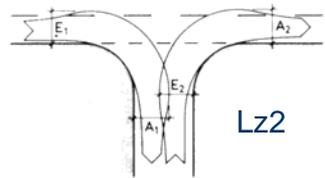
Lz0

1a Mitbenutzung von 1 Gegenfahrstreifen a) in der untergeordneten Straße



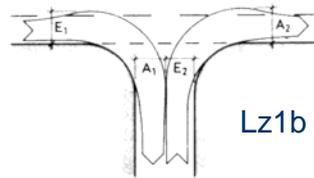
Lz1a

2 ... Mitbenutzung von 2 Gegenfahrstreifen



Lz2

1b Mitbenutzung von 1 Gegenfahrstreifen b) in der übergeordneten Straße



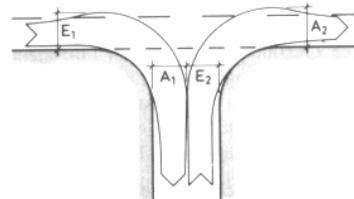
Lz1b

Bemessung von Eckausrundungen

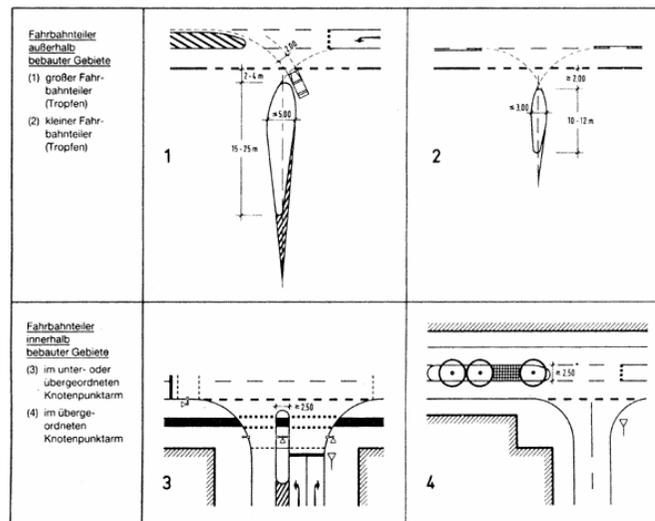
Straßenkategorie	übergeordnete Straße	untergeordnete Straße													
		A I	A II	A III	A IV	A V	B III	B IV	C III	C IV	D IV	D V	E V	E VI	
A I	großräumige Verbindung	Lz 0	Lz 0	Lz 0	Lz 0	Lz 1a	Lz 0	Lz 0	-	-	-	-	-	-	-
A II	regionale Verbindung	-	Lz 0	Lz 0	Lz 1a	Lz 1a	Lz 0	Lz 1a	-	-	-	-	-	-	-
A III	zwischenkommunale Verbindung	-	-	Lz 0	Lz 1	Lz 2	-	Lz 1	-	-	-	-	-	-	-
A IV	flächenschießende Verbindung	-	-	-	Lz 1	Lz 2	-	Lz 1	-	-	-	-	-	-	-
A V	untergeordnete Verbindung	-	-	-	-	Lz 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B III	Hauptverkehrsstraße	-	-	-	-	-	Lz 0	Lz 1 Bus 0	Lz 0	Lz 1 Bus 0	-	-	-	-	-
B IV	Hauptsammelstraße	-	-	-	-	-	-	Lz 1 Bus 0	-	Lz 1 Bus 0	-	-	-	-	-
C III	Hauptverkehrsstraße	-	-	-	-	-	-	-	Lz 0	Lz 1 Bus 0	Lz 1 Bus 0	3 Mü 1 2 Mü 0 Bus 1	3 Mü 1 2 Mü 0	3 Mü 1 2 Mü 0	3 Mü 1 2 Mü 0
C IV	Hauptsammelstraße	-	-	-	-	-	-	-	-	Lz 1 Bus 0	Lz 1 Bus 0	3 Mü 1 2 Mü 0 Bus 1	3 Mü 1 2 Mü 0	3 Mü 1 2 Mü 0	3 Mü 1 2 Mü 0

Bemessung von Eckausrundungen

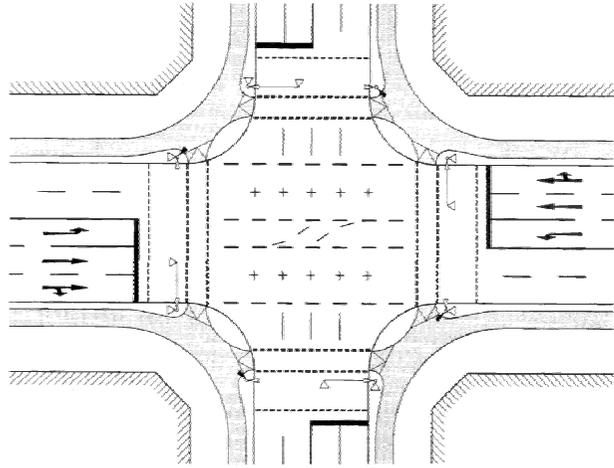
Verfügbare Breite im Einfahrquerschnitt E [m]	Erforderliche Breite im Ausfahrquerschnitt						
	2	4	6	8	10	12	15
2,75	16,30	13,70	11,20	8,80	7,10	5,90	4,30
	15,60	12,30	9,10	6,10	4,40	3,30	2,90
3,00	14,30 (12,80)	11,90 (10,40)	9,50 (7,80)	7,20 (6,10)	5,80 (5,60)	5,00	4,20
	13,70 (12,30)	10,70 (9,30)	7,90 (6,60)	5,30 (5,00)	4,10	3,30	2,90
3,25	13,20 (11,80)	10,90 (9,50)	8,50 (7,20)	6,50 (6,00)	5,50	4,80	4,10
	12,70 (11,30)	9,90 (8,60)	7,20 (6,10)	5,00 (4,80)	3,90	3,20	2,90



Fahrbahnteiler

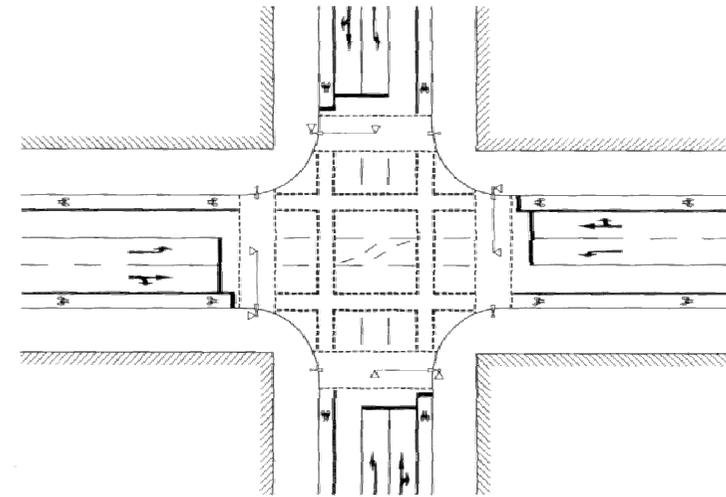


Radwegführung in Knotenpunkten

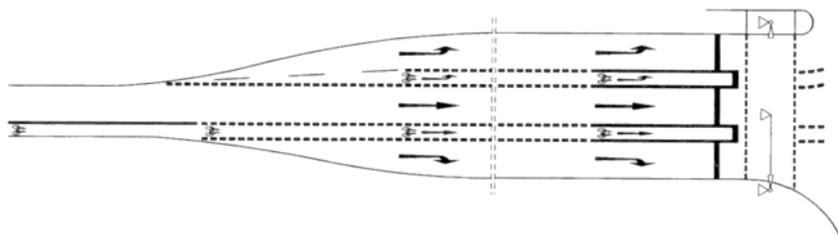


Beispiel einer umlaufenden Radverkehrsführung mit weit abgesetzten Radfahrstreifen an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage

Radwegführung in Knotenpunkten

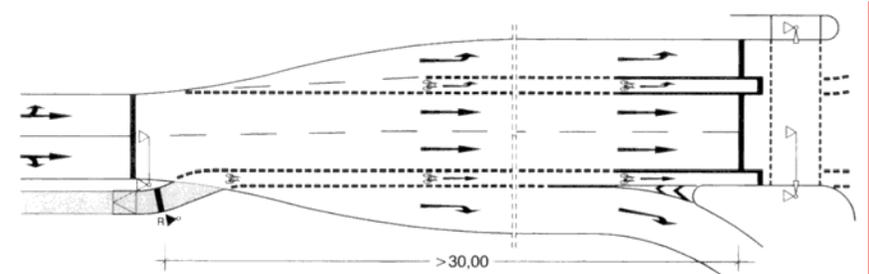


Radwegführung in Knotenpunkten



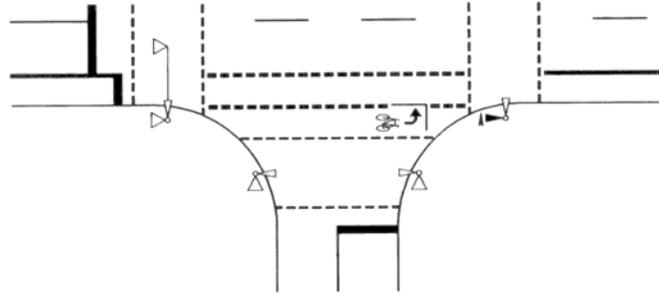
Beispiel für die Ausbildung von Radfahrstreifen an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage

Radwegführung in Knotenpunkten



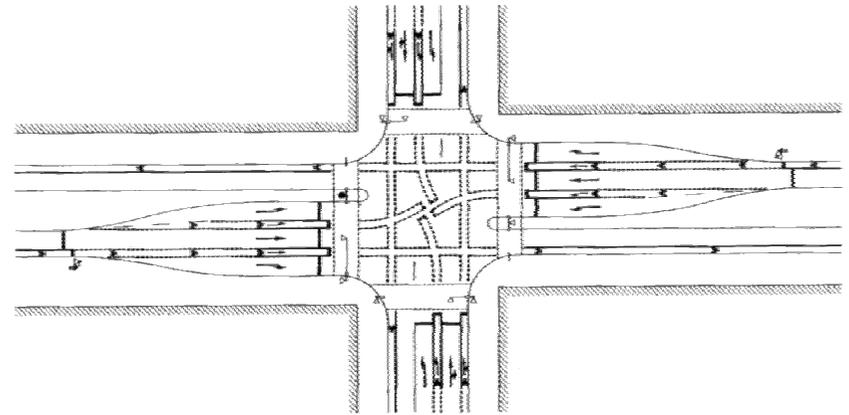
Beispiel einer Radfahrschleuse

Radwegführung in Knotenpunkten

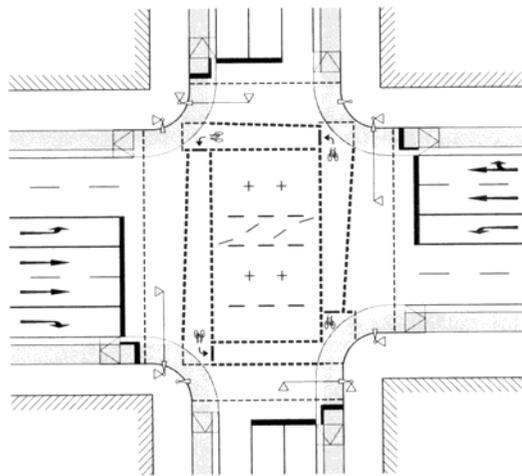


Beispiel eines Radfahrstreifens an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage und indirekter Führung linksabbiegender Radfahrer

Radwegführung in Knotenpunkten



Radwegführung in Knotenpunkten

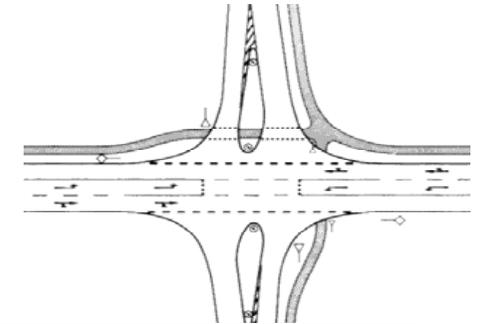


Beispiel einer umlaufenden Radverkehrsführung mit nicht abgesetzten Radfahrerturten an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage

2. Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

2.2 Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes

Vorfahrtregelnde Beschilderung



Zeichen 306
Vorfahrtstraße



Zeichen 301
Vorfahrt

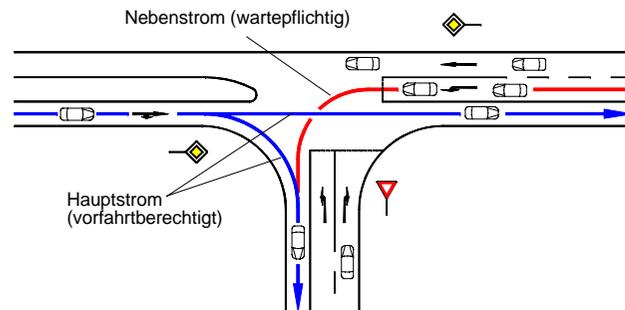


Zeichen 205
Vorfahrt gewähren



Zeichen 206
Halt! Vorfahrt gewähren

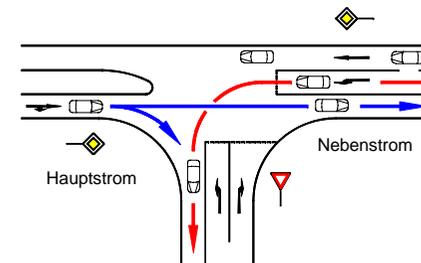
Verkehrsablauf an vorfahrtgeregelten Knotenpunkten



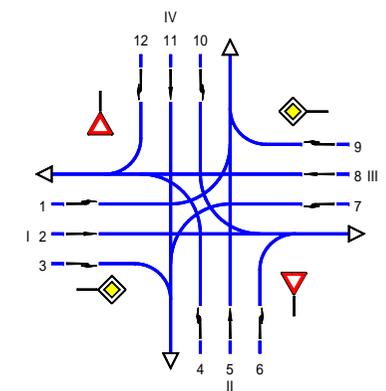
- Wieviel Zeitlücken treten im Hauptstrom auf?
- Wie sind die Zeitlücken hinsichtlich ihrer Größe verteilt?
- Wieviele Fahrzeuge des Nebenstroms nutzen eine bestimmte Zeitlücke im Hauptstrom?

Zeitlücken im Hauptstrom

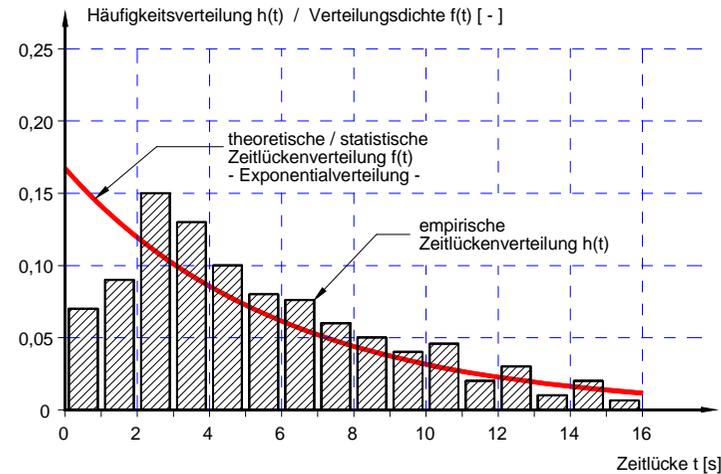
Anzahl der Zeitlücken = Verkehrsstärke des Hauptstromes q_H



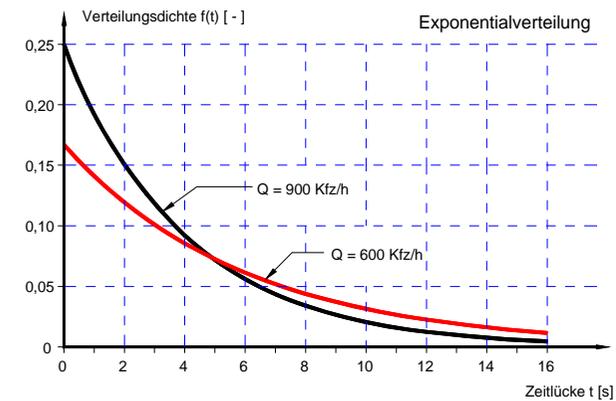
$$q_{H,7} = q_2 + q_3$$



Zeitlückenverteilung



Theoretische Zeitlückenverteilung - Verteilungsdichte



$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

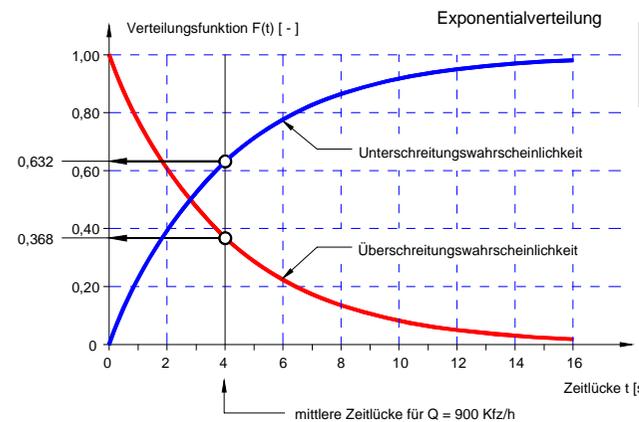
λ Intensität [Fz/s]

t Zeitlücke [s]

Erwartungswert
mittlere Zeitlücke [s]

$$E(t) = \bar{t} = \frac{1}{\lambda} \quad [s]$$

Theoretische Zeitlückenverteilung - Verteilungsfunktion



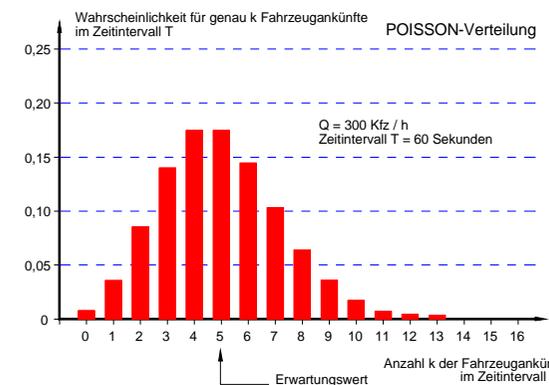
$$F(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$$

— F(t)
— 1 - F(t)

$P(T \geq 0) = 1$
 $P(T \geq \bar{t}) = 0,368$
 $P(T \leq \bar{t}) = 0,632$

mittlere Zeitlücke für Q = 900 Kfz/h

Verteilung der Fahrzeugankünfte – POISSON-Verteilung Wahrscheinlichkeitsfunktion



$$p(x = k) = e^{-m} \cdot \frac{m^k}{k!}$$

λ Intensität [Fz/s]

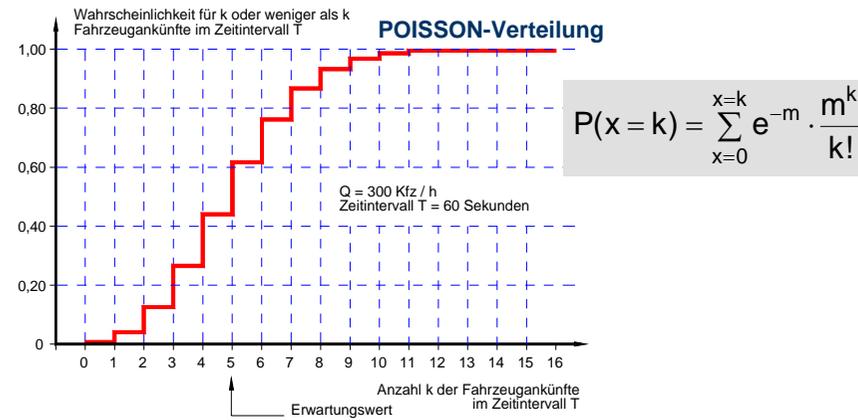
T Zeitintervall [s]

k Anzahl der
Fahrzeugankünfte in T
 m Erwartungswert

$$m = \lambda \cdot T = \frac{Q}{3.600} \cdot T$$

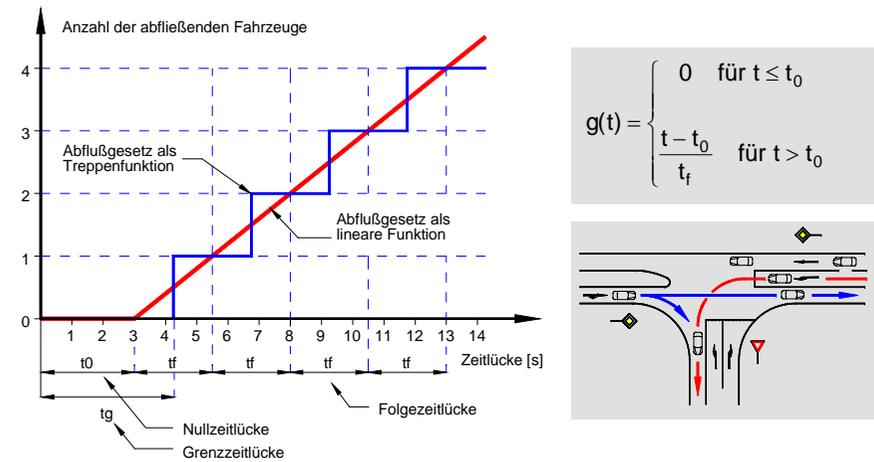
Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Verteilung der Fahrzeugankünfte – POISSON-Verteilung Verteilungsfunktion



Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Abflussmodell für nachgeordnete Ströme



Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Leistungsfähigkeitsgrundwert

Anzahl der Zeitlücken: Verkehrsstärke im Hauptstrom q_H

Zeitlückenverteilung: Exponentialverteilung $f(t)$

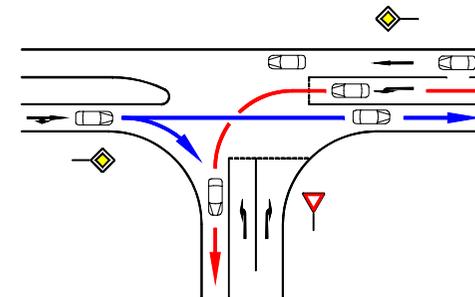
Zeitlückennutzung: Abflussmodell $g(t)$

Leistungsfähigkeitsgrundwert L_0

$$L_0 = q_H \cdot \int_{t_0}^{\infty} f(t) \cdot g(t) dt = \frac{3.600}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_H}{3.600} t_0}$$

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Leistungsfähigkeitsgrundwert



$$L_0 = \frac{3.600}{t_f} \cdot e^{-\lambda_H \cdot t_0}$$

λ_H Intensität des Hauptstromes [Kfz/s]

t_f Folgezeitlücke [s]

t_0 Nullzeitlücke [s]

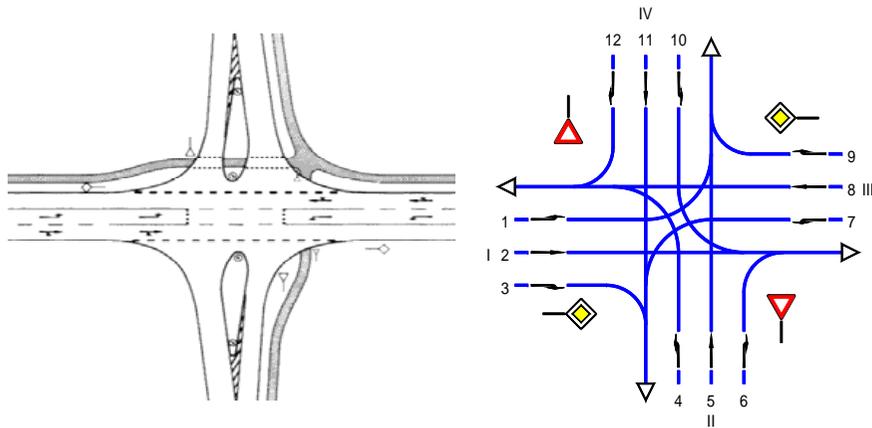
L_0 Leistungsfähigkeits-Grundwert in Pkw-E/h

Die Zeitlücken in einem Hauptstrom mit der Verkehrsstärke q_H können von maximal L_0 Fahrzeugen eines Nebenstromes zum Kreuzen oder Einfädeln genutzt werden.

Hauptstrom q_H in Kfz/h - Leistungsfähigkeits-Grundwert L_0 in Pkw-E/h

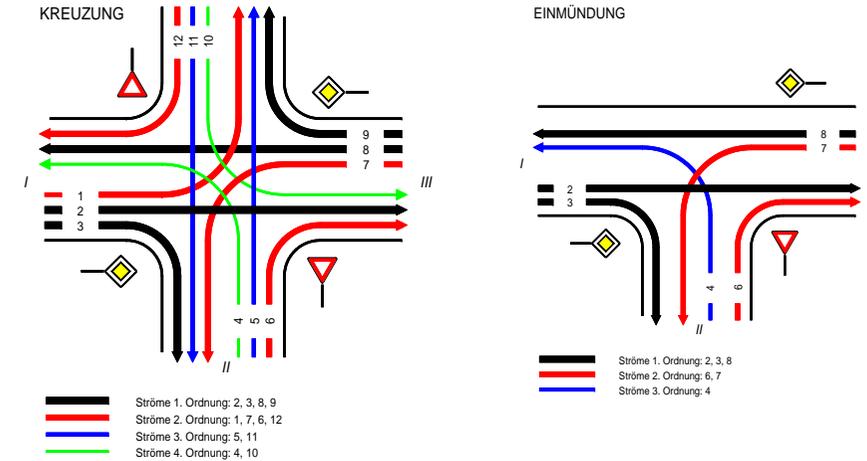
► Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Bezeichnung der Knotenströme



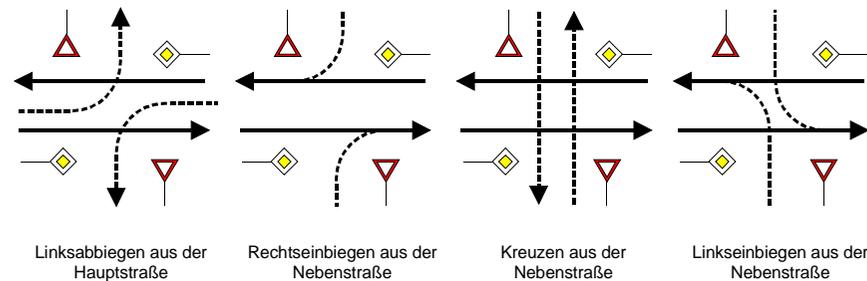
► Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Rangordnung der Knotenströme



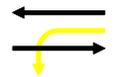
► Grundlagen des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten

Verkehrsvorgänge / Fahrmanöver



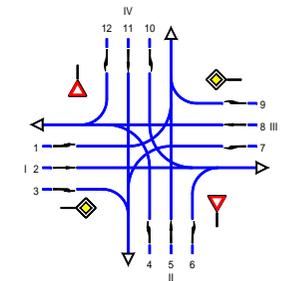
► Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Maßgebende Hauptströme - Linksabbiegen



Fahrmanöver	Strom	maßgebender Hauptstrom
Linksabbiegen	q1	q8 + q9 ¹⁾
	q7	q2 + q3 ¹⁾

1) Wird rechtsabbiegender Verkehr durch eine Dreiecksinsel abgetrennt und hat dieser ein „Vorfahrt beachten“-Schild, so brauchen q3 und q9 nicht berücksichtigt zu werden



Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

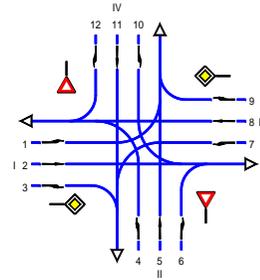
Maßgebende Hauptströme - Rechtseinbiegen



Fahrmanöver	Strom	maßgebender Hauptstrom
-------------	-------	------------------------

Rechtseinbiegen	q6	$q2 + 0,5 * q3^{3)}$
	q12	$q8 + 0,5 * q9^{3)}$

- 3) Ist eine bauliche Trennung für Rechtsabbieger vorhanden (Ausfahrkeil oder Rechtsabbiegespur), werden q3 und q9 nicht berücksichtigt.



Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

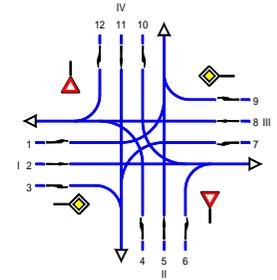
Maßgebende Hauptströme - Kreuzen



Fahrmanöver	Strom	maßgebender Hauptstrom
-------------	-------	------------------------

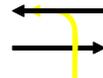
Kreuzen	q5	$q1+q2+0,5*q3^{3)}+q7+q8+q9^{1)}$
	q11	$q1+q2+q3^{1)}+q7+q8+0,5*q9^{3)}$

- 1) Wird rechtsabbiegender Verkehr durch eine Dreiecksinsel abgetrennt und hat dieser ein „Vorfahrt beachten“-Schild, so brauchen q3 und q9 nicht berücksichtigt zu werden
- 3) Ist eine bauliche Trennung für Rechtsabbieger vorhanden (Ausfahrkeil oder Rechtsabbiegespur), werden q3 und q9 nicht berücksichtigt.



Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

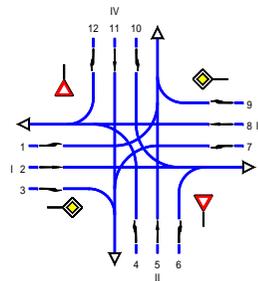
Maßgebende Hauptströme - Linkseinbiegen



Fahrmanöver	Strom	maßgebender Hauptstrom
-------------	-------	------------------------

Linkseinbiegen	q4	$q1+q2+0,5*q3^{3)}+q7+q8+q11+q12^{1)}$
	q10	$q1+q2+q5+q6^{1)}+q7+q8+0,5*q9^{3)}$

- 1) Wird rechtsabbiegender Verkehr durch eine Dreiecksinsel abgetrennt und hat dieser ein „Vorfahrt beachten“-Schild, so brauchen q3 und q9 nicht berücksichtigt zu werden
- 3) Ist eine bauliche Trennung für Rechtsabbieger vorhanden (Ausfahrkeil oder Rechtsabbiegespur), werden q3 und q9 nicht berücksichtigt.



Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Umrechnungsfaktoren Kfz/h in Pkw-E/h

Umrechnungsfaktor Fz/h in Pkw-E/h					
Rad ¹⁾	Kraftrad	Pkw	LKW	Lz	Fz ²⁾
0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	1,1

1) Radfahrer im Mischverkehr auf der Fahrbahn
2) Näherungswert für überschlägliche Berechnungen, bei denen die Verkehrszusammensetzung nicht genau bekannt ist

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Leistungsfähigkeit für Ströme 1. und 2. Ordnung

- Die Leistungsfähigkeit der Verkehrsströme 1. Ordnung entspricht der Leistungsfähigkeit durchgehender Fahrstreifen. Diese wird im Allgemeinen mit 1.800 bis 2.000 Pkw-E/h je Fahrstreifen gesetzt.

- Für **Ströme 2. Ranges** ist die maximale Leistungsfähigkeit gleich der Grundleistungsfähigkeit.

$$L = L_0$$

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Leistungsfähigkeit für Ströme 3. Ordnung

- Für Ströme 3. Ranges müssen die Wahrscheinlichkeiten des rückstaufreien Zustandes der sie behindernden Ströme 2. Ranges einbezogen werden. Die Wahrscheinlichkeit für rückstaufreien Zustand (p_0) ergibt sich aus der vorhandenen Belastung q und der maximalen Leistungsfähigkeit L der Ströme 2. Ranges zu:

$$p_{0,i} = 1 - \frac{q_i}{L_i} \quad [-] \quad \text{mit} \quad p_{0,i} \geq 0$$

$$\text{Einmündung: } L_4 = p_{0,7} * L_{0,4}$$

$$\text{Kreuzung: } L_5 = p_{0,1} * p_{0,7} * L_{0,5}, \quad L_{11} = p_{0,1} * p_{0,7} * L_{0,11}$$

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Leistungsfähigkeit für Ströme 4. Ordnung

- Für **Ströme 4. Ordnung** (Strom 4 /10 bei 4-armigen Kreuzungen) müssen die Wahrscheinlichkeiten des rückstaufreien Zustandes der Ströme 2. und 3. Ranges betrachtet werden

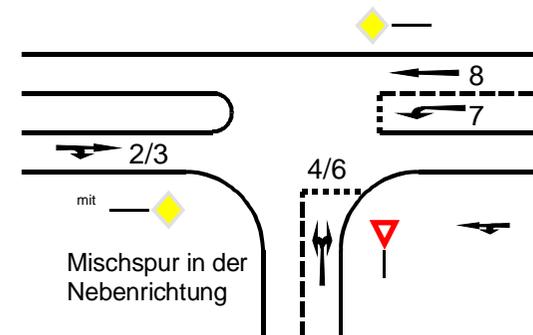
$$L_4 = p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot L_{0,4} \quad L_{10} = p_{z,5} \cdot p_{0,6} \cdot L_{0,10}$$

$$p_{z,5} = \frac{1}{1 + \frac{1-p_x}{p_x} + \frac{1-p_{0,5}}{p_{0,5}}} \quad p_{z,11} = \frac{1}{1 + \frac{1-p_x}{p_x} + \frac{1-p_{0,11}}{p_{0,11}}}$$

$$p_x = p_{0,1} \cdot p_{0,7}$$

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Mischspur in der Nebenrichtung



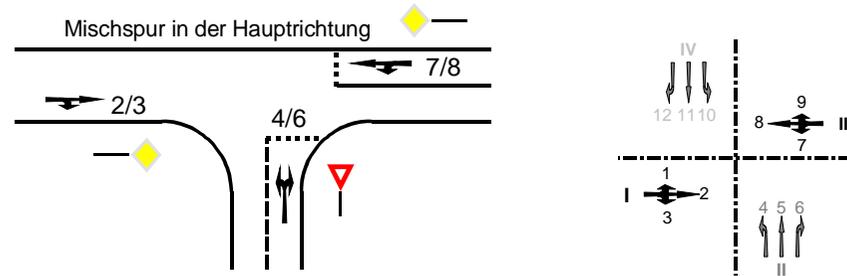
$$b_i = \frac{q_i}{\sum q_{i,M}}$$

$$L_M = \frac{1}{\sum b_i / L_i}$$

$L_M =$ geometrischer Mittelwert

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Mischspur in der Hauptrichtung



$$L_m = \min \left\{ \begin{array}{l} q_i + q_j + q_k \\ a_i + a_j + a_k \\ 1.800 \end{array} \right. \quad \text{mit: } a = \frac{q}{L}$$

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes

Qualitätsstufe des Verkehrsablaufes QSV	Mittlere Wartezeit t_w [s]
A	≤ 10
B	≤ 20
C	≤ 30
D	≤ 45
E	> 45
F	---

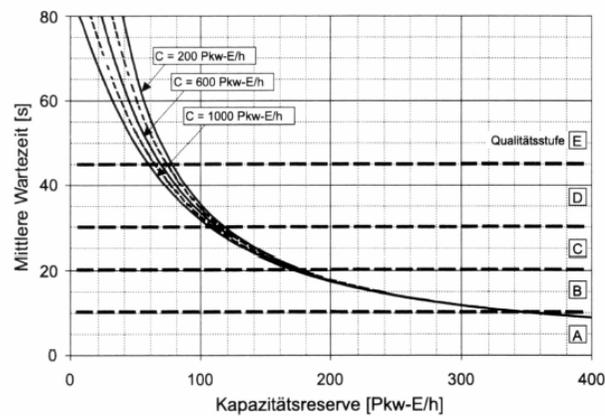
Bemessungswert: D

ausgelastet

überlastet

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

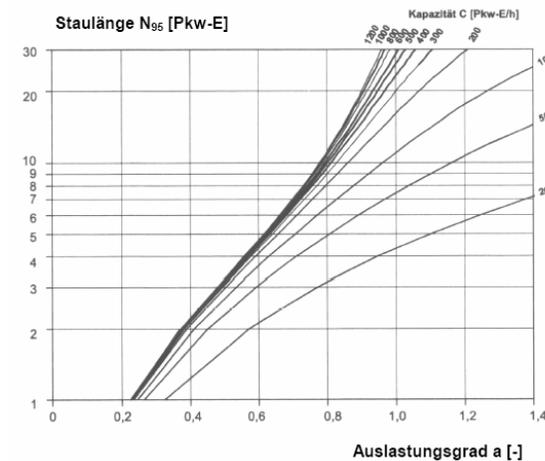
Mittlere Wartezeit



$$w = \frac{3.600}{R} \quad [s]$$

Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA

Rückstaulänge



3. Kreisverkehre

3.1 Typen von Kreisverkehren

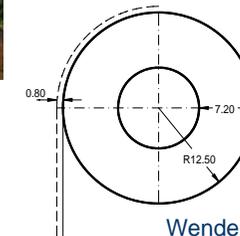
Kleine Kreisverkehre



Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren
FGSV, 2006

Kleiner Kreisverkehr 1-spurig

- Durchmesser 26 - 45 m
- Vorfahrtkreisel
- innerorts, außerorts



Wendekreis nach StVO

Kleine Kreisverkehr | Vorfahrtkreisel

- Zeichen 215 (Kreisverkehr) gibt den Fahrzeugen im Kreis Vorfahrt. Üblich ist es, das Zeichen 205 „Vorfahrt gewähren“ zur Verdeutlichung mit zu zeigen.
- Ohne Beschilderung gilt „rechts-vor-links“.
- An Kreisverkehren mit Zeichen 215 darf beim Einfahren in den Kreis nicht geblinkt werden; dafür muss aber bei der Ausfahrt aus dem Kreis rechts geblinkt werden.
- Man darf die Mittelinsel nicht überfahren.
- Das Halten im Kreis ist verboten, wenn es nicht verkehrsbedingt ist.



Kleine Kreisverkehre



Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren
FGSV, 2006

Kleiner Kreisverkehr 2-spurig befahrbar

- Kreiszufahrt 1 oder 2-spurig
- Kreisausfahrt 1-spurig
- Durchmesser 35 - 50 m
- Vorfahrtkreisel
- innerorts, außerorts

Typen von Kreisverkehren

Turbo-Kreisel



- ▶ Durchmesser > 50 m
- ▶ Spiralförmige Kreisfahrbahnen



Typen von Kreisverkehren

Mini-Kreisel



Mini-Kreisel

- ▶ Durchmesser < 26 m
- ▶ Vorfahrtkreisel
- ▶ innerorts

Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini-Kreisverkehrsplätzen
Land NRW, 1999

Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, FGSV, 2006

Typen von Kreisverkehren

Großer Kreisverkehr



- ▶ Durchmesser > 50 m
- ▶ Verflechtungskreisel
- ▶ innerorts, außerorts

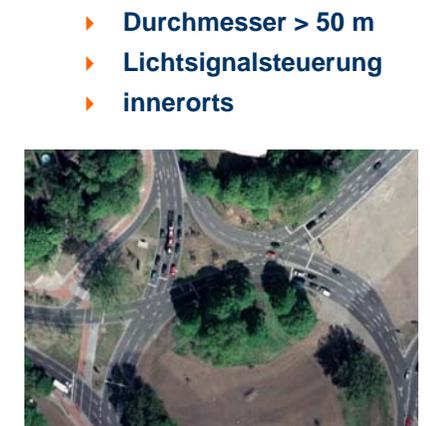


Hinweise in RAS-K-1



Typen von Kreisverkehren

Signalisierte Kreisverkehre



- ▶ Durchmesser > 50 m
- ▶ Lichtsignalsteuerung
- ▶ innerorts

Hinweise in RAS-K1, RiLSA

Großer Verteilerkreisel



- Durchmesser > 50 m
- Verflechtungskreisel
- Anschlussstellen

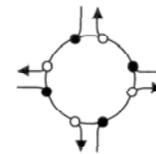
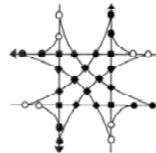


Hinweise in RAS-K1, RAL-K-2

Vor- und Nachteile von Kreisverkehren

Geringe Unfallhäufigkeit und Unfallschwere gegenüber konventionellen Einmündungen und Kreuzungen.

- Niedrige Geschwindigkeit in der Kreisfahrbahn durch kleine Kreisdurchmesser
- Niedrige Geschwindigkeiten durch enge Radien bei Ein- und Ausfahrt
- Reduzierung der Geschwindigkeit bei der Annäherung durch rechtzeitige Verdeutlichung der Knotenpunktform
- Gute Sichtverhältnisse auf den bevorrechtigten Verkehr durch senkrechte Zufahrt auf die Kreisfahrbahn
- Geringe Anzahl von Konfliktpunkten (Kreisverkehr 8, Kreuzung 32 Konfliktpunkte)



Höhere Leistungsfähigkeit und bessere Qualität des Verkehrsablaufes als an konventionellen Knotenpunkten ohne LSA.

- Kleiner 1-spuriger Kreisverkehr: L = 20.000 – 25.000 Kfz/Tag
- Kreuzung ohne LSA: L = 12.000 – 15.000 Kfz/Tag
- Außerhalb der Spitzenstunden treten praktisch keine Wartezeiten auf; der Verkehrsablauf in den Spitzenstunden ist flüssiger

▶ Vorteile Kleiner Kreisverkehre

- ▶ Die Verknüpfung von mehr als 4 Knotenpunktarmen ist bei Kreisverkehren leichter möglich als bei konventionellen Knotenpunkten.
- ▶ Gestalterische Integrationsmöglichkeiten sind in der Regel höher als bei Kreuzungen
- ▶ Durch Wegfall von Abbiegespuren und große Mittelinseln ergeben sich zusätzliche Flächen für die Begrünung; die Versiegelung ist geringer als bei Kreuzungen
- ▶ Die Neuanlage eines Kreisverkehrs ist in der Regel mit geringeren Kosten verbunden als der Bau von Knotenpunkten mit LSA (keine Kosten für Strom, Wartung und Reparatur von Lichtzeichenanlagen)

▶ Nachteile Kleiner Kreisverkehre

- ▶ Begrenzte Leistungsfähigkeit (ca. 25.000 Kfz/Tag bei 1-spurigen Kreisverkehren, max 40.000 bei 2-spurigen Kleinen Kreisverkehren)
- ▶ An Kreisverkehren gibt es keine bevorzugten Ströme; alle Ströme sind gleichberechtigt. Die Netzhierarchie läßt sich kaum verdeutlichen.
- ▶ Bei beengten räumlichen Verhältnissen lassen sich Kleine Kreisverkehre aufgrund der erforderlichen Mindestabmessungen und den gestalterisch notwendigen Flächen nicht anordnen.

▶ Nachteile Kleiner Kreisverkehre

Verkehrsabhängige Steuerungen sind nicht möglich

- ▶ Keine ÖPNV-Bevorrechtigung
- ▶ Keine Stauraumkontrolle
- ▶ Keine Pfortneranlagen und Zufahrtdosierungen
- ▶ Keine Anpassungsmöglichkeiten an unterschiedliche Verkehrsbelastungen
- ▶ Keine Grüne Welle

▶ Kleine Kreisverkehre | Einsatzbereiche

Einsatzbereiche Kleiner Kreisverkehre

- ▶ an Unfallschwerpunkten von Kreuzungen
- ▶ zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Knoten ohne LSA sowie zur Verbesserung der Qualität des Verkehrsablaufes
- ▶ an Ortseingangsbereichen, als Übergangselement zwischen Straßen unterschiedlicher Charakteristik
- ▶ zur Gestaltung von städtebaulich bedeutenden Knoten und Plätzen
- ▶ zur Vermeidung von Kosten für Bau und Betrieb von LSA
- ▶ bei mehr als 4 Knotenpunktarmen
- ▶ zur Reduzierung der Geschwindigkeit

3.2 Entwurf von Kreisverkehren



Grundanforderungen an den Entwurf

- ▶ **Sicherheit**
 - Erkennbarkeit
 - Übersichtlichkeit
 - Begreifbarkeit
 - Befahrbarkeit
- ▶ **Leistungsfähigkeit**
- ▶ **Umfeldverträglichkeit**
- ▶ **Wirtschaftlichkeit**



▶ Erkennbarkeit

Der Knotenpunkt sollte für den sich nähernden Kraftfahrer rechtzeitig erkennbar sein. Insbesondere bei Kreisverkehren außerorts muss die Situation dem Kraftfahrer frühzeitig verdeutlicht werden.



Entwurfsgrundlagen

Übersichtlichkeit

Die Sichtbedingungen zwischen Kraftfahrern, Radfahrern und Fußgängern müssen uneingeschränkt gegeben sein.



Entwurfsgrundlagen

Begreifbarkeit

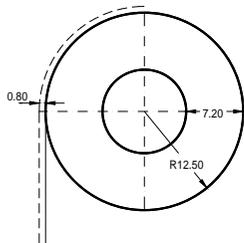
Die bauliche Anlage einschließlich Markierung und Beschilderung muss so ausgelegt sein, dass sich alle Verkehrsteilnehmer automatisch richtig verhalten.



Entwurfsgrundlagen

Befahrbarkeit

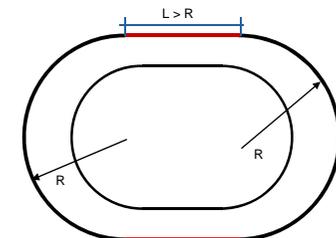
Alle Teile des Kreisverkehrs müssen von den größten zum Straßenverkehr zugelassenen Fahrzeugen benutzt werden können. Nach der derzeit gültigen StVZO muss jedes Fahrzeug einen Kreisring mit einem Außenradius von 12,50 m und einer Ringbreite von 7,20 m durchfahren können.



Kleine Kreisverkehre | Entwurfsprinzipien

Die Kreisfahrbahn ist kreisrund anzulegen.

Aus Gründen der Verkehrssicherheit ist die Kreisfahrbahn kreisrund anzulegen. Elliptisch geformte Kreisfahrbahnen oder anderweitig wechselnde Radien im Kreis sind zu vermeiden. Abweichend davon kann innerhalb bebauter Gebiete bei zwingenden städtebaulichen Bedingungen auch ein Kreisverkehr angelegt werden, dessen Kreisfahrbahn aus zwei Halbkreisen mit gleichem Radius besteht, die durch Geradenabschnitte verbunden sind. Die Länge der Geraden sollte dann größer als der Radius der Halbkreise sein.

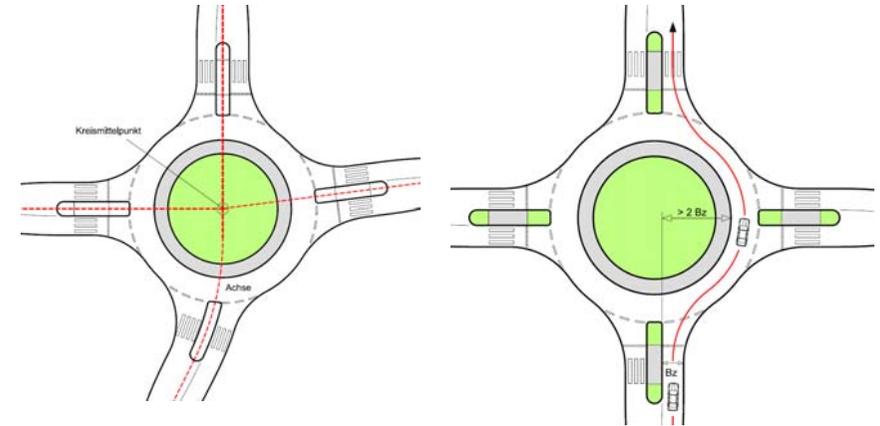


▶ Kleine Kreisverkehre | Entwurfsprinzipien

- ▶ Die Zufahrten sollen radial, unter einem Winkel von ca. 90° auf die Kreisfahrbahn treffen, um die Vorfahrtberechtigung für den Kreis zu verdeutlichen.
- ▶ Die Achse der Zufahrten sollten immer auf den Kreismittelpunkt gerichtet sein. Spitzwinklige bis tangentielle Einfahrten verursachen häufig Auffahrunfälle sowie Vorfahrtmissachtungen.



▶ Kleine Kreisverkehre | Entwurfsprinzipien



Radiale Kreiszufahrten

Ablenkung der Geradeausströme

▶ Plangleiche Knotenpunkte

Entwurfselemente von kleinen Kreisverkehren

▶ Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

▶ Kreisdurchmesser 1-spurige kleine Kreisverkehre:

innerorts:	26,0 – 35,0 m	Regelwerte:	30,0 ... 35,0 m
außerorts:	30,0 – 50,0 m	Regelwerte:	35,0 ... 45,0 m



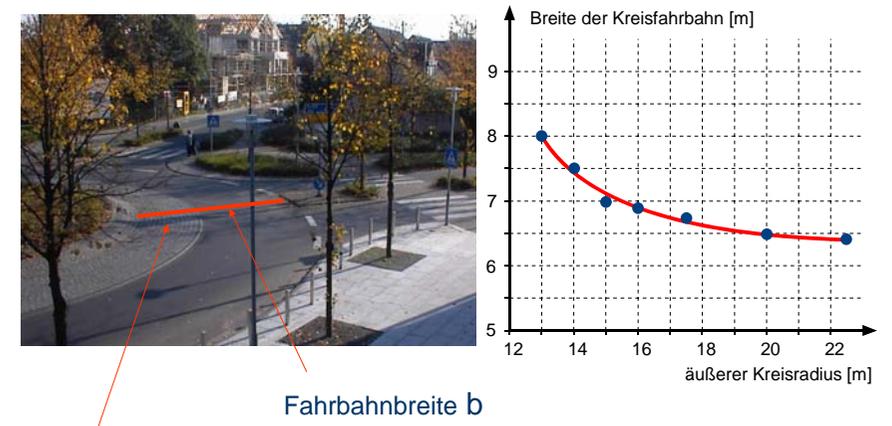
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fahrbahnbreiten	innerorts	außerorts
Kreiszufahrt:	3,25 – 3,50 m	3,50 – 4,00 m
Kreisausfahrt:	3,50 – 3,75 m	3,50 – 4,25 m



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Breite der Kreisfahrbahn



Befahrbarer Innenring als Teil der Fahrbahn

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre



Befahrbarer Innenring als Teil der Kreisfahrbahn für große Fahrzeuge

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Gestaltung der Kreisfahrbahn



Optische Einengung der Fahrbahn um Überholvorgänge im Kreis zu vermeiden
Außerorts kann auf den Innenring verzichtet werden

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Gestaltung der Kreisfahrbahn



Innenring asphaltiert



Ohne Innenring

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Zweispuriger Kreisverkehr



Durchmesser: 45 – 60 m
Kreisfahrbahn: 8 - 10 m
Ausfahrten: einspurig

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Zweispuriger Kreisverkehr

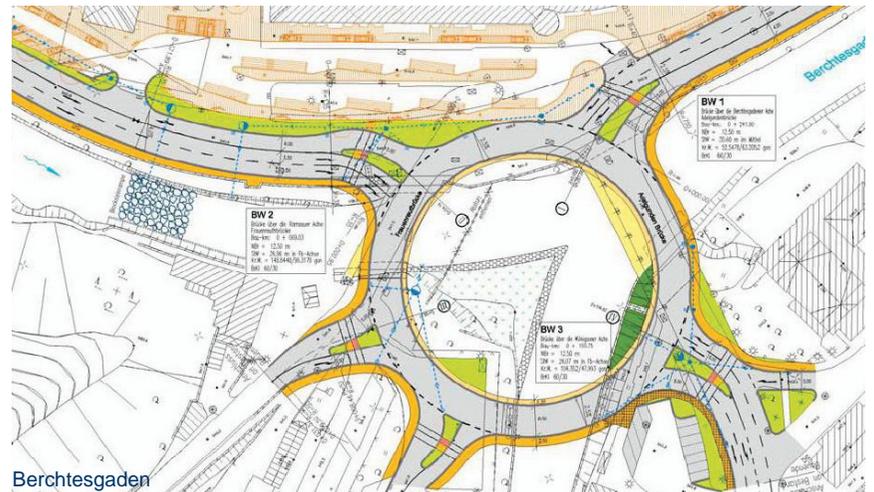


Münster



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Zweispuriger Kreisverkehr



Berchtesgaden

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

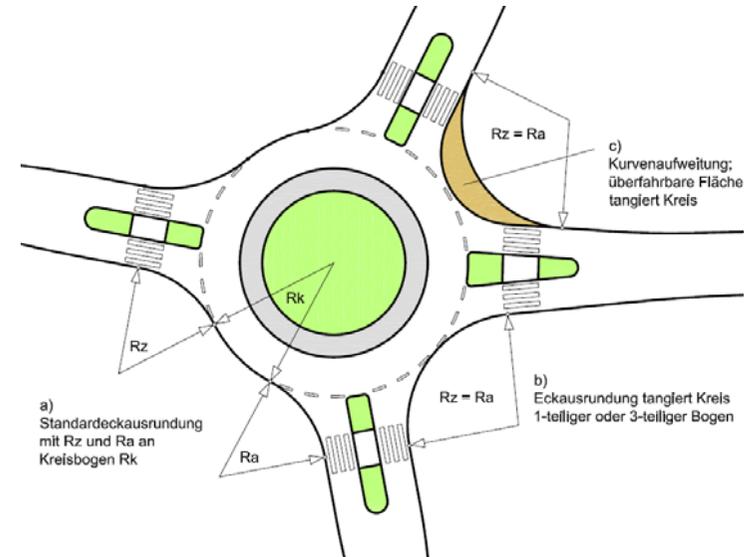
Eckausrundungen

	innerorts	außerorts
Kreiszufahrt:	10,0 – 12,0 m	12,0 – 14,0 m
Kreisausfahrt:	12,0 – 14,0 m	14,0 – 16,0 m



Seminar Plangleiche Knotenpunkte | Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Küchler

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre



Seminar Plangleiche Knotenpunkte | Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Küchler

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Eckausrundungen



Kurvenaufweitungen beachten - Schleppekurve

Seminar Plangleiche Knotenpunkte | Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Küchler

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Eckausrundungen



Seminar Plangleiche Knotenpunkte | Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Küchler

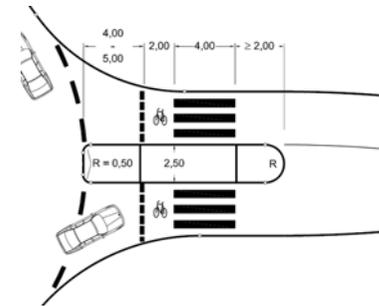
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fahrbahnteiler / Querungshilfen

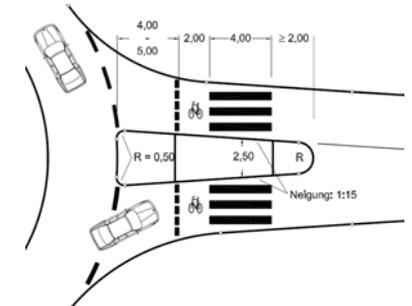


Regelbreite: 2,50 m Mindestbreite: 1,60 m

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

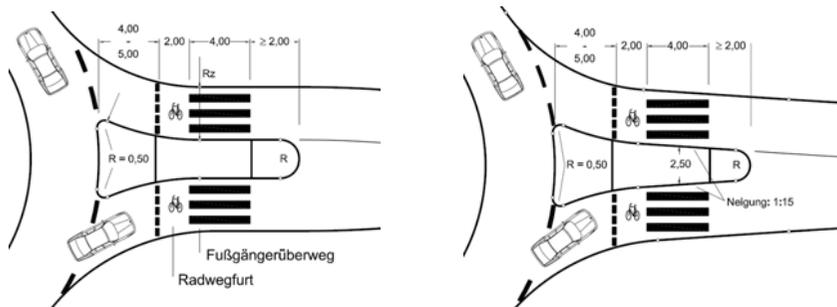


Gerader Fahrbahnteiler



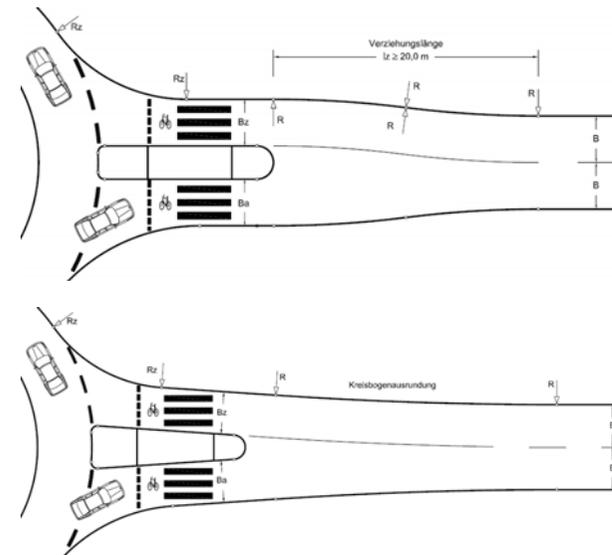
Schräger Fahrbahnteiler

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre



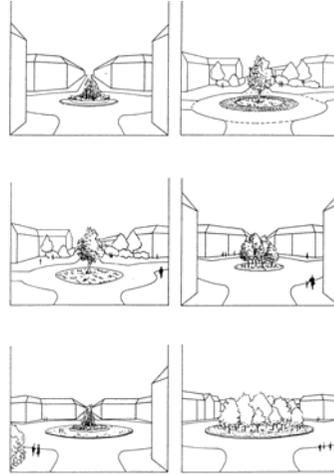
Fahrbahnteiler mit Anpassung der Inselköpfe an den Fahrbahnrand

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Gestaltung der Mittelinsel



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Gestaltung der Mittelinsel



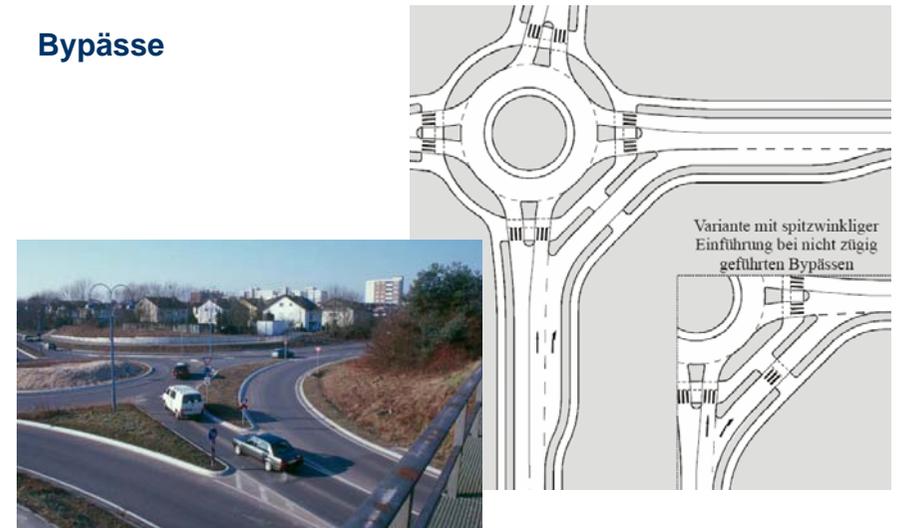
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Gestaltung der Mittelinsel



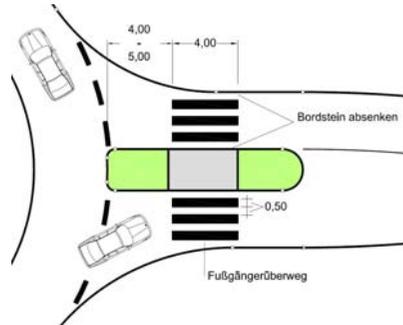
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Bypässe



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fußgängerführung



Bei starkem Fußgänger- und Kfz-Verkehr sollten die Querungsmöglichkeiten als Fußgängerüberwege (Zeichen 293 StVO, Zebrastrifen) ausgebildet werden.

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fußgängerführung

- ▶ An schwach belasteten Kreisverkehren, an denen ein Stauraum zwischen Fahrbahn und Querungsstelle nicht erforderlich ist, kann die Absetzung der Fußgängerquerungsstelle auch weniger als 4 m betragen.
- ▶ Um Fußgängern das Überqueren der Fahrbahn zu erleichtern, sind zwischen den Ein- und Ausfahrten auf den zuführenden Straßen Trenninseln einzurichten. An sehr schwach belasteten Zufahrten mit weniger als 150 Kfz/h kann auf Mittelinseln als Querungshilfe verzichtet werden.
- ▶ Zweistreifige Kreiszufahrten: Die Querungsstellen können ohne besondere Markierung bleiben. Eine Markierung der Querungsstellen als Fußgängerfurt ist unzulässig (VwV-StVO, Zu §25 Fußgänger, III, Nr. 2).

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fußgängerführung



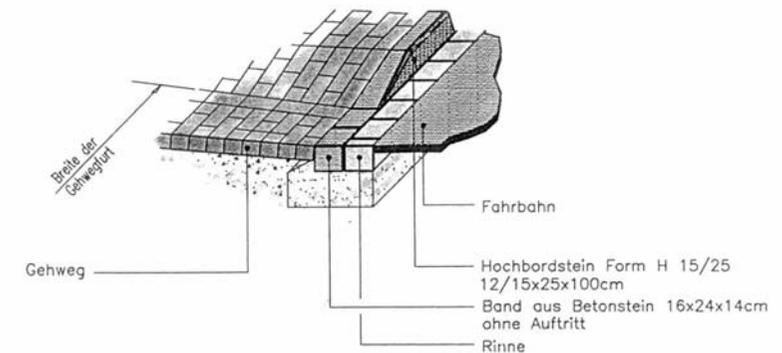
Querung ohne Markierung



Fußgängerüberweg

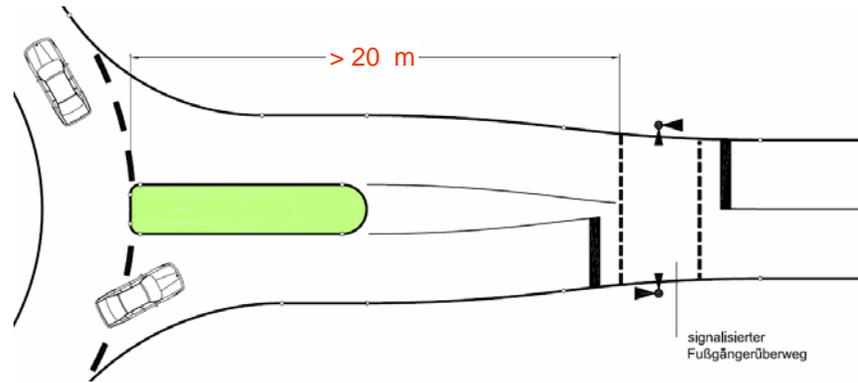
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fußgängerführung



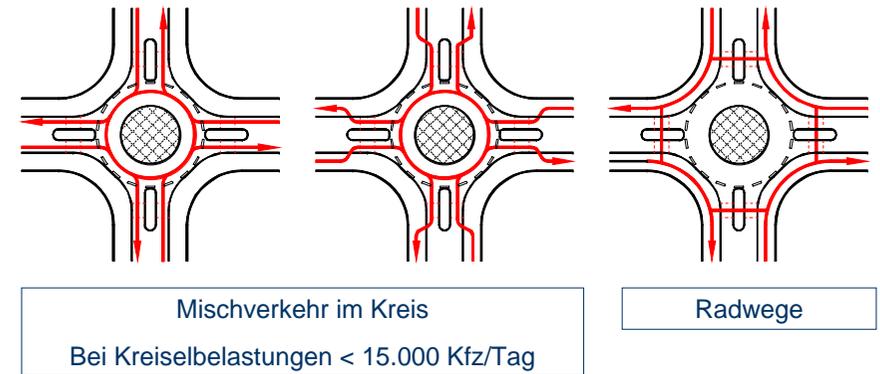
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Fußgängerführung



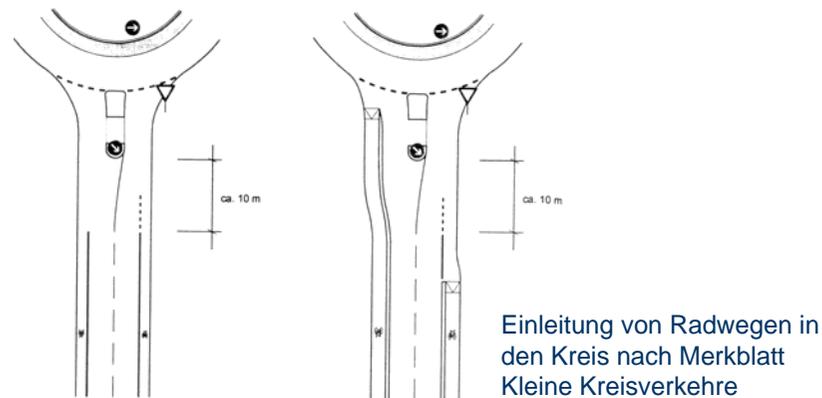
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



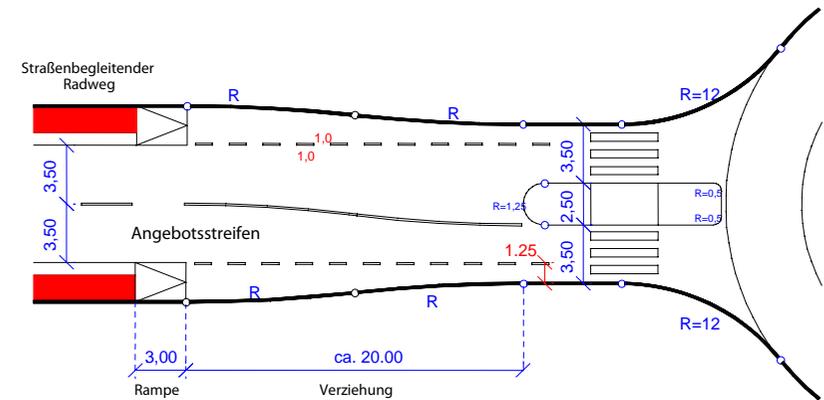
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

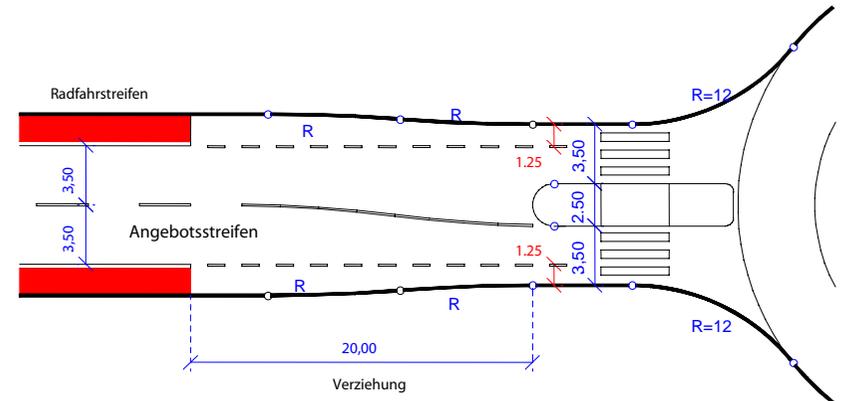
Führung der Radfahrer



Angebotsstreifen

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Radwegeinleitung als Angebotsstreifen

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Linksabbiegen auf Zwei-Richtungsradweg

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Radfahrer müssen an „Fußgängerüberwegen“ absteigen

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Führung der Radfahrer



Radwegeinleitung im Kreis

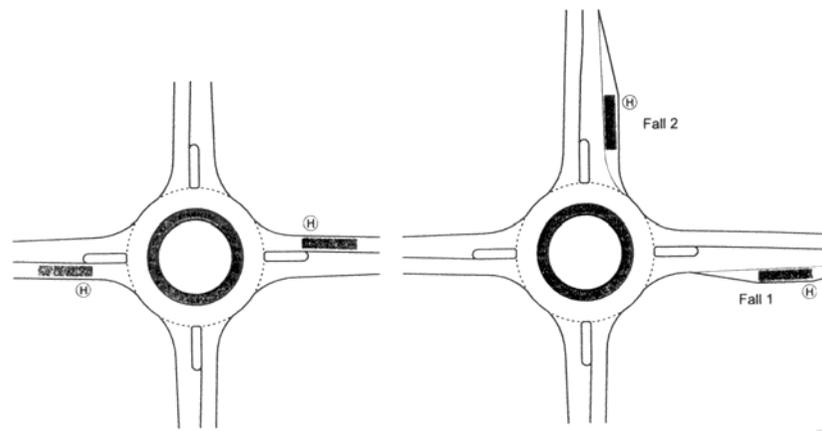
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Busspuren | Bypass



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Bus-Haltestellen



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Bus-Haltestellen



Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Bus-Haltestellen



Buskap in der Kreiszufahrt

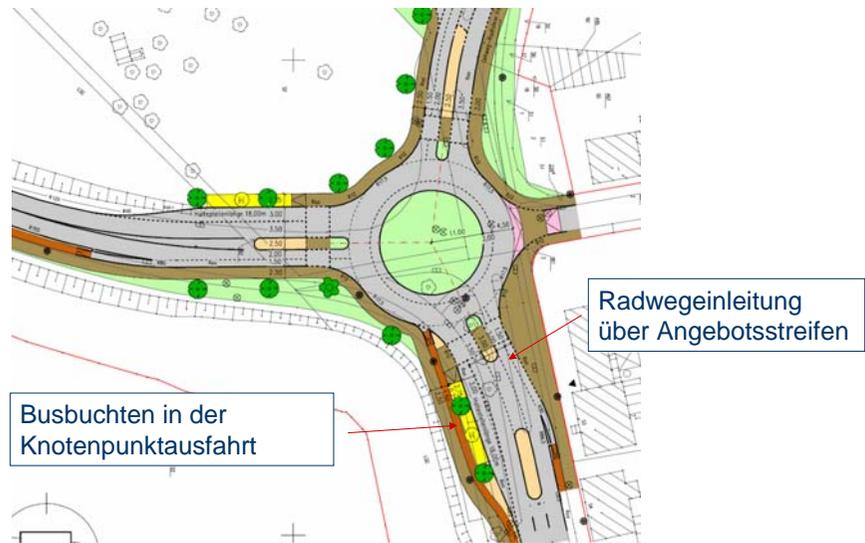
Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre

Busspuren | Bypass

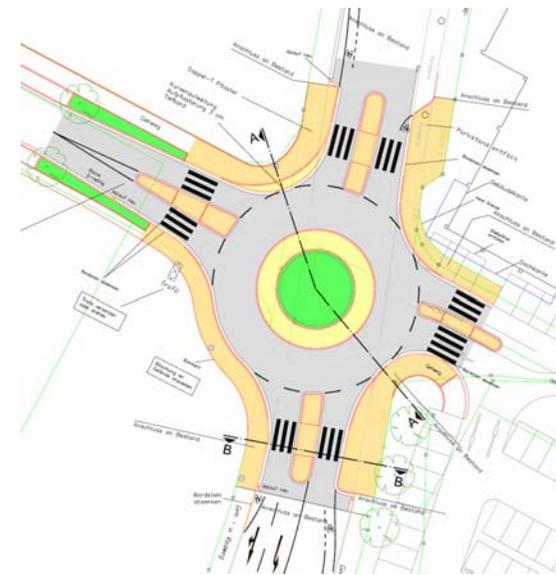


Busspur als Bypass

Entwurfselemente kleiner Kreisverkehre



Kleine Kreisverkehre

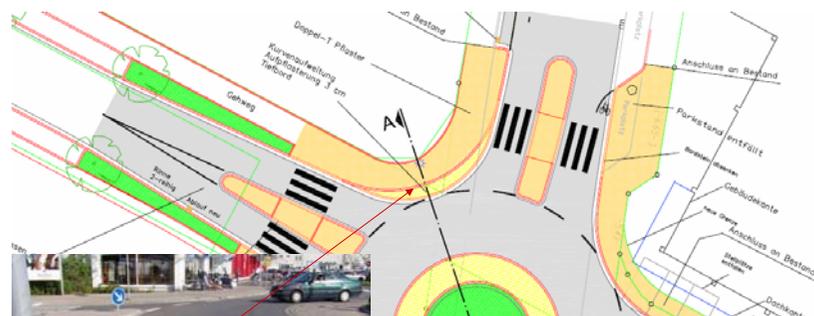


Gustav-Heinemann-Straße,
Kaarst,
D = 26 m



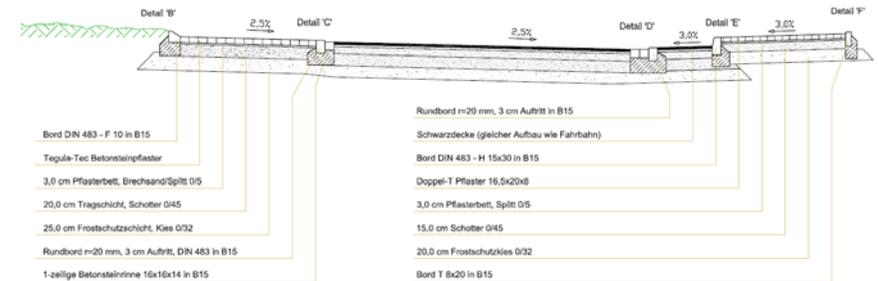
Kleine Kreisverkehre

Gustav-Heinemann-Straße, Kaarst, D = 26 m



Kleine Kreisverkehre

Schnitt A-A



▶ Kleine Kreisverkehre

Bautechnische Hinweise

- ▶ Ausreichende fahrgeometrische Bemessung (Schleppkurvennachweis) zum Schutz der Fahrbahnränder
- ▶ Bauklasse der Kreisfahrbahn: nächst höhere Bauklasse bezogen auf den am stärksten belasteten Abschnitt im Kreisverkehr und in den Zufahrten
- ▶ Pflasterbauweise nur in den Bauklasse III und IV, bei höheren Bauklassen Asphalt- oder Betonbauweise
- ▶ Querneigung der Fahrbahn und des Innenrings 2,5%, bei Naturpflaster 3,5 %
- ▶ Einfassung der Kreisinsel soll grundsätzlich mit Schrägborden (Flachbordstein F 20 x 25 oder F 30 x 25, Anlaufhöhe 15 cm) oder schräg verlegten Pflaster erfolgen
- ▶ Außenränder der Kreisein- und -ausfahrten werden mit üblichen Borden (Hochbord, Flachbord) eingefasst.
- ▶ Fahrbahnteiler innerhalb bebauter Gebiete werden mit üblichen Borden begrenzt; außerhalb bebauter Gebiete: Schrägborde (Flachbordstein F20 x 25 oder F 30 x 25 mit Weißvorsatz)

▶ Kleine Kreisverkehre

Bautechnische Hinweise

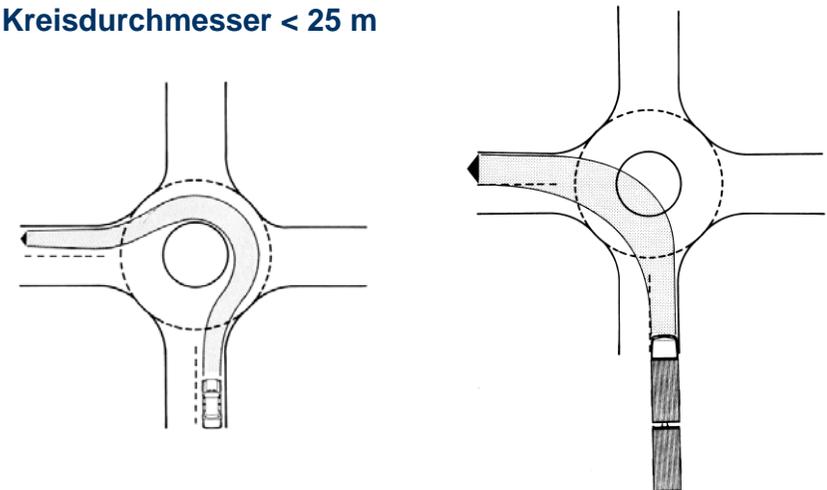
- ▶ Kreisfahrbahn und bauliche Innenringe sind durch Rundborde oder Flachborde (Anlaufhöhe 3 – 4 cm) und eine mindestens einzeilig Betonsteinreihe zu trennen.

▶ Kreisverkehre

3.2 Entwurf von Kreisverkehren Mini-Kreisel

▶ Mini-Kreisel

Fahrgeometrie / Funktionsweise Kreisdurchmesser < 25 m



▶ Mini-Kreisel

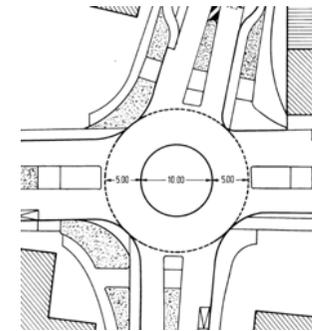
Einsatzkriterien

- ▶ Innerhalb bebauter Gebiete
- ▶ $V_{zul} \leq 50 \text{ km/h}$
- ▶ Innerhalb von Tempo 30-Zonen
- ▶ Zufahrtbelastung $\leq 12.000 \text{ Kfz /Tag}$ (17.000 Kfz/Tag)
- ▶ Gute Erkennbarkeit

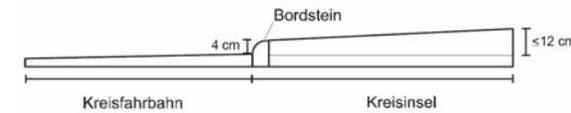


▶ Mini-Kreisel

Entwurfselemente



Außendurchmesser	13,00 bis 22,00 m
Fahrfstreifenbreite Zufahrt	3,25 – 3,75 m
Fahrfstreifenbreite Ausfahrt	3,50 – 4,00 m
Eckausrundungen	8,00 – 10,00 m
Kreisinsel	„Kugelkalotte“
Fahrbahnteiler	empfohlen
Radverkehr	im Kreis



▶ Mini-Kreisel

Markierte Mittelinsel



▶ Mini-Kreisel

Markierte Mittelinsel



▶ Mini-Kreisel

Markierte Mittelinsel



▶ Mini-Kreisel

Geplasterte Mittelinsel



▶ Mini-Kreisel

Asphaltierte Mittelinsel



▶ Mini-Kreisel

Markierte Mittelinsel

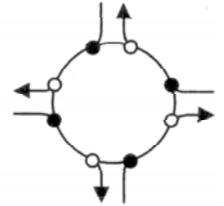


3. Kreisverkehre

3.3 Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes

Berechnungsgrundlagen

- ▶ Anwendungsbereich: Kleine ein- und zweispurig befahrbare Kreisverkehre und Minikreisel
- ▶ Die Fahrzeuge in der Kreisfahrbahn haben Vorfahrt vor den Fahrzeugen in den Zufahrten.
- ▶ Kreisverkehre können als eine Folge von Einmündungen in eine bevorrechtigte Ein-Richtungsstraße angesehen werden.
- ▶ Verkehrsvorgang: Rechtseinbiegen in eine Ein-Richtungsstraße
- ▶ Einzelbetrachtung der Kreiszufahrten



Eingangsdaten in die Leistungsfähigkeitsberechnung

- ▶ **Bauliche Gestaltung (Kreisgeometrie)**
 - Anzahl der Spuren im Kreis
 - Anzahl der Spuren in der Kreiszufahrt
 - Bypässe
 - Fußgänger / Radfahrerführung
- ▶ **Maßgebenden Knotenstrombelastungen in Pkw-E/h**
 - Knotenstrombelastungen für Pkw, Lkw, ...
 - Querende Fußgänger und Radfahrer
 - Verkehrszählung / Verkehrsprognose
 - Maßgebendes Zeitintervall

Kreisgeometrie

	Typ 1-1	Typ 1-2	Typ 2-2
Anzahl der Spuren in der Kreiszufahrt	1	1	2
Anzahl der Spuren im Kreis	1	2	2



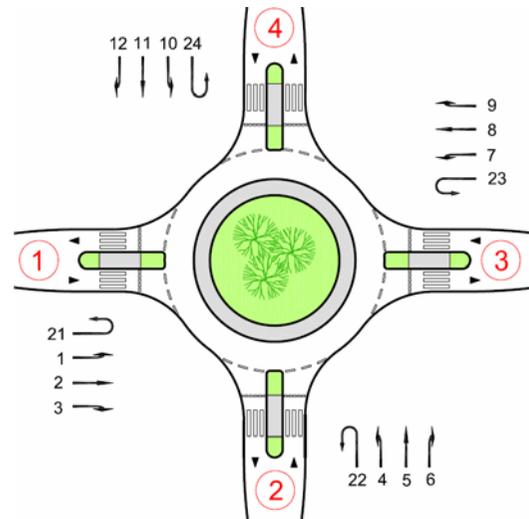
1-spurige Kreisfahrbahn



2-spurige Kreisfahrbahn

► Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung

Bezeichnung der Knotenströme



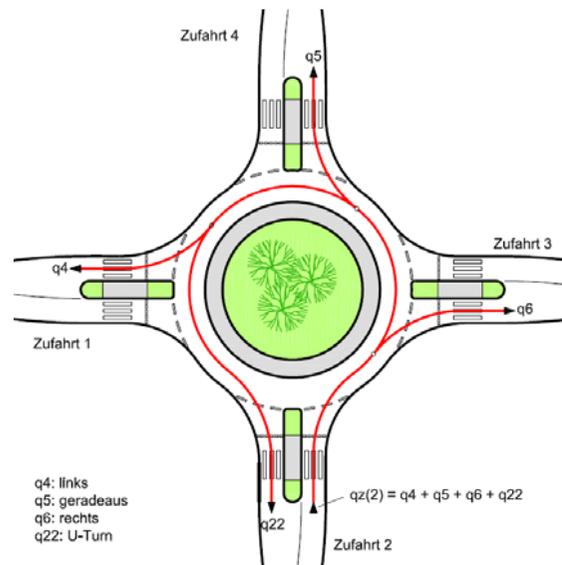
► Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung

Umrechnungsfaktoren Fz/h in Pkw-E/h

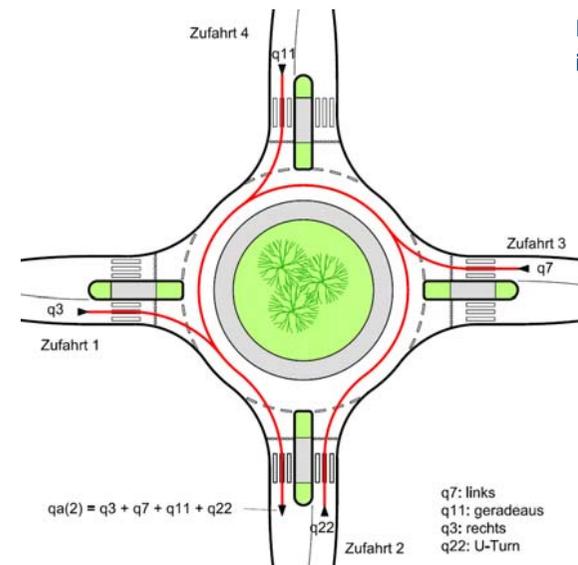
Umrechnungsfaktoren Fz/h in Pkw-E/h					
Längsneigung	Pkw	Lkw	Lz	Rad	Kfz
+ 4%	1,4	3,0	6,0	0,7	1,7
+ 2%	1,2	2,0	3,0	0,6	1,4
0%	1,0	1,5	2,0	0,5	1,1
- 2%	0,9	1,2	1,5	0,4	1,0
- 4%	0,8	1,0	1,2	0,3	0,9

Die Leistungsfähigkeitsberechnung erfolgt in Pkw-E/h

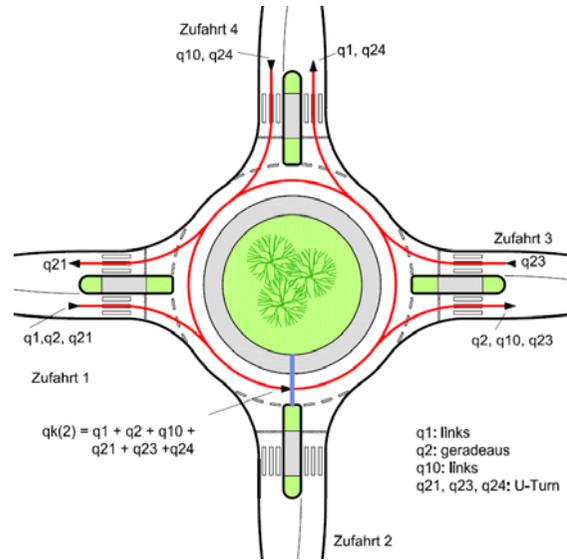
► Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung



► Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung

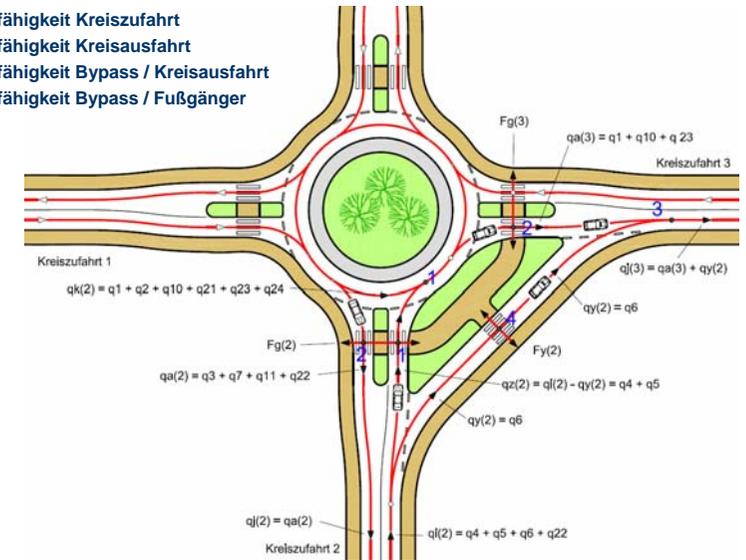


Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung



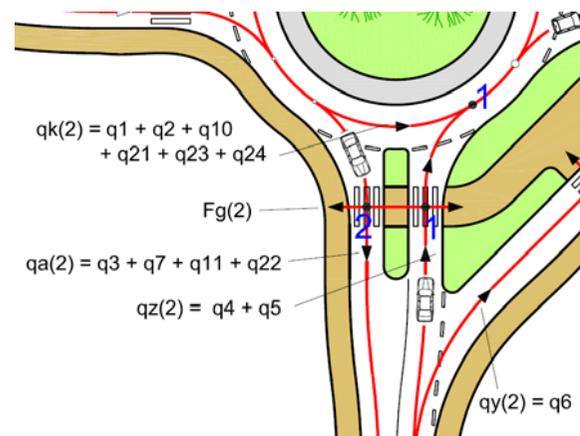
Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung

1. Leistungsfähigkeit Kreiszufahrt
2. Leistungsfähigkeit Kreisausfahrt
3. Leistungsfähigkeit Bypass / Kreisausfahrt
4. Leistungsfähigkeit Bypass / Fußgänger



Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung

Leistungsfähigkeit der Kreiszufahrten



Kleine Kreisverkehre | Leistungsfähigkeitsberechnung

Leistungsfähigkeit der Kreiszufahrten

Die Leistungsfähigkeit des gesamten Kreisverkehrs ist dann gewährleistet, wenn **jede Zufahrt z** noch über eine gewisse **Belastungsreserve R_z** zwischen der höchstmöglichen Belastung **L_z** (Leistungsfähigkeit) und der tatsächlich vorhandenen Belastung **q_z** verfügt.



$$R_z = L_z - q_z > 100 \text{ Pkw-E/h}$$

L_z = Leistungsfähigkeit der Zufahrt z

q_z = vorhandene Zufahrtsbelastung

R_z = Belastungsreserve

Leistungsfähigkeit der Kreiszufahrt

▪ 1-spurige Kreisverkehre **Typ 1-1**

$$L_0 = \frac{3600}{t_f} \cdot \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot q_k}{3600}\right) \cdot \exp\left(-\frac{q_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min}\right)\right)$$

- L₀ = Leistungsfähigkeitsgrundwert Pkw-E/h
- q_k = Verkehrsstärke im Kreis Pkw-E/h
- t_g = Grenzzeitlücke: 4,1 s
- t_f = Folgezeitlücke: 2,9 s
- t_{min} = Mindestzeitlücke im Kreis: 2,1 s

Leistungsfähigkeit der Kreiszufahrt

▪ Mini-Kreisel

$$L_0 = \frac{3600}{t_f} \cdot \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot q_k}{3600}\right) \cdot \exp\left(-\frac{q_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min}\right)\right)$$

- L₀ = Leistungsfähigkeitsgrundwert Pkw-E/h
- q_k = Verkehrsstärke im Kreis Pkw-E/h
- t_g = Grenzzeitlücke: 4,5 s
- t_f = Folgezeitlücke: 3,0 s
- t_{min} = Mindestzeitlücke im Kreis: 3,0 s

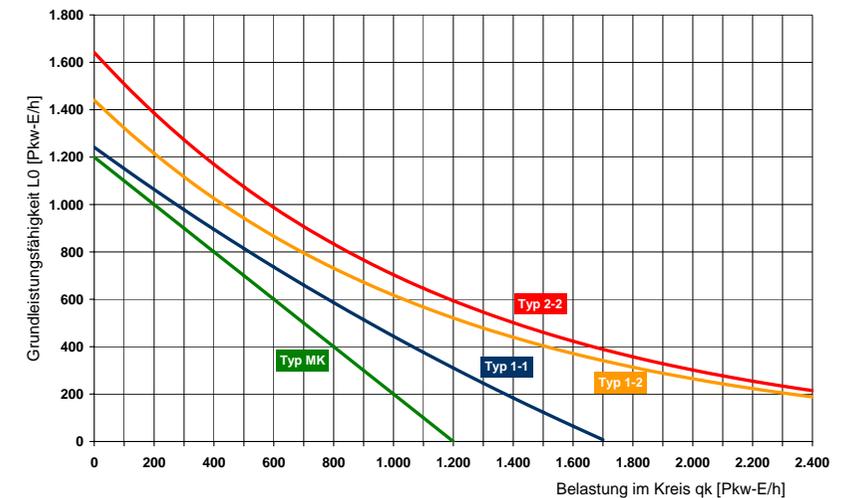
Leistungsfähigkeit der Kreiszufahrt

▪ 2-spurige Kreisverkehre **Typ 1-2** **Typ 2-2**

$$L = 3.600 \cdot \frac{n_z}{t_f} \cdot \exp\left(-\frac{q_k}{3.600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)\right)$$

- L₀ = Leistungsfähigkeitsgrundwert [Pkw-E/h]
- q_k = Verkehrsstärke im Kreis [Pkw-E/h]
- t_g = Grenzzeitlücke: 4,3 s
- t_f = Folgezeitlücke: 2,5 s
- n_z = Typ 1-2: 1,0; Typ 2-2: 1,14

Leistungsfähigkeits-Grundwert von Kreiszufahrten



Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern

Fußgänger und Radfahrer, die die Zu- und Ausfahrten der Kreisverkehre überqueren, können die Leistungsfähigkeit der Anlage beeinträchtigen.

Die Abminderungen der Grund-Leistungsfähigkeit, die sich aufgrund des Einflusses von Fußgängern und Radfahrern ergeben, werden mit Hilfe eines Abminderungsfaktors fg ermittelt.



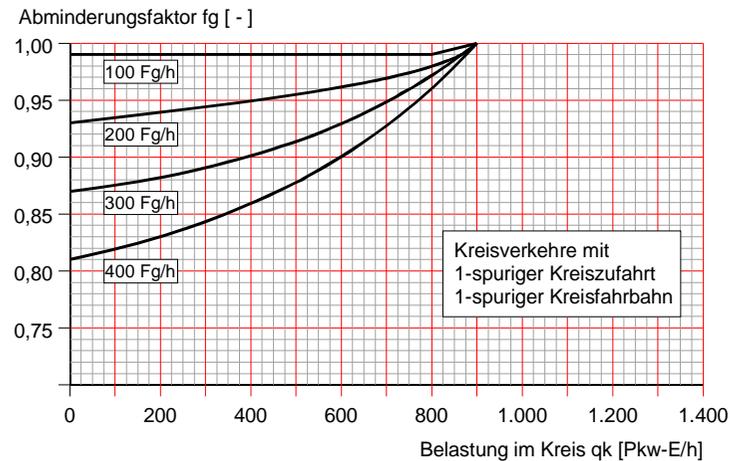
$$L_z = L_{z,0} * fg_z$$

Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern

Verkehrsstärke im Kreis Pkw-E/h	einspuriger Kleiner Kreisverkehr				zweispuriger Kleiner Kreisverkehr			
	Fußgänger / h				Fußgänger / h			
	100	200	300	400	100	200	300	400
0	0,99	0,93	0,87	0,81	0,89	0,86	0,83	0,80
100	0,99	0,93	0,87	0,82	0,89	0,87	0,84	0,81
200	0,99	0,94	0,88	0,83	0,90	0,87	0,84	0,81
300	0,99	0,94	0,89	0,84	0,91	0,88	0,85	0,82
400	0,99	0,95	0,90	0,86	0,92	0,89	0,86	0,83
500	0,99	0,95	0,91	0,88	0,94	0,90	0,87	0,84
600	0,99	0,96	0,93	0,90	0,95	0,91	0,88	0,84
700	0,99	0,97	0,95	0,93	0,96	0,93	0,89	0,85
800	0,99	0,98	0,97	0,96	0,98	0,94	0,90	0,86
900	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,91	0,87
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,89
1100	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,95	0,90
1200	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,91
1300	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,93
1400	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95

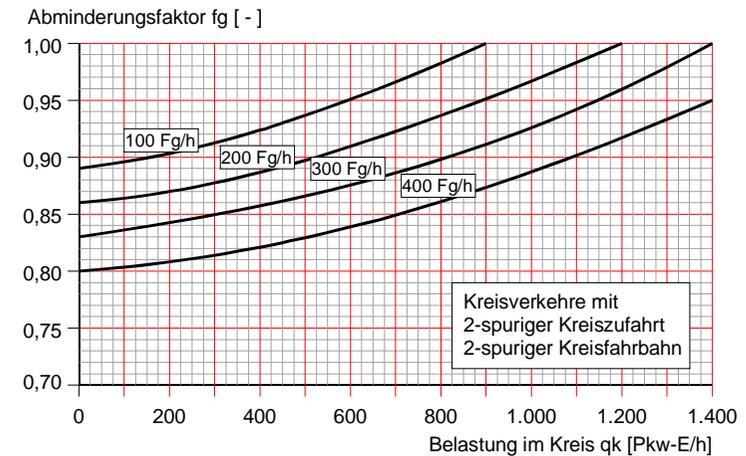
Abminderungsfaktoren fg

Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern



Typ 1-1

Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern



Typ 1-2

Typ 2-2

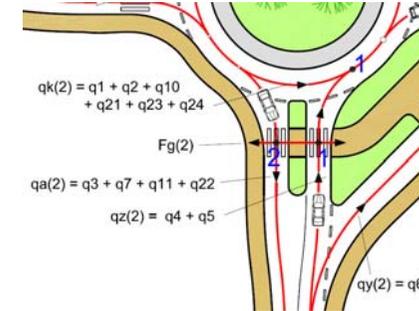
Leistungsfähigkeit der Kreisausfahrten

Die Leistungsfähigkeit des gesamten Kreisverkehrs ist dann gewährleistet, wenn **jede Ausfahrt z** noch über eine gewisse **Belastungsreserve Rz** zwischen der höchstmöglichen Belastung **La** (Leistungsfähigkeit) und der tatsächlich vorhandenen Belastung **qa** verfügt.

Der Rückstau vor der Fußgängerfurtsoll nicht zu einem regelmäßigen Blockieren der Kreisfahrbahn führen



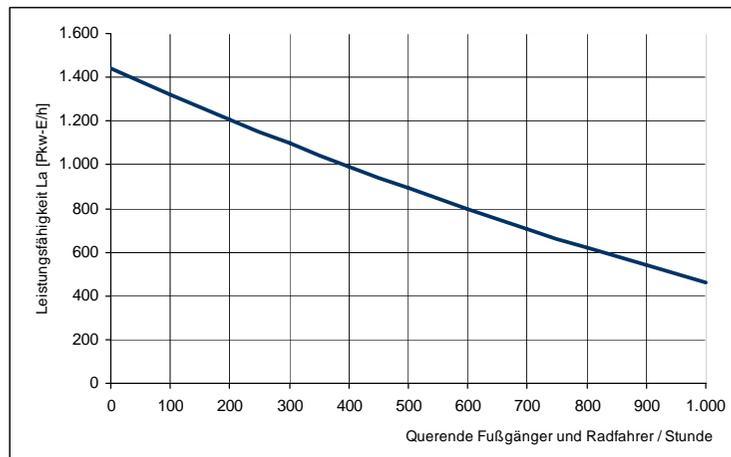
Leistungsfähigkeit der Kreisausfahrt



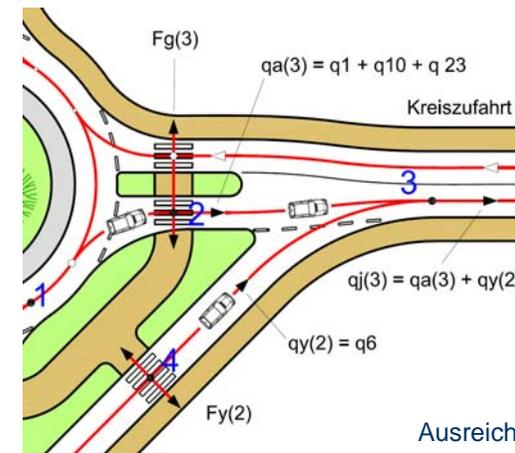
$$L_a = \frac{3.600}{t_f} \cdot e^{-\frac{F_g}{3.600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2})}$$

- La = Leistungsfähigkeit der Ausfahrt a [Pkw-E/h]
- Fg = Anzahl querende Fußgänger und Radfahrer in Zufahrt z [Fg/h]
- tf = 2,77 s (Folgezeitlücke)
- tg = 4,1 s (Grenzzeitlücke)

Leistungsfähigkeit von Kreisausfahrten



Leistungsfähigkeit von Bypässen



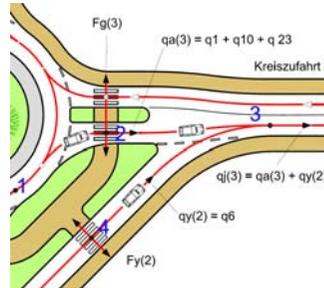
Ausreichende Leistungsfähigkeit beim Einfädeln in die Kreisausfahrt

Leistungsfähigkeit von Bypässen

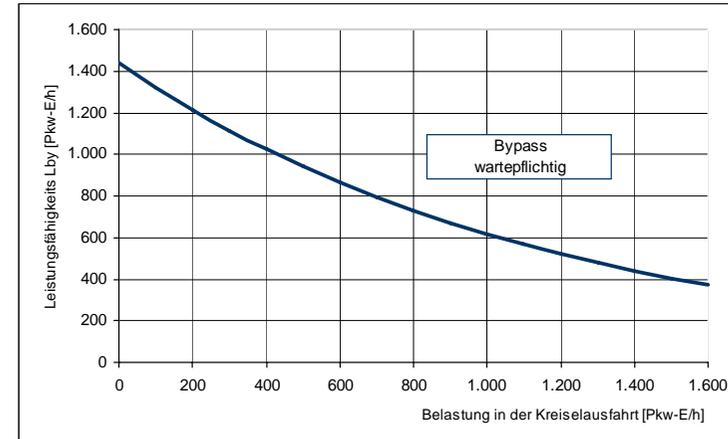
Bypässe haben einen **Leistungsfähigkeits-Grundwert** von 1.400 – 1.500 Pkw-E/h. Werden Bypässe über eine vorfahrregelnde Beschilderung in die Knotenpunktausfahrt eingefädelt (ähnliche Situation wie Rechtsabbieger neben Dreiecksinseln) so berechnet sich die Leistungsfähigkeit wie folgt:

$$L_{by} = \frac{3.600}{t_f} \cdot e^{-\frac{qa}{3.600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2})}$$

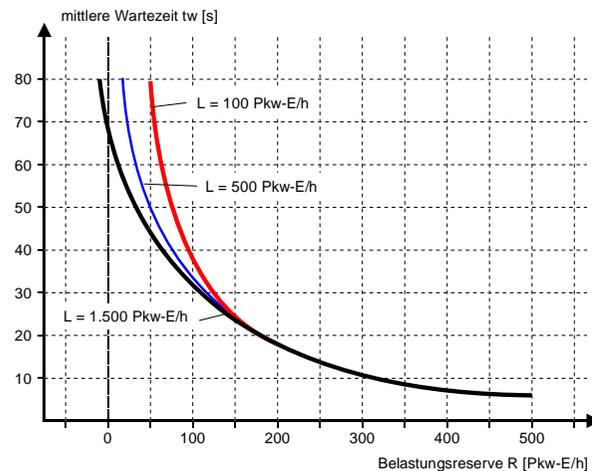
- L_{by} = Leistungsfähigkeit Bypass [Pkw-E/h]
- qa = Belastung der Kreisausfahrt [Pkw-E/h]
- t_f = 2,5 s (Folgezeitlücke)
- t_g = 4,3 s (Grenzzeitlücke)



Leistungsfähigkeit von Bypässen



Mittlere Wartezeit



Näherungswert für $R > 100$

$$t_w = \frac{3.600}{R_z}$$

Mittlere Wartezeit

$$t_w = t_{w1} + E + \frac{1}{\mu} \quad t_{w1} = \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{F^2 + G} - F)$$

$$F = \frac{1}{\mu^* - \lambda^*} \cdot \frac{T}{2} \cdot (\mu - \lambda) \cdot y + y + \frac{h}{\mu} + E$$

$$G = \frac{2 \cdot T \cdot y}{\mu^* - \lambda^*} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu} - (\mu - \lambda) \cdot E \right)$$

$$E = \frac{\mu^*}{\mu^* \cdot (\mu^* - \lambda^*)}$$

$$h = \mu - \mu^* + \lambda^*$$

$$y = 1 - \frac{h}{\lambda}$$

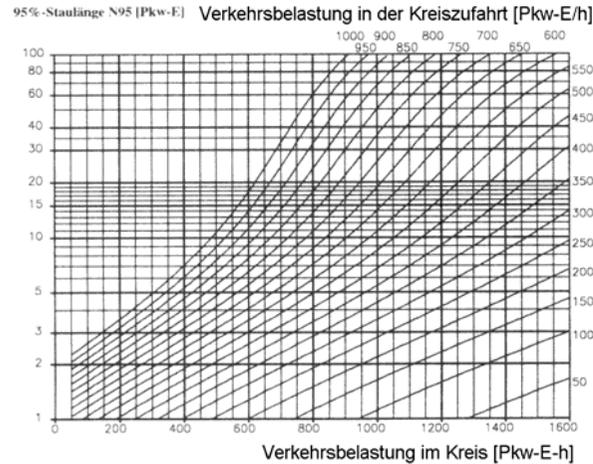
$$\mu = \frac{L}{3.600} \text{ Fz/s}$$

$$\lambda = \frac{q}{3.600} \text{ Fz/s}$$

T = Dauer der Spitzenperiode

* = Werte nach der Spitzenperiode ca. 80% der Spitzenstunde

Anzahl der gestauten Fahrzeuge / Rückstaulänge



Anzahl der gestauten Fahrzeuge / Rückstaulänge

$$N_{95} \cong \frac{\mu \cdot T}{4} \cdot (a - 1 + \sqrt{(1 - a)^2 + \frac{24 \cdot a}{\mu \cdot T}}) \quad [Fz]$$

$$N_{99} \cong \frac{\mu \cdot T}{4} \cdot (a - 1 + \sqrt{(1 - a)^2 + \frac{36,84 \cdot a}{\mu \cdot T}}) \quad [Fz]$$

$$a = \frac{q}{L} \quad \text{Auslastungsgrad}$$

$$\mu = \frac{L}{3.600} \quad \text{Fz/s}$$

T = Dauer der Spitzenperiode

Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes

Qualitätsstufe	mittlere Wartezeit	erforderliche Belastungsreserve	Erläuterungen
	[s]	Pkw-E/h	
A	10	400	sehr gute Qualität
B	15	300	gute Qualität
C	25	200	zufriedenstellende Qualität
D	45	100	ausreichende Qualität
E	> 45	0	ausgelastet
F	---	0	überlastet

Zusammenfassung der Arbeitsschritte

- **Ermittlung der maßgebenden Prognoseverkehrsstärken für die einzelnen Knotenpunktströme, differenziert nach den Fahrzeugarten Pkw, Lkw, Lz und Rad, sowie der Fußgängerverkehrsstärken an den Querungsstellen.**
- **Festlegung der Obergrenze für die mittlere Wartezeit bzw. die angestrebte Qualitätsstufe unter Berücksichtigung der angestrebten Verkehrsqualität und der Vorgaben aus der Straßennetzgestaltung (RAS-N, 1988).**
- **Festlegung der baulichen Gestaltung des Kreisverkehrs**
 Anzahl der Fahrspuren in der Zufahrt,
 Anzahl der Fahrspuren im Kreis,
 Art der Fußgängerquerungen,
 Längsneigungen in den Zufahrten.

Kleine Kreisverkehre

- Umrechnung aller Verkehrsstärken in Pkw-Einheiten für die Ströme in allen Zufahrten und im Kreis zur Berücksichtigung der verschiedenen Fahrzeugarten und der Längsneigungen in den Knotenpunktzufahrten.
- Bestimmung der maßgebenden Verkehrsbelastungen in den Zufahrten und im Kreis.
- Ermittlung der Grund-Leistungsfähigkeit für alle Zufahrten.
- Berücksichtigung des Einflusses der Fußgänger durch Abminderung der Grund-Leistungsfähigkeit.
- Berechnung der Leistungsfähigkeit Kreiszufahrt, Kreisausfahrt und ggf. von Bypässen
- Ermittlung der Belastungsreserven, der mittleren Wartezeiten und der Rückstaulängen in allen Zufahrten; Berechnung der zulässigen Verkehrsstärken; Ermittlung der vorhandenen Qualitätsstufen.

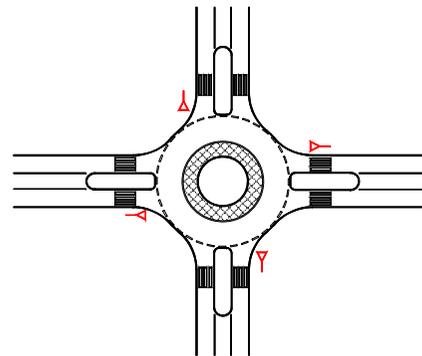
Kleine Kreisverkehre

3. Berechnung von Kreisverkehren

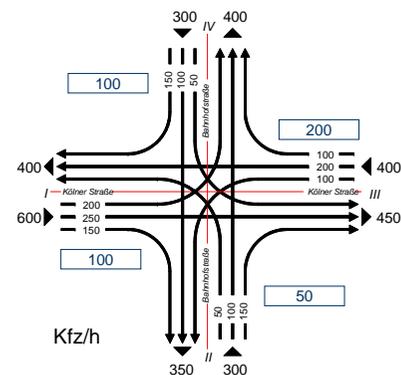
3.4 Berechnungsbeispiele

Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 1

Kreisgeometrie



Knotenstrombelastungen



Umrechnungsfaktor Kfz/h -> Pkw-E/h: 1,1

Kleine Kreisverkehre | Programm RK-KKV

Knotenpunkt

Knotenpunkt	Belastung	Ausbauform
000 Neuen Knotenpunkt anlegen	000 Neue Knotenstrombelastung anlegen	000 -Neue Ausbauform
104 Kölner Straße / Bahnhofstraße	104 BSP-01 16:00 -17:00 Uhr	104 Kölner 1-spuriger Kreisverkehr
105 FH-Straße / Kreuzstraße		

Dimensionsfall

Kölner Straße / Bahnhofstraße
 Kleiner 1-spuriger Kreisverkehr / 16:00 - 17:00 Uhr
 Kleiner 1-spuriger Kreisverkehr

Kreis-Zufahrt

	nz	By	qzm	Lz	az	wz	N95	OSV
			Pkw-E/h		%	s	Fz	
1 Kölner Straße West	1	0	660	968	67	11	6	B
2 Bahnhofstraße Süd	1	0	330	741	45	9	2	A
3 Kölner Straße Ost	1	0	440	900	48	8	3	A
4 Bahnhofstraße Nord	1	0	330	808	37	6	2	A

Maßgebende Qualitätsstufe des Verkehrsausbaues: **B**

Kreis-Ausfahrt

	qa	La	wa	OSV	gty	Lty	wty	OSV
			s				%	
1 Kölner Straße West	440	1205	5	A	0	1030	0	
2 Bahnhofstraße Süd	385	1118	5	A	0	947	0	
3 Kölner Straße Ost	495	1252	5	A	0	992	0	
4 Bahnhofstraße Nord	440	1205	5	A	0	992	0	

Maßgebende Qualitätsstufe des Verkehrsausbaues: **A**

Kreisdaten

Bahnhofstraße Nord

Bahnhofstraße Süd

Kölner Straße West

Kölner Straße Ost

Summe Knotenstrombelastung: **1600**

Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 1

Seminar Kreisverkehr

BSP-01

Knotenpunkt: 104 **Köln Straße / Bahnhofstraße**
Planfall: BSP-01 **Kleiner 1-spuriger Kreisverkehr**
Knotenpunktform: **Kleiner 1-spuriger Kreisverkehr**
Zeitintervall: 16:00 - 17:00 Uhr

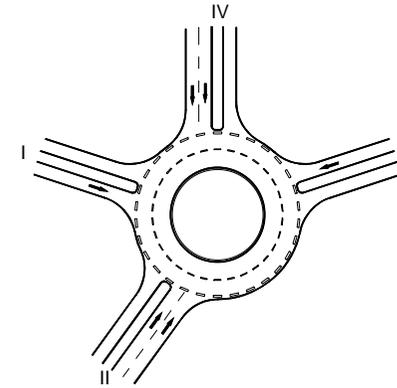
Zufahrt z	Kreisform				Belastungen								Zufahrt							
	nk	nz	By	add	kz	qz	qby	qkz	qa	qka	qk	Fg	fg	L0	L	R	a	w	N95	QSV
1 Köln Straße West	1	1	0	0	600	660	0	660	440	440	275	100	0,989	990	988	328	67	11	6,0	B
2 Bahnhofstraße Süd	1	1	0	0	300	330	0	330	385	385	550	200	0,956	775	741	411	45	9	2,0	A
3 Köln Straße Ost	1	1	0	0	400	440	0	440	495	495	385	50	1,000	908	908	468	48	8	3,0	A
4 Bahnhofstraße Nord	1	1	0	0	300	330	0	330	440	440	385	100	0,989	908	898	568	37	6	2,0	A
Summe					1.600	1.760	0	1.760	1.760	1.760										B

Zufahrt z	Ausfahrt				Bypass				Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes							
	L	R	a	W	N95	QSV	L	R	a	w	N95	QSV	A	w < 10 s	D	w < 45 s
1 Köln Straße West	1	1.205	765	37	5	1,7	A									
2 Bahnhofstraße Süd	1	1.118	733	34	5	1,6	A									
3 Köln Straße Ost	1	1.252	757	40	5	2,0	A									
4 Bahnhofstraße Nord	1	1.205	765	37	5	1,7	A									
Summe							A									

nk	Anzahl der Spuren im Kreis	kz	Zufahrtbelastung	qk	Belastung im Kreis	L	Leistungsfähigkeit
nz	Anzahl der Spuren in der Zufahrt	qz	Belastung Knotenzufahrt	Fg	Fußgängerbelastung	R	Belastungs-Reserve
By	1 = Bypass in Zufahrt vorhanden	qby	Belastung Bypass	fg	Abminderungsfaktor Fußgänger	a	Auslastungsgrad
add	1 = Spuraddition in Ausfahrt	qkz	Belastung Kreiseinfahrt	w	mittlere Wartezeit	w	mittlere Wartezeit
		qa	Belastung Knotenausfahrt	N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)	N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)
		qka	Belastung Kreisausfahrt	QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf	QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf

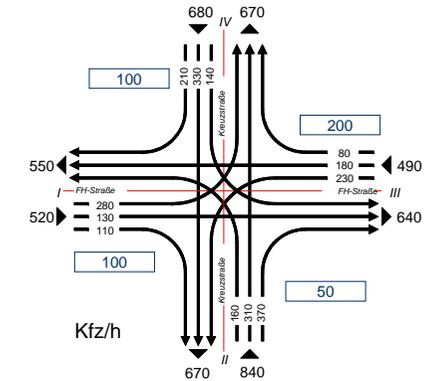
Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 2

Kreisgeometrie



Umrechnungsfaktor Kfz/h -> Pkw-E/h: 1,1

Knotenstrombelastungen



Fußgängerbelastungen

Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 2

Seminar Kreisverkehr

BSP-02

Knotenpunkt: 105 **FH-Straße / Kreuzstraße**
Planfall: BSP-02 **Belastungen BSP 02**
Knotenpunktform: **2-spuriger Kreisverkehr**
Zeitintervall: 16:00-17:00 Uhr

Zufahrt z	Kreisform				Belastungen								Zufahrt							
	nk	nz	By	add	kz	qz	qby	qkz	qa	qka	qk	Fg	fg	L0	L	R	a	w	N95	QSV
1 FH-Straße West	1	1	0	0	520	572	0	572	605	605	770	100	0,992	750	744	172	77	20	9,0	C
2 Kreuzstraße Süd	1	2	0	0	840	924	0	924	737	737	605	50	0,966	983	950	26	97	63	31,0	E
3 FH-Straße Ost	1	1	0	0	490	539	0	539	704	704	825	200	0,985	716	705	166	76	21	9,0	C
4 Kreuzstraße Nord	1	2	0	0	680	748	0	748	737	737	627	200	0,916	965	884	136	85	25	14,0	C
Summe					2.530	2.783	0	2.783	2.783	2.783										E

Zufahrt z	Ausfahrt				Bypass				Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes							
	L	R	a	W	N95	QSV	L	R	a	w	N95	QSV	A	w < 10 s	D	w < 45 s
1 FH-Straße West	1	1.205	600	50	6	3,0	A									
2 Kreuzstraße Süd	1	1.252	515	59	7	4,2	A									
3 FH-Straße Ost	1	1.118	414	63	9	5,0	A									
4 Kreuzstraße Nord	1	1.118	381	66	9	5,6	A									
Summe							A									

nk	Anzahl der Spuren im Kreis	kz	Zufahrtbelastung	qk	Belastung im Kreis	L	Leistungsfähigkeit
nz	Anzahl der Spuren in der Zufahrt	qz	Belastung Knotenzufahrt	Fg	Fußgängerbelastung	R	Belastungs-Reserve
By	1 = Bypass in Zufahrt vorhanden	qby	Belastung Bypass	fg	Abminderungsfaktor Fußgänger	a	Auslastungsgrad
add	1 = Spuraddition in Ausfahrt	qkz	Belastung Kreiseinfahrt	w	mittlere Wartezeit	w	mittlere Wartezeit
		qa	Belastung Knotenausfahrt	N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)	N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)
		qka	Belastung Kreisausfahrt	QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf	QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf

Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 2

Seminar Kreisverkehr

BSP-02

Knotenpunkt: 105 **FH-Straße / Kreuzstraße**
Planfall: BSP-02 **Belastungen BSP 02**
Knotenpunktform: **2-spuriger Kreisverkehr mit Bypass**
Zeitintervall: 16:00-17:00 Uhr

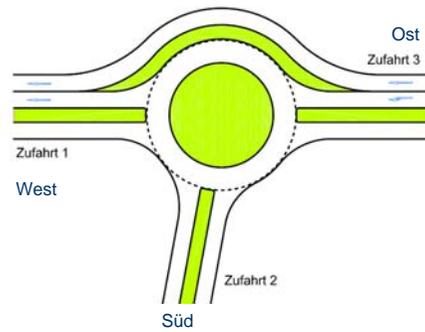
Zufahrt z	Kreisform				Belastungen								Zufahrt							
	nk	nz	By	add	kz	qz	qby	qkz	qa	qka	qk	Fg	fg	L0	L	R	a	w	N95	QSV
1 FH-Straße West	1	1	0	0	520	572	0	572	605	605	770	100	0,992	750	744	172	77	20	9,0	C
2 Kreuzstraße Süd	1	2	1	0	840	924	407	517	737	737	605	50	0,966	983	950	433	54	8	4,0	A
3 FH-Straße Ost	1	1	0	0	490	539	0	539	704	297	825	200	0,985	716	705	166	76	21	9,0	C
4 Kreuzstraße Nord	1	2	0	0	680	748	0	748	737	737	627	200	0,916	965	884	136	85	25	14,0	C
Summe					2.530	2.783	407	2.376	2.783	2.376										C

Zufahrt z	Ausfahrt				Bypass				Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes							
	L	R	a	W	N95	QSV	L	R	a	w	N95	QSV	A	w < 10 s	D	w < 45 s
1 FH-Straße West	1	1.205	600	50	6	3,0	A									
2 Kreuzstraße Süd	1	1.252	515	59	7	4,2	A	1.120	713	36	5	2	A			
3 FH-Straße Ost	1	1.118	821	27	4	1,1	A									
4 Kreuzstraße Nord	1	1.118	381	66	9	5,6	A									
Summe							A									

nk	Anzahl der Spuren im Kreis	kz	Zufahrtbelastung	qk	Belastung im Kreis	L	Leistungsfähigkeit
nz	Anzahl der Spuren in der Zufahrt	qz	Belastung Knotenzufahrt	Fg	Fußgängerbelastung	R	Belastungs-Reserve
By	1 = Bypass in Zufahrt vorhanden	qby	Belastung Bypass	fg	Abminderungsfaktor Fußgänger	a	Auslastungsgrad
add	1 = Spuraddition in Ausfahrt	qkz	Belastung Kreiseinfahrt	w	mittlere Wartezeit	w	mittlere Wartezeit
		qa	Belastung Knotenausfahrt	N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)	N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)
		qka	Belastung Kreisausfahrt	QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf	QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf

Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 3

Kreisgeometrie



Anschlussstelle XYZ

Knotenstrombelastungen

Knotenstrombelastungen in Pkw-E/h

von/nach	1	2	3
1	50	360	400
2	230	30	500
3	600	380	0

Kein Fußgängerverkehr

Kleine Kreisverkehre | Berechnungsbeispiel 3

Seminar Kreisverkehr | BSP-03

Knotenpunkt: 106 Anschlussstelle XYZ
 Planfall: BSP-03 Belastungen BSP 02
 Knotenpunktform: 3-armiger Kreisverkehr mit Bypass
 Zeitintervall: 16:00 - 17:00 Uhr

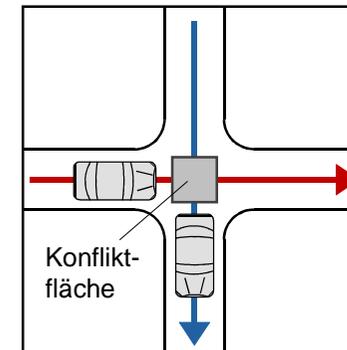
Zufahrt z	Kreisform				Belastungen								Zufahrt										
	nk	nz	By	add	kz	qz	qby	qkz	qa	qka	qk	Fg	fg	L0	L	R	a	w	N95	QSV			
	---	---	---	---	Fz/h	Pkw-E/h					Fgh	---	Pkw-E/h			%	s/Fz	Pkw-E	---				
1 West	1				1	0	1	810	810	0	810	880	280	410	0	1,000	887	887	77	91	38	21,0	D
2 Süd	1				1	0	0	760	760	0	760	770	770	450	0	1,000	855	855	95	89	33	16,0	D
3 Ost	1				1	1	0	980	980	600	380	900	900	310	0	1,000	970	970	590	39	6	2,0	A
4	0																						
Summe					1	1		2.550	2.550	600	1.950	2.550	1.950										D

Zufahrt z	Ausfahrt						Bypass						Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes				
	L	R	a	w	N95	QSV	L	R	a	w	N95	QSV	A	w < 10 s	D	w < 45 s	
	Pkw-E/h		%	s/Fz	Pkw-E	---	Pkw-E/h		%	s/Fz	Pkw-E	---	B	w < 20 s	E	w > 45 s und a < 100 %	
1 West	1	1.300	1.020	22	4	0,8	A										
2 Süd	1	1.300	530	59	7	4,3	A										
3 Ost	1	1.300	400	69	9	6,5	A	1.600	1.000	38	4	2	A				
4	0																
Summe							A						A				

nk	Anzahl der Spuren im Kreis	kz	Zufahrtsbelastung	qk	Belastung im Kreis	L	Leistungsfähigkeit
nz	Anzahl der Spuren in der Zufahrt	qz	Belastung Knotenzufahrt	Fg	Fußgängerbelastung	R	Belastungs-Reserve
By	1 = Bypass in Zufahrt vorhanden	qby	Belastung Bypass	fg	Abminderungsfaktor Fußgänger	a	Auslastungsgrad
add	1 = Spurenddition in Ausfahrt	qkz	Belastung Kreiseinfahrt			w	mittlere Wartezeit
		qa	Belastung Knotenausfahrt			N95	Anzahl gestaute Fz (95%-Wert)
		qka	Belastung Kreisausfahrt			QSV	Qualitätsstufe Verkehrsablauf

4. Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage

4.1 Grundlagen der Signalsteuerung



Konfliktfläche

Fahrzeuge der sich kreuzenden Ströme müssen die Konfliktfläche zeitlich nacheinander befahren

Vorfahrtregelung nach STVO

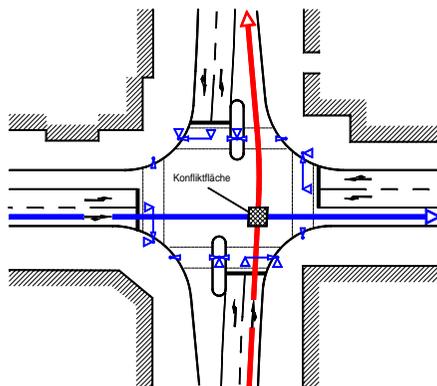


„rechts vor links“

Vorfahrt-
beschilderung

Kreisverkehr

Lichtsignal-
steuerung



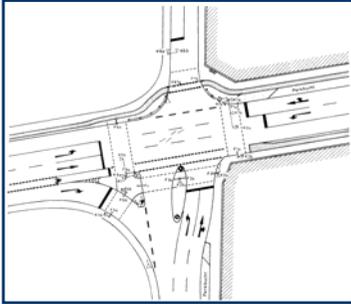
Untereinander nicht verträgliche Ströme werden zeitlich nacheinander frei gegeben.
Die wechselseitige Freigabe erfolgt durch Lichtzeichen



- ▶ Erhöhung der Verkehrssicherheit
- ▶ Erhöhung der Leistungsfähigkeit
- ▶ Verbesserung der Qualität des Verkehrslaufes (Minimierung von Wartezeiten u. Staulängen)
- ▶ ÖPNV-Bevorrechtigung
- ▶ Steuerung und Lenkung des Verkehrs (Zufahrtsdosierung / Pförtneranlage)

Planungsgrundlagen

- ▶ Kenntnisse über den Verkehrsablauf an Knotenpunkten mit LSA
- ▶ Knotenstrombelastungen
- ▶ Knotenpunktgeometrie / Art Anzahl und Länge der Spuren
- ▶ Randbedingungen: z.B. Grüne Welle, ÖPNV-Bevorrechtigung, ...



Gesetze, Richtlinien, Regelwerke

- ▶ Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)
- ▶ Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO)
- ▶ **Richtlinien für die Anlage von Lichtsignalanlagen (RiLSA), Ausgabe 1992 / Teilfortschreibung 2003**
- ▶ **Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)**
- ▶ Merkblatt über Schalt- und Steuergeräte für Lichtsignalanlagen, Ausgabe 1988
- ▶ Merkblatt über Detektoren für den Straßenverkehr, Ausgabe 1991
- ▶ Hinweise zur Bevorrechtigung des öffentlichen Personennahverkehrs bei der Lichtsignalsteuerung, Ausgabe 1993
- ▶ ...

Lichtzeichen

§37 STVO

Wechsellichtzeichen, Dauerlichtzeichen und Grünpfeil

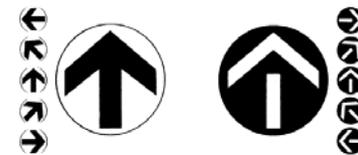
- ▶ Lichtzeichen gehen Vorrangregeln, vorrangregelnden Verkehrsschildern und Fahrbahnmarkierungen vor.
- ▶ Wechsellichtzeichen haben die Farbfolge Grün - Gelb - Rot - Rot und Gelb - Grün



Signalbild „Volle Scheibe“

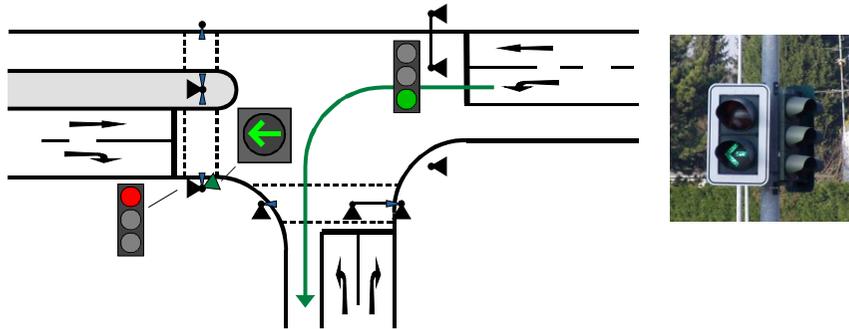
Lichtzeichen

- ▶ **Richtungssignale:**
Nur in Richtung des Pfeils ist der Verkehr freigegeben.



▶ Lichtzeichen

- ▶ **Grüner Pfeil hinter der Kreuzung**
Gegenverkehr ist angehalten; Linksabbieger können gesichert abfließen



▶ Lichtzeichen

- ▶ **Einfeldige und zweifeldige Signale für den Kfz-Verkehr**
Signalbildfolgen Rot / Gelb, Gelb / Grün für Rechtsabbieger
Dunkel / Gelb / Rot / Dunkel



- ▶ **Grünpfeil**
Abbiegen nach rechts ist auch bei Rot erlaubt



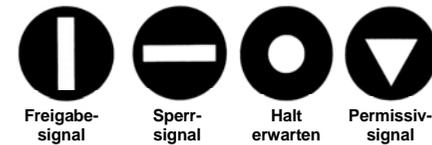
▶ Lichtzeichen

- ▶ **Signalbilder für Fußgänger und Radfahrer**
Zweifeldige oder dreifeldige Signalgeber



▶ Lichtzeichen

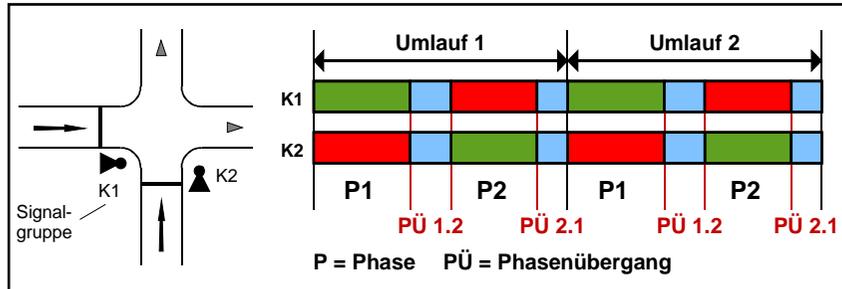
- ▶ **Signalbilder für Straßenbahnen und Busse auf systemeigener Spur**



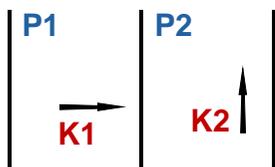
- ▶ **Blinklichter**



Phaseneinteilung | Grundstruktur von Signalprogrammen



Phasen

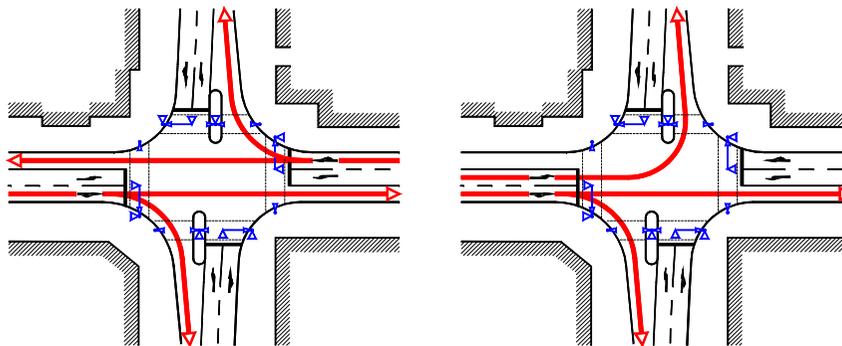


Untereinander nicht verträgliche Ströme werden zeitlich nacheinander frei gegeben – **Einteilung in Phasen**
Jede Phase wird in der Regel 1-mal je Umlauf frei gegeben

Phaseneinteilung

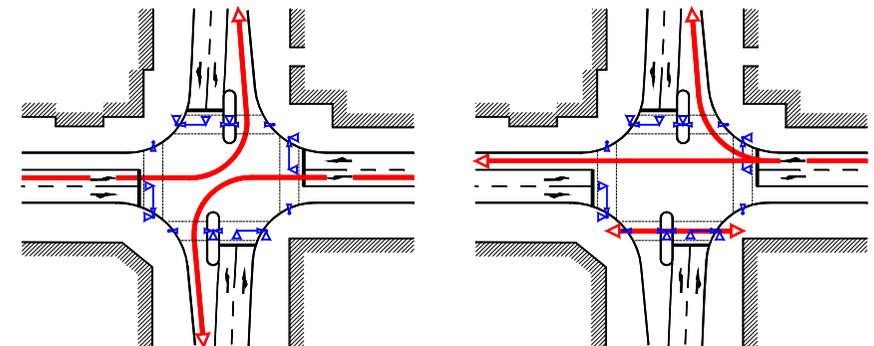


Phaseneinteilung | Verträgliche Ströme



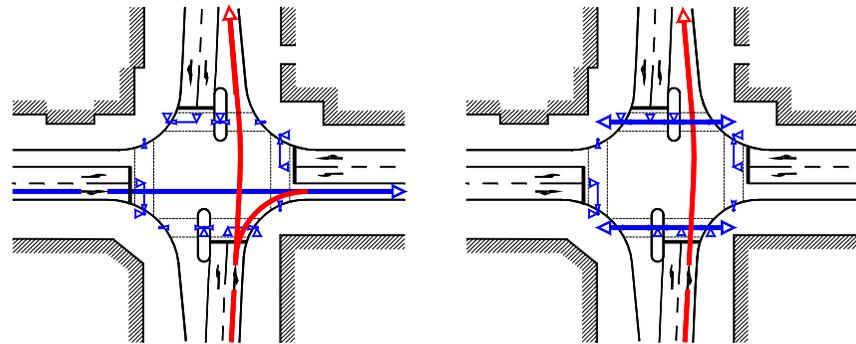
Verträgliche Ströme haben keine gemeinsame Konfliktfläche
Verträgliche Ströme können gleichzeitig frei gegeben werden

Phaseneinteilung | Verträgliche Ströme



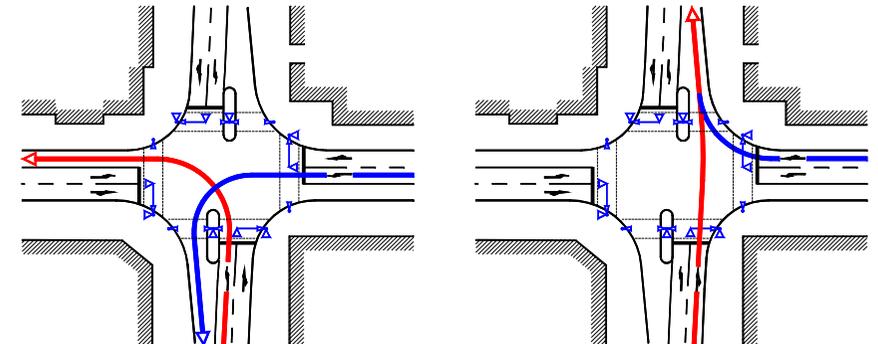
Verträgliche Ströme haben keine gemeinsame Konfliktfläche
Verträgliche Ströme können gleichzeitig frei gegeben werden

▶ Phaseneinteilung | Nicht verträgliche Ströme



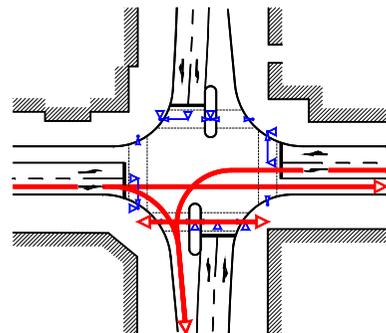
Nicht verträglicher Ströme haben eine gemeinsame Konfliktfläche
 Nicht verträgliche Ströme müssen nacheinander frei gegeben werden

▶ Phaseneinteilung | Nicht verträgliche Ströme



Nicht verträglicher Ströme haben eine gemeinsame Konfliktfläche
 Nicht verträgliche Ströme müssen nacheinander frei gegeben werden

▶ Phaseneinteilung | Bedingt verträgliche Ströme

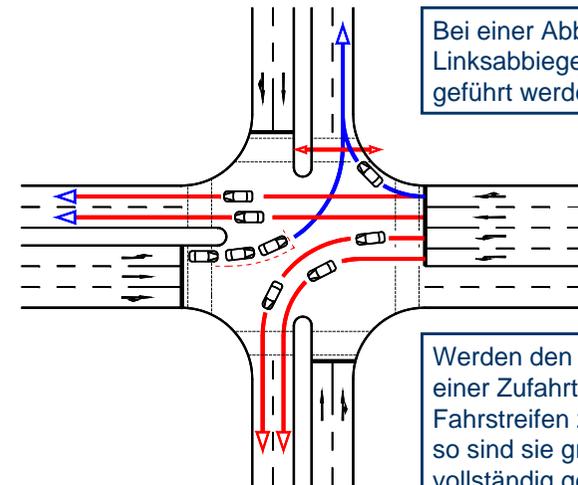


Linksabbieger
 mit entgegenkommenden Geradeaus- und Rechtsabbiegeströmen sowie Fußgängern in der Richtung in die abgelenkt wird.

Rechtsabbieger
 mit Fußgängern in der Richtung in die abgelenkt wird.

Bedingt verträgliche Ströme können gleichzeitig frei gegeben werden
 Bedingt verträgliche Ströme sind signaltechnisch nicht vollständig gesichert

▶ Phaseneinteilung | Linksabbieger



Bei einer Abbiegespur können Linksabbieger bedingt verträglich geführt werden

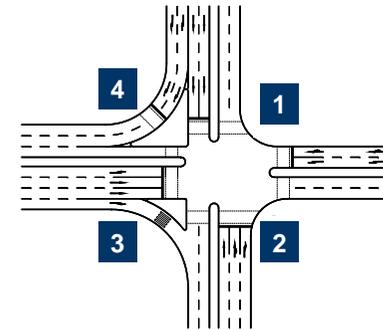
Werden den Linksabbiegern in einer Zufahrt zwei oder mehr Fahrstreifen zur Verfügung gestellt, so sind sie grundsätzlich vollständig gesichert zu führen.

Phaseneinteilung | Linksabbieger

Die vollständig signaltechnische Sicherung von Linksabbiegern ist umso dringlicher:

- ▶ je schneller im Gegenverkehr gefahren wird,
- ▶ je zügiger der Linksabbiegestrom geführt wird,
- ▶ je stärker der linksabbiegende Verkehr oder ein ihn kreuzender nichtverträglicher Strom ist
- ▶ je schlechter die Sicht auf bedingt verträgliche Ströme ist
- ▶ je mehr die Aufmerksamkeit der Linksabbieger durch eine Häufung möglicher Konfliktfälle beansprucht wird (z.B. Straßenbahn, mehrstreifiger Gegenverkehr, Rechtsabbieger und gleichzeitig freigegebener Fußgänger- und Radverkehr)

Phaseneinteilung | Rechtsabbieger



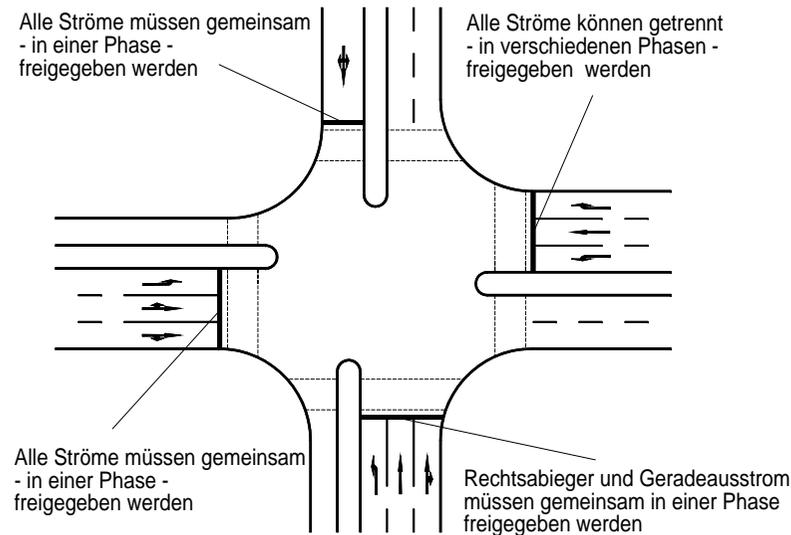
Einspurig oder in Kombination mit einem Geradeausstrom geführte Rechtsabbieger können gleichzeitig mit dem Fußgängerstrom (in der Zufahrt in die abgebogen wird) freigegeben werden (1).

Rechtsabbieger, die einspurig neben Dreiecksinseln geführt werden (3) müssen nicht signalisiert werden; die Fußgänger können über Fußgängerüberwege geführt werden.

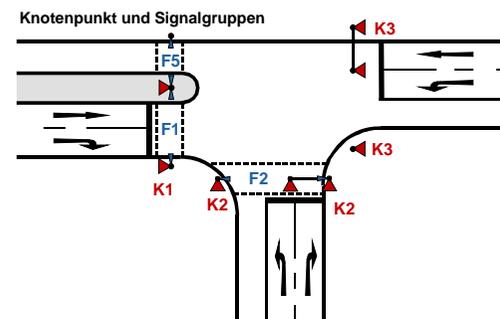
Gesonderte Signalisierung von Rechtsabbiegern und Fußgängern erforderlich:

- ▶ bei zweispurig geführten Rechtsabbiegern (2) (4),
- ▶ bei starken Fußgänger- und Radverkehrsströmen,
- ▶ wenn zu zügig abgebogen wird und Fußgänger und Radfahrer ungenügend beachtet werden.

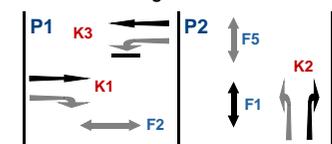
Phaseneinteilung | Spuraufteilung



Phaseneinteilung | 2 Phasen



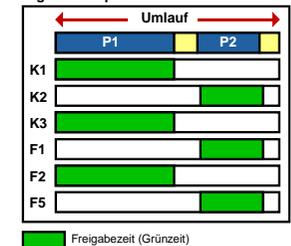
Phaseneinteilung



■ vollständig gesicherter Strom ■ bedingt verträglicher Strom

↔ Linksabbieger wartepflichtig gegenüber Gegenverkehr und Fußgängern

Signalzeitenplan

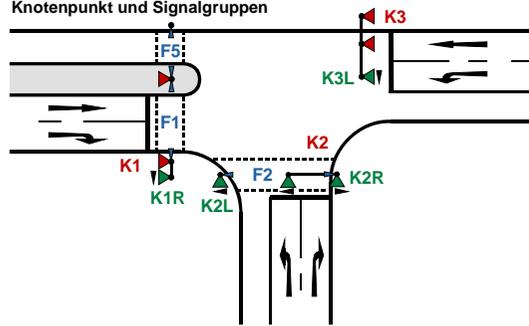


Signalgeber

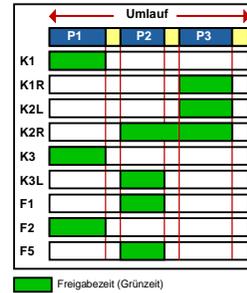
Signal-Gruppe	Signal-geber	Signal-Gruppe	Signal-geber
K1		F1	
K2		F2	
K3		F3	

Phaseneinteilung | 3 Phasen

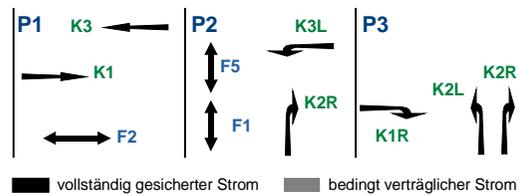
Knotenpunkt und Signalgruppen



Signalzeitenplan



Phaseneinteilung

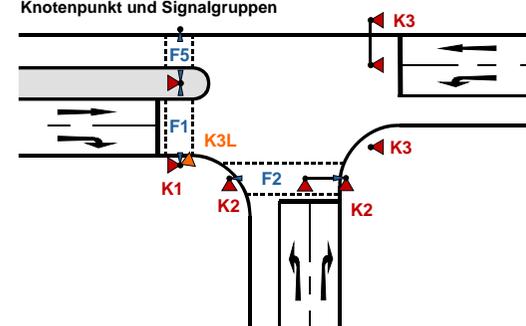


Signalgeber

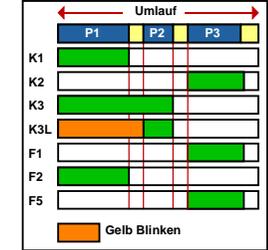
Signal-Gruppe	Signal-geber	Signal-Gruppe	Signal-geber
K1		F1	
K3		F2	
K1R		F3	
K2R		K2L	
		K3L	

Phaseneinteilung | 3 Phasen - Nachlauf

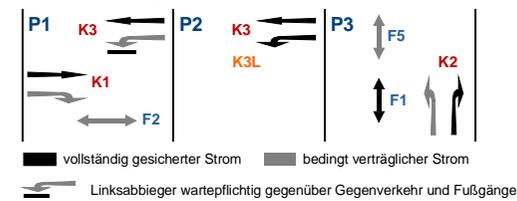
Knotenpunkt und Signalgruppen



Signalzeitenplan



Phaseneinteilung

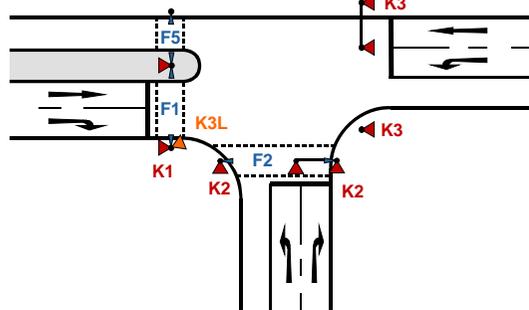


Signalgeber

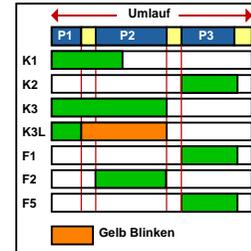
Signal-Gruppe	Signal-geber	Signal-Gruppe	Signal-geber
K1		F1	
K2		F2	
K3		F3	
K3L			

Phaseneinteilung | 3 Phasen - Vorlauf

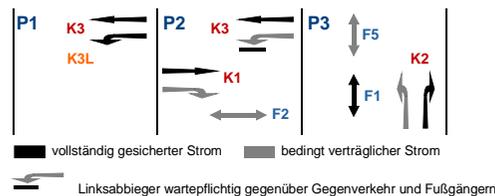
Knotenpunkt und Signalgruppen



Signalzeitenplan



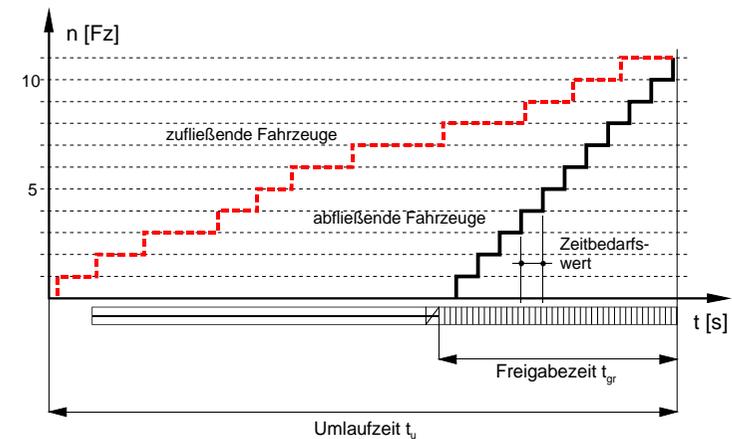
Phaseneinteilung



Signalgeber

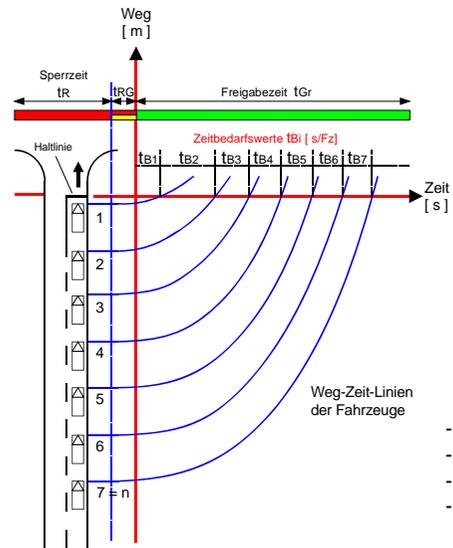
Signal-Gruppe	Signal-geber	Signal-Gruppe	Signal-geber
K1		F1	
K2		F2	
K3		F3	
K3L			

Freigabezeiten



Alle während eines Umlaufes ankommenden Fahrzeuge sollen während der Freigabezeit abfließen können

Zeitbedarfswert



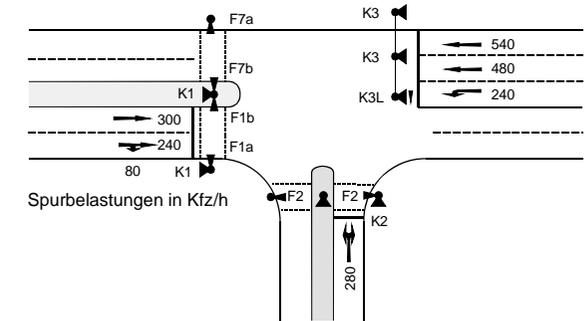
$$t_B = \frac{\sum t_{Bi}}{n} \quad [s / Fz]$$

- Geradeausstrom: 1,8 s/Pkw-E
- Rechtsabbieger (R < 10 m): 2,1 s/Pkw-E
- Rechtsabbieger (10 < R < 20): 2,0 s/Pkw-E
- Linksabbieger (R < 25 m): 2,1 s/Pkw-E

Freigabezeiten

Die erforderliche Freigabezeit ist abhängig von:

- ▶ der Verkehrsbelastung der jeweiligen Signalgruppe
- ▶ der Anzahl und der Art der Spuren
- ▶ der Umlaufzeit
- ▶ dem Zeitbedarfswert



Freigabezeiten

Berechnung der erforderlichen Freigabezeit

$$t_{gr,e} = \frac{q \cdot t_u \cdot t_B}{3.600} = \frac{q}{q_s} \cdot t_u \quad [s]$$

- $t_{gr,e}$ = erforderliche Freigabezeit
- q = maßgebende Spurbelastung in Fz/h
- t_u = Umlaufzeit in s
- t_B = Zeitbedarfswert s/Fz
- q_s = Sättigungsverkehrsstärke in Fz/h

Freigabezeiten

Erforderliche Freigabezeit $t_{gr,e}$

- ▶ Auslastung = 100 % → Belastung = Leistungsfähigkeit
- ▶ Im Signalprogramm größere Freigabezeiten schalten → Auslastungsgrad < 85 % anstreben
- ▶ Qualitätsstufe des Verkehrsablaufes beachten
- ▶ RiLSA: Dimensionierungsfaktor 1,20: $q^* = q \cdot 1,2$

$$a = \frac{q}{L} = \frac{t_{gr,e}}{t_{gr}} \quad [-]$$

Sättigungsverkehrsstärke =

maximale Anzahl von Fahrzeugen, die bei 1 Stunde Dauergrün die Haltlinie aus einer Spur passieren können.

$$q_s = \frac{3.600}{t_B} \quad [\text{Fz/h}]$$

Standardwert: 1.800 ... 2.000 Fz/h

$$t_B = 1,8 \dots 2,0 \text{ s/Fz}$$

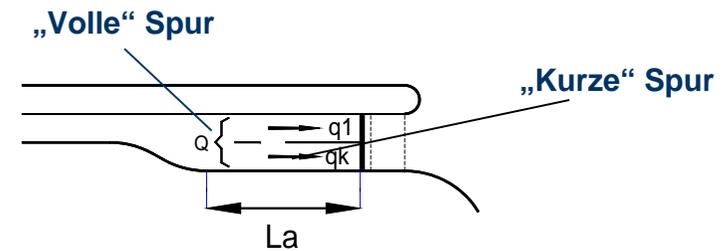
Einflussfaktoren auf die Sättigungsverkehrsstärke:

- ▶ Schwerverkehrsanteil
- ▶ Fahrstreifenbreite (> 3,00 bis 3,50 m)
- ▶ Fahrtrichtung (abbiegende Fahrzeuge)
- ▶ Neigungsverhältnisse (Steigungen)
- ▶ Fußgängerverkehr (bedingt verträgliche Signale)
- ▶ Witterungsverhältnisse
- ▶ Örtliche Besonderheiten

$$q_s = f_1 \cdot f_2 \cdot q_{s,0} \quad [\text{Fz/h}]$$

Einflussgröße		Faktor	Einflussgröße		Faktor
Schwerverkehrsanteil [%]	< 2	1,00	Längsneigung [%]	+ 5,0	0,85
	5	0,98		+ 3,0	0,90
	10	0,93		0,0	1,00
	15	0,80		- 3,0	1,10
	20	0,77		- 5,0	1,15
Fahrstreifenbreite [m]	≥ 3,00	1,00	Fußgängerverkehr	schwach	1,00
	2,75	0,90		mittel	0,90
	2,60	0,85		stark	0,80
Standardsättigungsverkehrsstärken [Fz/h]					
Abbiegeradius [m]	> 15	1,00	Freigabezeit [s]	> 10	2.000
	≤ 15,00	0,90		10	2.400
	≤ 10,00	0,85		6	3.000
Zwischenwerte interpolieren					

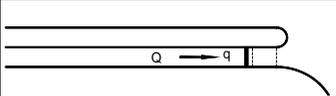
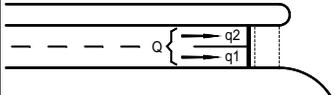
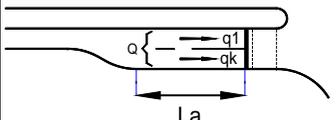
Es werden maximal 2 Faktoren angesetzt



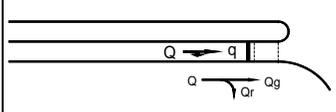
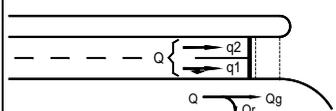
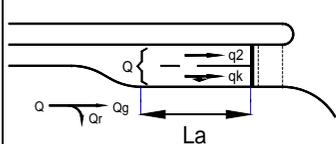
- ▶ „Volle“ Spur: Alle Fahrzeuge, die in einem Umlauf ankommen, können sich auf dieser Spur aufstellen.

$$\frac{q \cdot t_u}{3.600} < \frac{L_a}{6} \quad \text{Kriterium „Volle“ Spur}$$

Freigabezeiten | Maßgebende Spurbelastungen

Fall	maßgebende Spurbelastung q	
	1 „volle“ Spur	$q = Q$
	≥ 2 „volle“ Spuren	$Q = q_1 + q_2 = \sum q_i$ $q = Q \cdot \alpha$
	1 „volle“ Spur 1 kurze Spur	$q_k = \frac{L_a}{6} \cdot \frac{3.600}{t_u}$ $\max \begin{cases} q = Q - q_k \\ q = Q \cdot \alpha \end{cases}$

Freigabezeiten | Maßgebende Spurbelastungen

	1 „volle“, kombinierte Spur	$Q = Q_1 + Q_2$	$q = Q$
	≥ 1 „volle“ Spur eine „volle“ kombinierte Spur	$Q = q_1 + q_2 = Q_g + Q_r$	$\max \begin{cases} q = Q \cdot \alpha \\ q = Q_r \end{cases}$
	1 „volle“ Spur 1 „kurze“ kombinierte Spur	$q_k = \frac{L_a}{6} \cdot \frac{3.600}{t_u}$	$\max \begin{cases} q = Q - q_k \\ q = Q \cdot \alpha \end{cases}$

Mindestfreigabezeiten

- ▶ Für Kraftfahrzeugströme $\min t_{gr} = 10$ s
- ▶ Durchgehender Verkehr der Hauptrichtung: 15 s
- ▶ Bei geringer Verkehrsbelastung: 5 s
- ▶ Verkehrsabhängige Steuerungen: 5 s
- ▶ Straßenbahnen und Linienbusse: 5 s
- ▶ Radfahrer und Fußgänger soll: 5 s
- ▶ Bei Fußgängern ist zusätzlich zu gewährleisten, dass während der Grünzeit rechnerisch mindestens die halbe Fahrbahnbreite zurückgelegt werden kann.
- ▶ Vorgabezeiten für Linksabbieger sollen mindestens 10 s betragen. Wird dabei durch ein Richtungssignal im Knotenpunkt ein signaltechnisch gesicherter Anteil angezeigt, so muss die Anzeigedauer des Grünpfeils mindestens 5 s betragen.

Steuerungsverfahren

▶ Makroskopische Steuerungsebene

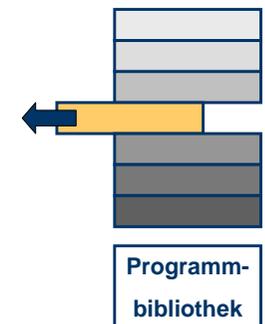
▪ Zeitplanabhängige Signalprogrammauswahl

Morgendliche Spitzenstunde, Normalverkehrszeit, nachmittägliche Spitzenstunde, Schwachverkehrszeiten, Sonderveranstaltungen (z.B. Messe),

▪ Verkehrsabhängige Signalprogrammauswahl

Schwellenwerte des Verkehrsaufkommens einer / mehrerer Zufahrten

Verkehrserfassung



Steuerungsverfahren

Mikroskopische Steuerungsebene

- Kurzfristiges reagieren (im Umlauf) auf die aktuelle Verkehrssituation

Aktuelle Verkehrsbelastungen

ÖPNV-Bevorrechtigung

Anforderung von Fußgängersignalen

....

- „Verkehrsabhängige“ Steuerung
- Aktuelle Erfassung des Verkehrsgeschehens

Steuerungsverfahren

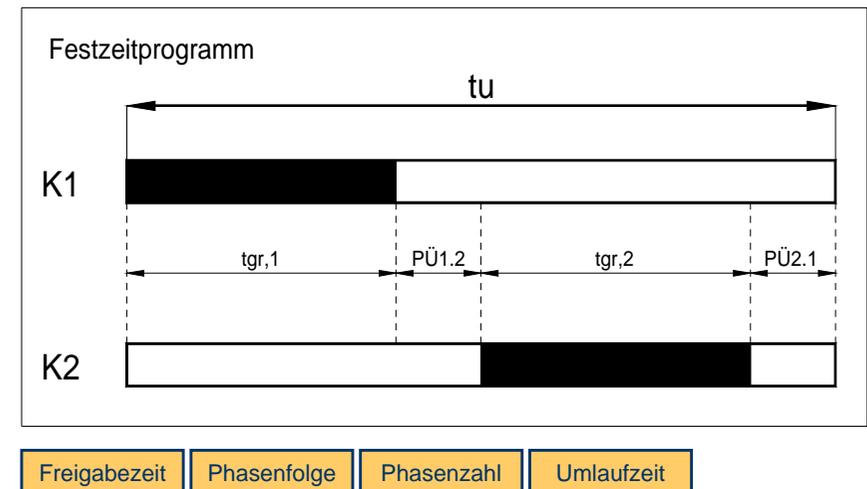
Ein Signalprogramm wird festgelegt durch

- die Umlaufzeit
- die Phasenanzahl
- die Phasenfolge
- die Freigabezeiten

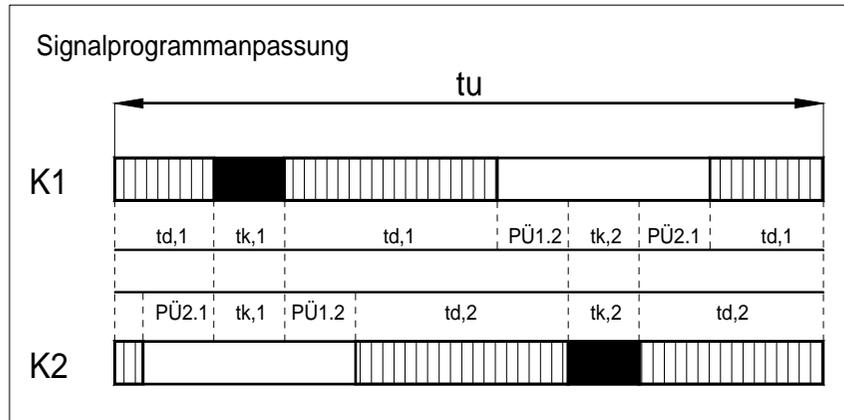
Steuerungsverfahren

Signalprogrammparameter	Festzeitsteuerung	Verkehrsabhängige Steuerung			
		Freigabezeit Anpassung	Phasentausch	Bedarfsphasen	Signalprogramm bildung
Freigabezeit	■				
Phasenfolge	■	■			
Phasenzahl	■	■	■		
Umlaufzeit	■	■	■	■	
Signalprogrammparameter nicht veränderbar					
Signalprogrammparameter veränderbar					

Steuerungsverfahren | Festzeitsteuerung

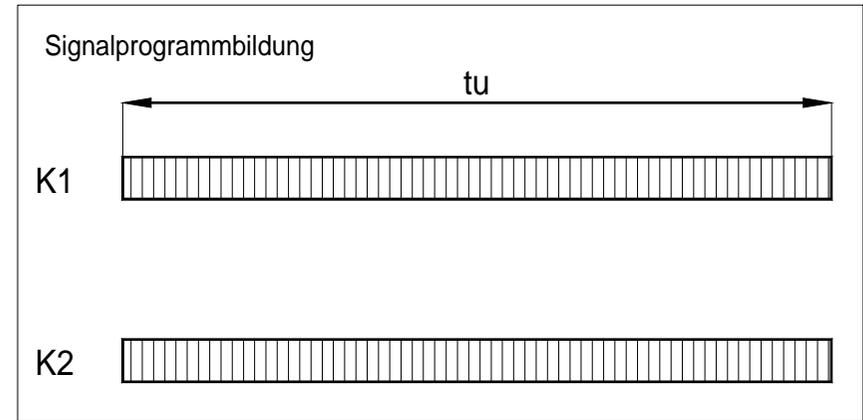


Steuerungsverfahren | Signalprogrammmanpassung



Freigabezeit Phasenfolge Phasenzahl **Umlaufzeit**

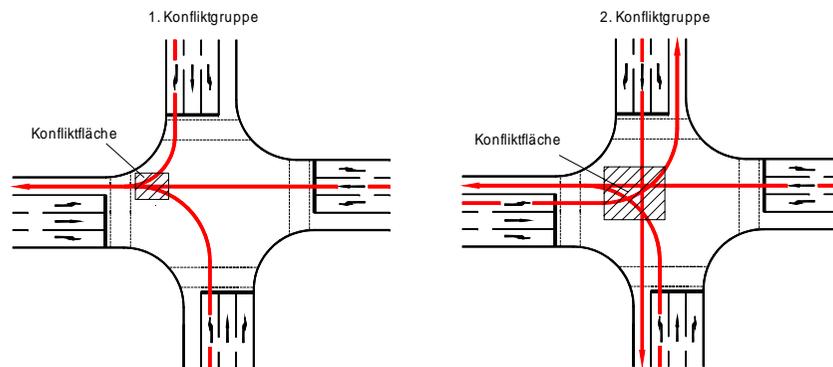
Steuerungsverfahren | Signalprogrammabbildung



Freigabezeit Phasenfolge Phasenzahl Umlaufzeit

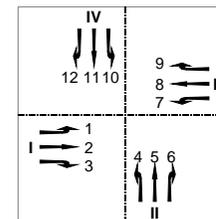
AKF-Verfahren

Verfahren zur überschläglichen Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Knotenpunkten mit LSA

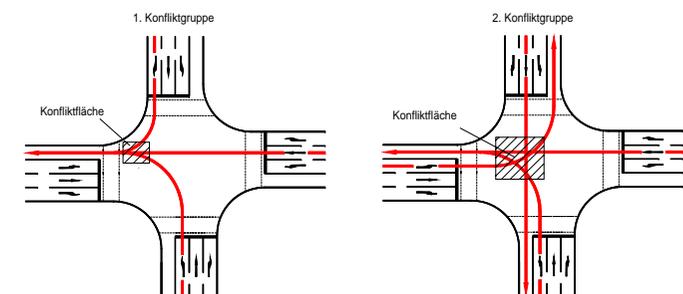


Konfliktgruppen an lichtsignalgesteuerten Knotengruppen

AKF-Verfahren

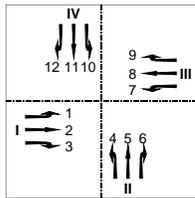


Additionsschema				2	2	1	1
1	2	3	4	5	4	5	4
5	6	7	8	7	7	8	8
9	10	11	12	10	11	10	11
Konfliktgruppe 1				Konfliktgruppe 2			



AKF-Verfahren

Grundform				q ₂	q ₂	q ₁	q ₁
q ₁	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	q ₄	q ₅	q ₄
q ₅	q ₆	q ₇	q ₈	q ₇	q ₇	q ₈	q ₈
q ₉	q ₁₀	q ₁₁	q ₁₂	q ₁₀	q ₁₁	q ₁₀	q ₁₁
Σq_{k1}	Σq_{k2}	Σq_{k3}	Σq_{k4}	Σq_{k5}	Σq_{k6}	Σq_{k7}	Σq_{k8}



Addition der maßgebenden (kritischen) Strombelastungen

AKF-Verfahren

Maßgebende Strombelastungen

Spuraufteilung	Maßgebende Spurbelastung
q ₂	q _{m,2} = q ₂
Q ₂	q _{m,2} = Q ₂ * f (f = 0,50 ... 0,6)
q ₂ q ₃	q _{m,2} = q _{m,3} = q ₂ + q ₃
Q ₂ q ₃	q _{m,2} = q _{m,3} = (Q ₂ * f + q ₃)

AKF-Verfahren

Berücksichtigung von Mindestgrünzeiten

$$Q^* = \frac{\min t_{gr} \cdot 3600}{t_b \cdot t_u} [\text{Fz/h}]$$

Für $q < Q^*$ wird für q die fiktive Belastung Q^* angesetzt

AKF-Verfahren

Mögliche Knotenpunktbelastung (Leistungsfähigkeit)

$$Q_{\text{mögl}} = \frac{3600 - \frac{3600}{t_u} \cdot \Sigma t_z}{t_B} [\text{Fz/h}]$$

Ausreichende Leistungsfähigkeit

$$Q_{\text{krit}} < Q_{\text{mögl}}$$

Auslastungsgrad

$$a = \frac{Q_{\text{krit}}}{Q_{\text{mögl}}} \leq 0,85$$

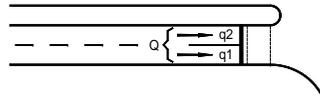
Leistungsfähigkeit

Eine volle Spur

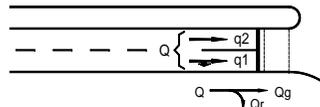
$$L = \frac{t_{gr}}{t_u} \cdot q_s \quad [\text{Fz/h}]$$

n volle Spuren ($j = 1 \dots n$)

$$L = \sum_{j=1}^n \frac{t_{gr,j}}{t_u} \cdot q_{s,j} \quad [\text{Fz/h}]$$



Die einzelnen Spuren j können unterschiedliche Sättigungsverkehrsstärken $q_{s,j}$ besitzen

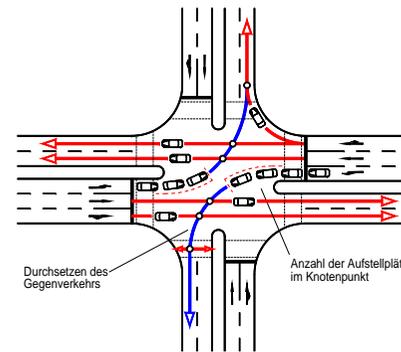


Besitzen alle n Spuren die gleiche Sättigungsverkehrsstärke q_s so gilt:

$$L = \frac{t_{gr}}{t_u} \cdot q_s \cdot n \quad [\text{Fz/h}]$$

Konfliktfall Kfz endet / Kfz beginnt

Bedingt verträgliche Linksabbieger



Leistungsfähigkeitsanteil „Durchsetzen“

$$L_D = \frac{3.600 \cdot g - q \cdot t_c}{t_f} \cdot \exp\left[-\frac{q \cdot (t_0 - t_c)}{3.600 \cdot g - q \cdot t_c}\right] \quad [\text{Fz/h}]$$

Leistungsfähigkeitsanteil Phasenwechsel

$$L_P = m \cdot \frac{3.600}{t_u} \quad [\text{Fz/h}]$$

Mittlere Wartezeit

$$w = w_I + w_{II} = \frac{t_{U+} \cdot (1-g)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{q}{q_s}\right)} + \frac{N_{GE}}{q_s \cdot g} \quad [\text{s}]$$

$$g = \frac{t_{gr}}{t_u}$$

Auslastungsgrad	Berechnungsformeln	Anmerkungen
$a_1 \leq 0,65$	$N_{GE} = 0$	Reststau zeitunabhängig, konstant
$a_2 = 0,90$	$N_{GE} = \frac{1}{0,26 + \frac{q_U}{150}}$	
$a_3 = 1,00$	$N_{GE} = 0,3476 \cdot \sqrt{n_C} \cdot U^{0,565}$	Reststau zeitabhängig, wächst von Umlauf zu Umlauf
$a_4 = 1,2$	$N_{GE} = [n_C \cdot (a-1) \cdot U + 25 - 20 \cdot a] / 2$ $N_{GE} = 0,1 \cdot n_C \cdot U + 0,5$	
$a_5 > 1,20$	$N_{GE} = n_C \cdot (a-1) \cdot U / 2$	
Zwischenwerte a	$N_{GE,a} = N_{GE,a_i} + \frac{N_{GE,a_{i+1}} - N_{GE,a_i}}{a_{i+1} - a_i} \cdot (a - a_i)$	

Rückstaulänge

$$N_{RE,S} = (e^{0,022 \cdot (S-50)} - 1) \cdot \sqrt{m_R + N_{GE}} + (m_R + N_{GE})$$

$N_{RE,S}$ = Anzahl der gestauten Fahrzeuge bei Rotende [-]

S = Sicherheit gegen Überstauung ($S = 50 \dots 95\%$)

m_R = mittlere Eintreffzahl bei Rot

q = Verkehrsbelastung des maßgebenden Fahrstreifens [Fz/h]

t_R = Sperrzeit (Rotzeit) [s]

N_{GE} = Anzahl der gestauten Fahrzeuge bei Grünende [-]

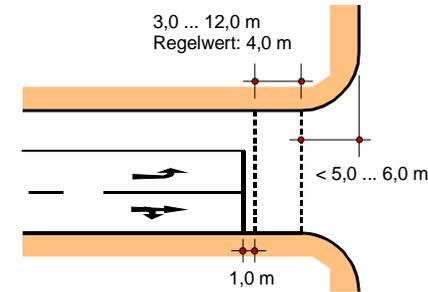
$$m_R = \frac{q \cdot t_R}{3.600}$$

Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes

QSV	Zulässige mittlere Wartezeit [s]				Durchfahrten ohne Halt in %
	Straßengebundener ÖPNV	Fahrradverkehr	Fußgänger	Kfz-Verkehr nicht koordiniert	Kfz-Verkehr koordiniert
A	< 5	< 15	< 15	< 20	≥ 95
B	≤ 15	≤ 25	≤ 20	≤ 35	≥ 85
C	≤ 25	≤ 35	≤ 25	≤ 50	≥ 75
D	≤ 40	≤ 45	≤ 30	≤ 70	≥ 65
E	≤ 60	≤ 60	≤ 35	≤ 100	≥ 50*
F	> 60	> 60	> 35	> 100	< 50*

1) Zuschlag von 5 s bei Überquerung mehrerer Furten
*) Koordinierung unwirksam

Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten

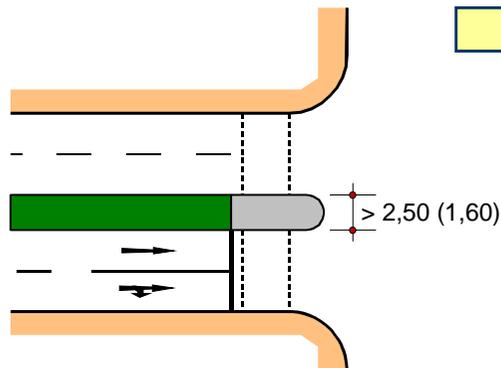


Querung ohne Fahrbahnteiler

Innerhalb der Grünzeit müssen die Fußgänger deutlich mehr als die Hälfte der Fahrbahn queren können

Mindestgrünzeit = 5 s

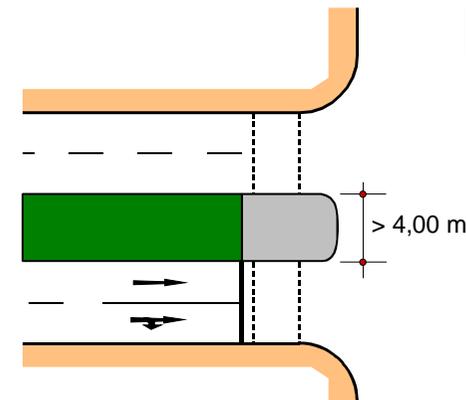
Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten



Fahrbahnteiler ≤ 4,0 m

Getrennte Signalisierung der beiden Furten soll vermieden werden

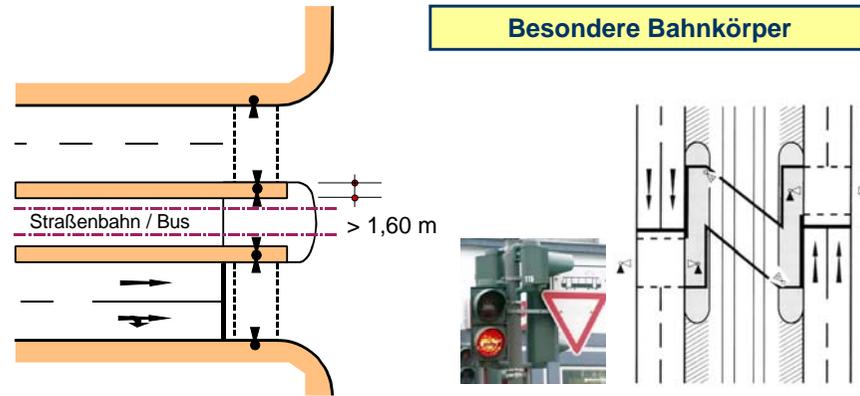
Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten



Fahrbahnteiler > 4,0 m

Getrennte Signalisierung der beiden Furten ist möglich

► Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten

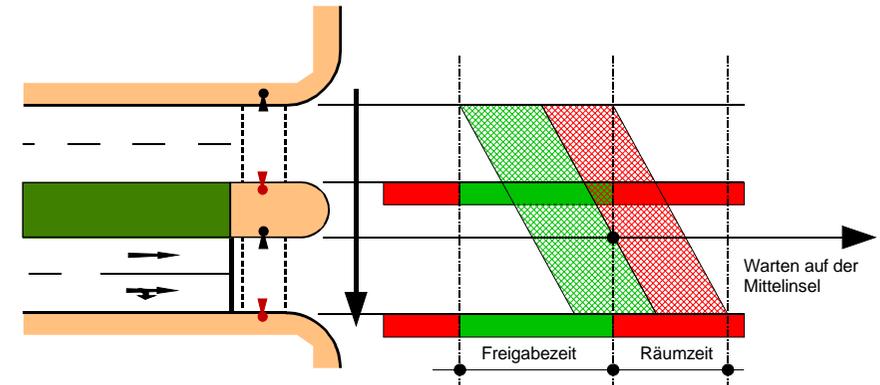


Getrennte Signalisierung der beiden Furten ist möglich

Furt über Bahnkörper erhält Signal Dunkel oder Grün solange Furt nicht gesperrt ist; Rot- oder Gelb-Blinken bei Straßenbahnfahrt

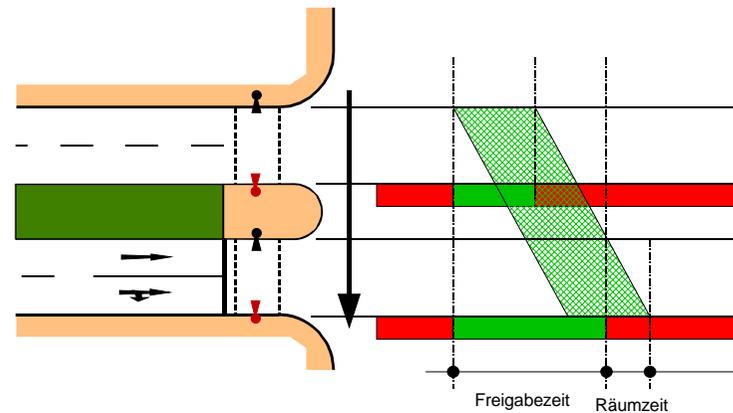
► Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten

Simultane Signalisierung



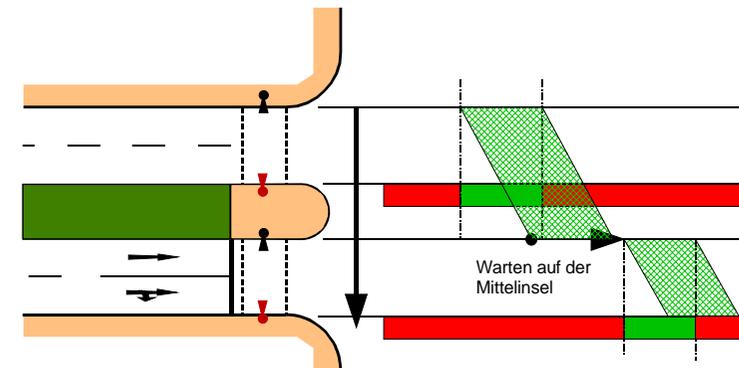
► Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten

Progressive Signalisierung



► Fußgängersignalisierung an Knotenpunkten

Getrennte Signalisierung



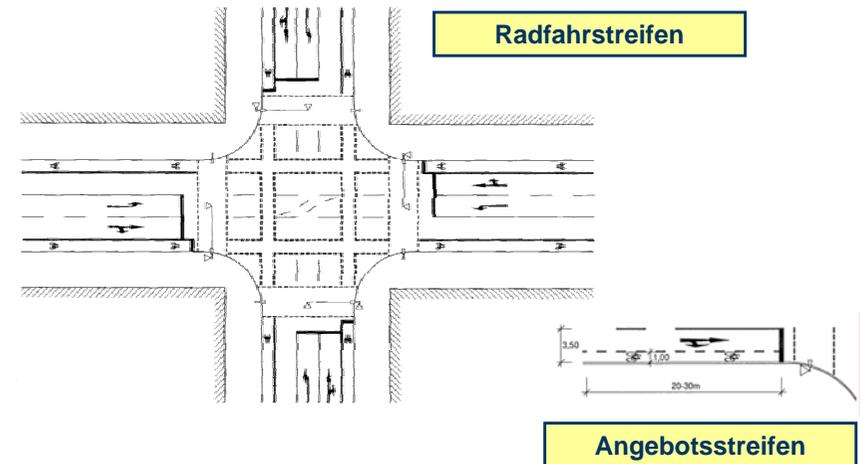
Radfahrsignalisierung an Knotenpunkten

Formen der Radfahrsignalisierung

- Gemeinsame Signalisierung mit dem Kfz-Verkehr
- Gemeinsame Signalisierung mit Fußgängern
- Gesonderte Signalisierung der Radfahrer

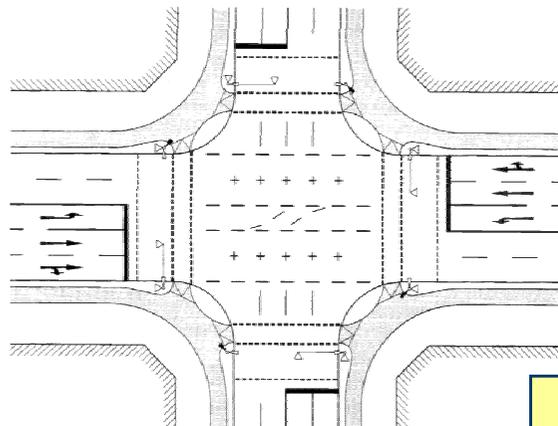
Radfahrsignalisierung an Knotenpunkten

Gemeinsame Signalisierung mit dem Kfz-Verkehr



Radfahrsignalisierung an Knotenpunkten

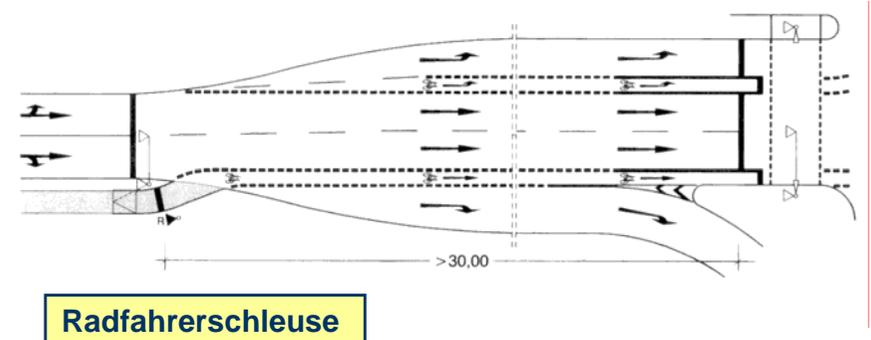
Gemeinsame Signalisierung mit Fußgängern



Beispiel einer umlaufenden Radverkehrsführung mit weit abgesetzten Radanruffurten an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage

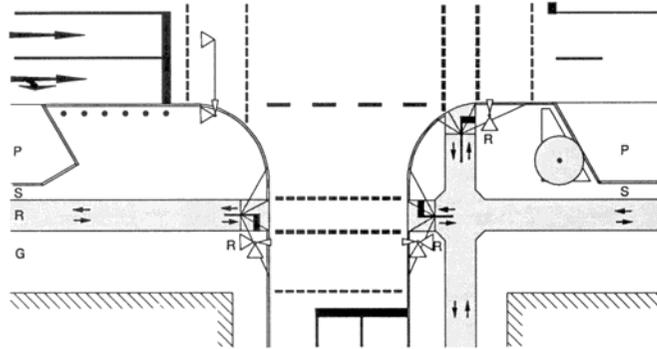
Radfahrsignalisierung an Knotenpunkten

Gesonderte Signalisierung von Radfahrern



▶ Fußgänger und Radfahrer

▶ Gesonderte Signalisierung von Radfahrern



Weit abgesetzte Radwege