

**Fachgebiet  
Verkehrswesen  
Technische  
Universität  
Kaiserslautern**

## **Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren**

von

Dipl.-Ing. Arndt Lagemann

Vom Fachbereich Architektur / Raum- und Umweltplanung / Bauingenieurwesen  
der Technischen Universität Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing.  
genehmigte Dissertation

Aussprache: 22.7.2004

D 386 (2005)

---

## Kurzfassung

Seit Beginn der 90er Jahre werden vermehrt Kreisverkehre gebaut. Insbesondere beim Umbau vorhandener LSA-Kreuzungen zu Kreisverkehren werden Vorteile für den Individualverkehr gesehen.

Diese Vorteile werden allerdings mit Nachteilen für den öffentlichen Personennahverkehr erkauft.

Die erstmals untersuchten Auswirkungen dieser Knotenpunktform auf Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sind teilweise erheblich:

- Wartezeiten für ÖV-Fahrzeuge an Kreisverkehren schwanken und sind schlecht in den Fahrplan zu integrieren,
- Fahrtrichtungswechsel bei der Befahrung der Kreisfahrbahn reduzieren den Fahrkomfort,
- ÖPNV-Beschleunigungen werden an Kreisverkehren selten angewandt,
- ÖPNV-Priorisierungsmöglichkeiten durch Eingriffe in Lichtsignalanlagensteuerungen entfallen.

Dass Beschleunigungen auf dem Linienweg in vielen Fällen möglich sind, wurde sowohl durch empirische Auswertungen bestehender Kreisverkehre als auch durch Simulationen gezeigt.

Bei geringen Verkehrsstärken sind Beschleunigungen im Allgemeinen nicht notwendig. Zudem steht die Wirkung häufig in ungünstiger Relation zum erforderlichen Aufwand. Bei hohen Verkehrsstärken in den Zufahrten ermöglicht dagegen z.B. die ÖV-Spur hervorragende Beschleunigungen für den ÖV. Allerdings wurden bei zweistreifiger, paralleler Führung von MIV- und ÖV-Strömen zu einstreifigen Kreisverkehren häufig Irritationen zwischen MIV- und ÖV-Fahrzeugen beobachtet. Keine Irritationen wurden beobachtet, wenn MIV- und ÖV-Spur in der Zufahrt zum Kreisverkehr zweistreifig parallel geführt werden und die MIV-Fahrspur unmittelbar vor dem Kreisverkehr in einer Fahrstreifenreduktion endet und die ebenfalls endende ÖV-Spur als normaler Fahrstreifen fortgeführt wird. Bei dieser als „KREIFAS“ (KREisverkehr mit EIngezogenem FAhrstreifen) bezeichneten Verkehrsführung wechseln die MIV-Fahrzeuge den Fahrstreifen, während der ÖV geradeaus weiterfahren kann.

Eine Beschleunigungsmöglichkeit bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn bietet die „schlafende LSA“. Der Vorrang der Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn wird durch eine schlafende Lichtsignalanlage (Dunkelampel) aufgehoben, wenn ÖV-Fahrzeuge

in der Zufahrt auf den Kreisverkehr zufahren. Fahrzeuge aus dieser Zufahrt erhalten solange Vorrang, bis dass das ÖV-Fahrzeug die Kreisfahrbahn erreicht hat.

Durch diese und andere Maßnahmen wird eine Reduzierung von Wartezeiten für Busse bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn erreicht, ebenso wie eine Verstetigung des Fahrtverlaufes in der Zufahrt und somit eine Steigerung von Fahrplantreue und Fahrkomfort erreicht.

Insgesamt ist eine ausgewogene Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmer auch bei Planungen an Kreisverkehren erforderlich. Wenn ÖV-Linien beschleunigt über Kreisverkehre geführt werden sollen, sind deren Anforderungen besonders sorgfältig zu berücksichtigen.

Somit ergeben sich auch für das Element Kreisverkehr Beschleunigungsmöglichkeiten, um den Wegfall von LSA-Beschleunigungsmaßnahmen in weiten Teilen zu kompensieren.

## ABSTRACT

### **Prioritisation for public transport modes at roundabouts**

Since the early 1990s, several new roundabouts were built all over Germany. Particularly the reconstruction of former traffic light junctions into roundabouts is evaluated as being advantageous for car traffic. However, advantages for car traffic means disadvantages for public transport modes in this context. The effects of roundabouts on the operation of public transport are partly tremendous.

Such effects are:

- Time losses for public transport vehicles at roundabouts are extremely variable.
- Driving through the roundabout is connected to a lack of comfort for passengers.
- Prioritisations for public transport modes at roundabouts are uncommon.
- Possibilities for prioritisation at traffic lights do not work with roundabouts.

Prioritisation and acceleration of public transport modes along road networks with roundabouts, however, is possible. This has been proved by empirical evaluations as well as simulations. Measures for acceleration at roundabouts with low traffic volumes is not necessary. In addition, such measures are related to an unfavourable cost-benefit ratio.

If high traffic volumes exist on the access roads an extra lane for public transport along those roads has large scale effects on acceleration. However, two separate parallel lanes for car traffic and buses lead to irritations between both transport modes at the roundabout. When the two lanes switch to a single entry lane right before the roundabout such irritations did not occur. The latter alternative has the special German acronym 'KREIFAS' i.e. roundabout with special drawn-in lanes. The car traffic changes lanes while buses are able to go straight forward.

Another possibility to accelerate public transport at roundabouts is the so-called 'sleeping traffic light'. Whenever a bus or tram approaches the roundabout a special red light stops car traffic affecting the bus route. Other vehicles in front of the approaching bus also benefit from this measure.

These measures as well as a catalogue of additional measures are able to reduce waiting time for buses at roundabouts. A side effect is the homogenisation of vehicle movements approaching the roundabout, which also helps obeying the timetable and leads to higher comfort on board the bus.

As a whole, concerning roundabouts, it is necessary for a planning process to take all transport modes into consideration. The requirements of public transport modes at roundabouts must be considered accurately throughout the planning process.

Hence, prioritisation measures at roundabouts are able to compensate missing measures at traffic light crossings.

## Inhalt

<b>1 Anlass, Problemstellung und Aufbau der Arbeit .....</b>	<b>7</b>	6.2 Kreisverkehre mit Straßenbahnen .....	60
<b>2 Entwicklung des Kreisverkehrs.....</b>	<b>9</b>	<b>7 Simulation des ÖPNV-Verkehrsablaufes an Kreisverkehren .....</b>	<b>61</b>
2.1 Renaissance des Kreisverkehrs.....	9	7.1 Grundlagen und Einsatzfeld.....	61
2.2 Kreisverkehr als Knotenpunktform .....	10	7.2 Eingangsdaten .....	61
2.3 Vorfahrtregelung.....	11	7.3 Verkehrszusammensetzung .....	62
2.4 Geometrie.....	11	7.4 Simulierte Alternativen.....	63
2.5 Kreisverkehre in Deutschland .....	12	7.5 Auswertungen .....	67
2.6 Entwicklung des ÖPNV an Kreisverkehren	14	7.5.1 Fahrzeugbezogene Auswertung der Simulationen 1 bis 3 .....	68
2.6.1 Deutschland.....	15	7.5.2 Streckenbezogenbezogene Auswertung der Alternativen 1 bis 3 - Fahrzeughalte je Stunde.....	73
2.6.2 Australien.....	17	7.5.3 Ergebnisse der zufahrtbezogenen Simulationen .....	74
2.6.3 Frankreich.....	17	7.6 ÖV-Beschleunigung durch Haltestellenwahl – Alternativen 4 bis 7 .....	76
2.6.4 Großbritannien .....	17	7.6.1 Alternative Haltestellenlage.....	76
2.6.5 Niederlande.....	18	7.6.2 Ergebnisse der haltestellenabhängigen Auswertungen .....	77
2.6.6 Schweiz .....	19	7.6.3 Auswirkungen geänderter Parameter.....	78
2.6.7 USA.....	20	7.7 Allgemeine Ergebnisse der Simulation des Verkehrsablaufes an Kreisverkehren .....	79
<b>3 Verkehrssicherheit an Kreisverkehren ....</b>	<b>23</b>	<b>8 Teilautomatische Auswertung von Einfahrtvorgängen zu kleinen Kreisverkehren .....</b>	<b>81</b>
3.1 Unfallauswertung.....	23	8.1 Technische Grundlagen von ViVAtraffic®..	81
3.2 Unfallrate .....	23	8.2 Ermittlung der Kapazität von Zufahrten an kleinen Kreisverkehren .....	82
3.3 Unfallkostenrate.....	24	8.2.1 Bisherige Videoerhebungen.....	82
3.4 Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung .....	25	8.2.2 Grenz- und Folgezeitlücken .....	83
3.5 Verkehrsregelung .....	26	8.2.3 Kapazitätsermittlung mittels Videoanalyse-system ViVAtraffic®.....	84
3.6 Unfallbetrachtung der empirisch untersuchten Kreisverkehre.....	27	8.3 KLAUS .....	85
3.7 Ergebnisse der Unfallauswertung.....	28	8.3.1 Beschreibung von KLAUS.....	86
<b>4 Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren .....</b>	<b>30</b>	8.3.2 Vergleich manuelle Auswertung - KLAUS .....	90
<b>5 Beschleunigungen von Linienfahrzeugen an Kreisverkehren .....</b>	<b>37</b>	<b>9 Zusammenfassung .....</b>	<b>94</b>
5.1 ÖPNV-Fahrzeuge .....	37	9.1 Allgemeines.....	94
5.2 ÖPNV-Beschleunigung an Kreuzungen....	38	9.2 Beschleunigungen für Straßenbahn- und Stadtbahnverkehr .....	95
5.3 Beschleunigung von Straßen-/ Stadtbahnen an Kreisverkehren.....	39	9.3 Beschleunigungen für Linienbusverkehr....	96
5.4 Beschleunigung von Linienbussen an Kreisverkehren .....	41	9.3.1 Haltestellen für Linienbusse .....	96
5.4.1 Beschleunigungen in der Zufahrt .....	42	9.3.2 ÖV-Spuren.....	99
5.4.2 Beschleunigungen in der Einfahrt.....	47	9.3.3 Mehrstreifige Kreisverkehre .....	99
5.4.3 Beschleunigungen auf der Kreisfahrbahn.....	49	<b>10 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>101</b>
5.4.4 Beschleunigungen in der Ausfahrt.....	51	<b>11 Tabellen – und Abbildungsverzeichnis..</b>	<b>104</b>
<b>6 Bewertung von Beschleunigungsmaßnahmen an Kreisverkehren .....</b>	<b>53</b>	11.1 Tabellenverzeichnis.....	104
6.1 Ermittlung von Beschleunigungspotentialen für Linienbusse .....	53	11.2 Abbildungsverzeichnis.....	106
6.1.1 Gemeinsame MIV-ÖV Zufahrten .....	53		
6.1.2 Getrennte IV-und ÖV-Zufahrten .....	59		
6.1.3 Kreisfahrbahn.....	60		



## 1 Anlass, Problemstellung und Aufbau der Arbeit

Durch die Kombination der beiden Aspekte Öffentlicher Personennahverkehrs (ÖPNV) und kleine Kreisverkehrsplätze, die singular betrachtet als erforscht und dokumentiert erscheinen, ergeben sich Fragestellungen, die bisher nicht hinreichend erforscht wurden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, Möglichkeiten aufzuzeigen und Lösungen zu entwickeln um Fahrzeuge des ÖPNV sicher, komfortabel und schnell an Kreisverkehren zu führen und Behinderungen durch Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu verringern.

Mit jährlich ca. 9.5 Mrd. Fahrgästen in Deutschland (2004: täglich 26,5 Mill. Fahrgäste) ist der ÖPNV ein wesentlicher Faktor moderner Mobilität. Die Attraktivität des gesamten ÖPNV wird maßgeblich durch eine schnelle, komfortable und fahrplange-naue Beförderung der Fahrgäste bestimmt. Die Abstimmung der Linien und die Anschlussicherung beim Umstieg sind dafür wesentliche Faktoren. Wesentliches Hindernis auf dem Weg zu schneller, fahrplangenauer Linienführung sind Wartezeiten und Behinderungen der Fahrt an Knotenpunkten.

Knotenpunkte sind die Schnittpunkte der Verkehrsadern unserer Städte. Sie bestimmen unsere Städte, unseren Verkehr. Neben den vorfahrtgeregelten und den lichtsinaltechnisch geregelten Kreuzungen und Einmündungen erlebt seit Beginn der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts eine weitere Knotenpunktform eine „Renaissance“<sup>1</sup>: der kleine Kreisverkehr.

Kleine Kreisverkehrsplätze sind „in“<sup>2</sup>, die „Straßenbauer haben den Dreh raus“<sup>3</sup>, sind seitdem häufig zitierte Formulierungen.

Das Prinzip des Kreisverkehrs ermöglicht eine einfache und übersichtliche Verkehrführung. Die Kreuzung von Verkehrsströmen und de Lenkung von Verkehrsteilnehmern aus verschiedenen Richtungen mit unterschiedlichen Zielen ist mit weniger Konfliktpunkten als an Kreuzungen oder Einmündungen möglich. Positiv für kleine Kreisverkehre werden

- geringe Wartezeiten,
- hohe Verkehrssicherheit,
- niedrige Geschwindigkeiten und
- städtebauliche Gestaltungsmöglichkeiten

bewertet. Inzwischen reichen die Einsatzbereiche der Kreisverkehrsanlagen von Einmündungen an Anliegerstraßen bis zu Kreisverkehrsplätzen mit 60m Außendurchmesser und zweistreifigen Elementen. Damit eignen sich Kreisverkehre in besonderer Form für den Individualverkehr.

Für Fahrzeuge des ÖPNV können diese Vorteile allerdings zu Nachteilen führen. Da Linienfahrzeuge an kleinen Kreisverkehren üblicherweise gemeinsam mit anderen Verkehrsteilnehmern im gleichen Verkehrsstrom geführt werden, sind gegenseitige Beeinträchtigungen zwischen MIV- und ÖV-Fahrzeugen möglich. Auf Grund dieser Beeinträchtigungen ist die Knotenpunktform Kreisverkehr für den ÖPNV ein teilweise limitierender Faktor:

- Wartezeiten für ÖV-Fahrzeuge an Kreisverkehren schwanken und sind schlecht in den Fahrplan zu integrieren,
- Fahrtrichtungswechsel und Fahrzeugschwankungen bei überfahrbaren Mittelinseln oder Aufpflasterungen in der Kreismitte und am Fahrbahnrand reduzieren bei der Befahrung der Kreisfahrbahn den Fahrkomfort,
- ÖPNV-Beschleunigungen werden an Kreisverkehren selten angewandt.

Bisher werden an Kreisverkehren im Allgemeinen keine Beschleunigungsmaßnahmen angewandt während sie zur verlustzeitarmen Führung von Bussen und Straßenbahnen an signalisierten Kreuzungen und Einmündungen seit langem Stand der Technik sind.

Gerade die Umgestaltung von signalgeregelten Knotenpunkten mit ÖPNV-Priorisierung zu kleinen Kreisverkehren lässt eine Bevorzugung von ÖPNV-Fahrzeugen nicht mehr im bisherigen Maße zu. Durch den Wegfall von ÖV-Sonderphasen und Eingriffen in das Signalsteuerungsprogramm der LSA ist eine verlustzeitfreie Führung der ÖV-Fahrzeuge an dem Knotenpunkt nicht mehr gegeben. Somit besteht Bedarf, die an Kreisverkehren entstehenden Wartezeiten für Fahrzeuge des ÖV so gering und gleichmäßig wie möglich zu halten.

Mit dem Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft V95: „Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren“<sup>4</sup> vom Mai 2002 liegen Empfehlungen für die Berücksichtigung und Beschleunigung von öffentlichen Verkehrsmitteln an Kreisverkehren vor.

<sup>1</sup> ROHLOFF, 1995

<sup>2</sup> BEIER, MUTSCHLER, 1995

<sup>3</sup> ROHLOFF, 1995

<sup>4</sup> LAGEMANN, TOPP, 2002

Der vorliegende Bericht gliedert sich in die Teile:

- Anlass und Problemstellung
- Historische Entwicklung des Kreisverkehrs
- Verkehrssicherheit an Kreisverkehren
- Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren
- Beschleunigungen von Linienfahrzeugen
- Bewertung von Beschleunigungsmaßnahmen
- Simulation des Verkehrsablaufes an Kreisverkehren
- Teilautomatische Auswertung von Einfahrtvorgängen
- Ergebnisse und Empfehlungen zur Führung von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren

Maßnahmen zur Beschleunigung von Bussen und Bahnen an Kreisverkehren müssen verkehrssicher sein, sie dürfen die Leistungsfähigkeit des Kreisverkehrs nicht negativ beeinflussen und müssen sich städtebaulich und verkehrlich in den vorhandenen Rahmenbedingungen einbinden.

Die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Beschleunigung des ÖPNV können mittels Simulationen ermittelt werden. Die Simulationen potentieller Beschleunigungsmaßnahmen und deren Vergleich untereinander und mit dem Planungsnullfall ermöglichen Aussagen zu Kapazität und Verkehrsfluss ohne aufwändige Baumaßnahmen. Grundlage der Simulationen sind, ebenso wie bei den Kapazitätsprognosen, empirisch erhobene Daten bereits bestehender Kreisverkehre.

Die Berechnung der Kapazität von Kreisverkehren basiert auf der Auswertung vorhandener Anlagen und dem dort vorherrschenden Verkehrsablauf. Diesen zu beschreiben und auszuwerten und neue Erkenntnisse zur Kapazitätsberechnung zur Verfügung zu stellen, ist Aufgabe des EDV-Programms KLAUS. Das Programm ermittelt Folgezeiten sowie angenommene und abgelehnte Zeitlücken von einfahrenden Fahrzeugen an Kreisverkehren und berechnet auf dieser Grundlage die Kapazität von Zufahrten. KLAUS basiert auf der empirischen Auswertung des realen Verkehrsablaufes und simuliert nicht - wie marktgängige Simulationsprogramme - den Verkehrsablauf. Durch die getrennte Auswertung der beobachteten Fahrzeuge und Fahrsituationen können Aussagen über Einfahrtvorgänge mit und ohne Beteiligung von ÖPNV-Fahrzeugen getroffen werden.

Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse in Empfehlungen zum Bau zukünftiger Kreisverkehren mit hoher ÖPNV-Frequenz zusammengefasst.

## 2 Entwicklung des Kreisverkehrs

### 2.1 Renaissance des Kreisverkehrs

Die Bedeutung zentraler städtischer Plätze wurde in der Vergangenheit häufig mit besonderen Verkehrsanlagen betont.

Repräsentative Plätze, architektonisch und städtebaulich ansprechend gestaltet, wurden häufig durch ringförmig um Denkmäler, Brunnen oder Bauwerke geführte Verkehre in ihrer Bedeutung hervorgehoben.

Erste Planungen eines Netzes von Kreisverkehrsplätzen in Washington wurden 1791 von Pierre L'Enfant durchgeführt. Im Jahr 1900 existierten bereits Kreisverkehrsplätze in Buenos Aires, Mexico City und Montevideo. Die Verkehrsregelung basierte zu Beginn der Kreisverkehre auf dem Prinzip „Rücksicht“. Die Einbahnstraßenregelung in Kreisverkehrsplätzen wurde erst 1903 erstmals in Nord- und Südamerika eingeführt.

1907 wurde in Paris der erste europäische Kreisverkehr nach den Plänen des Architekten und Stadtplaners Eugène Hénard<sup>5</sup> gebaut. 1925 folgte der erste englische Kreisverkehr in London, nach dem Prinzip von Hénard. Zunächst gab man in England und Frankreich dem zufließenden Verkehr aus den Zufahrten die Vorfahrt.



Abbildung 1: Entwurf eines Kreisverkehrs nach Eugène Hénard um 1900

In den USA wurden in den 1920er und 1930er Jahren sowohl kleine als auch große Kreisverkehre gebaut. Hier erschien 1942 das erste Handbuch zum Entwurf von Kreisverkehrsplätzen der American Association of State Highway Officials (AASHO). Darin wurden große Kreisverkehre mit großen Radien mit langen Verflechtungsbereichen

vorgeschlagen, die sowohl hohe Leistungsfähigkeiten als auch hohe Geschwindigkeiten ermöglichen sollten. Als Mindestparameter war eine Geschwindigkeit von 40 km/h und ein Mittelinsel-Radius von 23 m vorgesehen. Maximalwerte sahen Mittelinsel-Radien von 82 m und Geschwindigkeiten bis zu 64 km/h vor.

Schon bald nach Einführung der ersten Kreisverkehre stellte sich jedoch heraus, dass einheitliche Regelungen bei steigendem Verkehrsaufkommen unerlässlich waren. Zwischen 1910 und 1960 wurden sowohl „rechts vor links“, als auch „Vorfahrt im Kreis“<sup>6</sup> als Vorfahrtregelung in den USA praktiziert. Ab 1960 wurde die Vorfahrtregelung in den USA nicht mehr thematisiert und mit der Beschreibung „unerwünscht“ verschwand ab 1984 der Kreisverkehrsplatz aus den Richtlinien der USA.

In England wurden Verflechtungsbereiche in Kreisverkehren geschaffen und die Kreisverkehrsdurchmesser vergrößert um eine Selbstblockade bei der Vorfahrtregelung „Vorfahrt für die Zufahrer“ zu verhindern. Als diese Möglichkeit aufgrund des Platzbedarfes an ihre Grenzen stieß, wurde in den 1960er Jahren nach einer Studie des Road Research Laboratory, die Regelung „Vorfahrt im Kreis“ in England vorgeschrieben.

In Schweden wurde 1967 mit der Umstellung von Linksverkehr auf Rechtsverkehr auch die Vorfahrtregelung für Fahrzeuge im Kreis eingeführt.

In Norwegen wurde Mitte der 1970er Jahre die „Rechts-vor-Links“ Regel durch „Vorfahrt für die Kreisfahrbahn“ abgelöst.

In Deutschland galt die Regelung „Vorfahrt für Fahrzeuge im Kreis“ seit Beginn der Kreisverkehre.

Maßgeblich beeinflusst wurde die Entwicklung des Kreisverkehrs durch die UNO-Konferenz für Straßenverkehr 1968 in Wien. Damals wurde wieder die Verkehrsregelung „rechts vor links“ an Kreisverkehren eingeführt, womit Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn dem zufahrenden Verkehr Vorrang zu gewähren hatten. Das runde blaue Verkehrszeichen mit den drei weißen Pfeilen erhielt international, im Gegensatz zu seiner damaligen Bedeutung in Deutschland, diese Bedeutung.

Nach dem Wiener Abkommen hätte damit die Vorfahrtregelung an Kreisverkehren mit dem blauen Schild auch in Deutschland umgekehrt werden müssen. Diese Regelung wurde allerdings in der Bundesrepublik Deutschland nicht umgesetzt. Darauf hin wurde 1970 das blaue Schild mit drei Pfeilen aus der STVO entfernt. Seitdem wurden Kreisverkehrsplätze bis zur erneuten Änderung der StVO 2001 mit den Verkehrszeichen 205 (Vorfahrt

<sup>5</sup> HARTZ, 1995

<sup>6</sup> HARTZ, 1995

gewähren) und 301 (Vorfahrt) im Kreis beschildert, wodurch die Bevorrechtigung der Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn erhalten blieb.

Erst 1984 wurde in Frankreich die Vorfahrtregelung an Kreisverkehren umgestellt und „Vorfahrt im Kreis“ eingeführt. Vorausgegangen war ein Versuch in Quimper.

Seit Beginn der 1990er Jahre erlebt der Kreisverkehr auch in den USA eine Renaissance. Nachdem zunächst einzelne Staaten Empfehlungen erarbeitet haben, liegt seit dem Jahr 2000 erstmals wieder eine landesweite Richtlinie vor<sup>7</sup>.

Ebenso wechselhaft wie die Geschichte der Verkehrsregelung an Kreisverkehrsplätzen ist die Historie der Berechnungsverfahren<sup>8</sup>.

## 2.2 Kreisverkehr als Knotenpunktform

In Deutschland werden derzeit drei Typen von Kreisverkehrsplätzen unterschieden:

### Mini-Kreisverkehrsplätze

Mini-Kreisverkehrsplätze haben eine überfahrbare Mittelinsel, Pkw fahren entgegen des Uhrzeigersinns um die Mittelinsel herum, Lkw und größere Fahrzeuge können die Mittelinsel überfahren. Die Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn haben Vorfahrt vor den zufahrenden Fahrzeugen

### Kleine Kreisverkehrsplätze

Kreisverkehrsplätze mit Außendurchmessern zwischen 26 und 45 Metern, einstreifigen Zu- und Ausfahrten sowie einstreifigen Kreisfahrbahnen haben sich inzwischen in Deutschland bewährt<sup>9</sup>. Wichtigstes Merkmal ist die Vorfahrtregelung für Fahrzeuge im Kreisverkehr gegenüber einfahrenden Fahrzeugen. Auch Kreisverkehre mit zweistreifig befahrbaren Kreisfahrbahn und/oder mit zweistreifigen Elementen werden als kleine Kreisverkehre bezeichnet, wenn sie nach den Kriterien für kleine Kreisverkehre entwickelt wurden.

### Große Kreisverkehrsplätze

Unter dem Begriff große Kreisverkehrsplätze werden Kreisverkehrsplätze mit mehrstreifiger Kreisfahrbahn und mehrstreifigen Zufahrten verstanden. Dabei sollte die Kreisinsel rund und der Außendurchmesser größer als 45 m sein. Die Verkehrsregelung geschieht entweder mit Hilfe der kreisüblichen Regelung - Verkehr auf der Kreisfahrbahn

hat Vorfahrt - oder durch Lichtsignalanlagen. Große kreisähnliche Verkehrsanlagen werden im allgemeinen Sprachgebrauch ebenfalls häufig als Kreisverkehrsplätze bezeichnet, auch wenn diese Anlagen weder runde Mittelinseln aufweisen, noch von der Verkehrsführung mit Kreisverkehrsplätzen zu vergleichen sind.

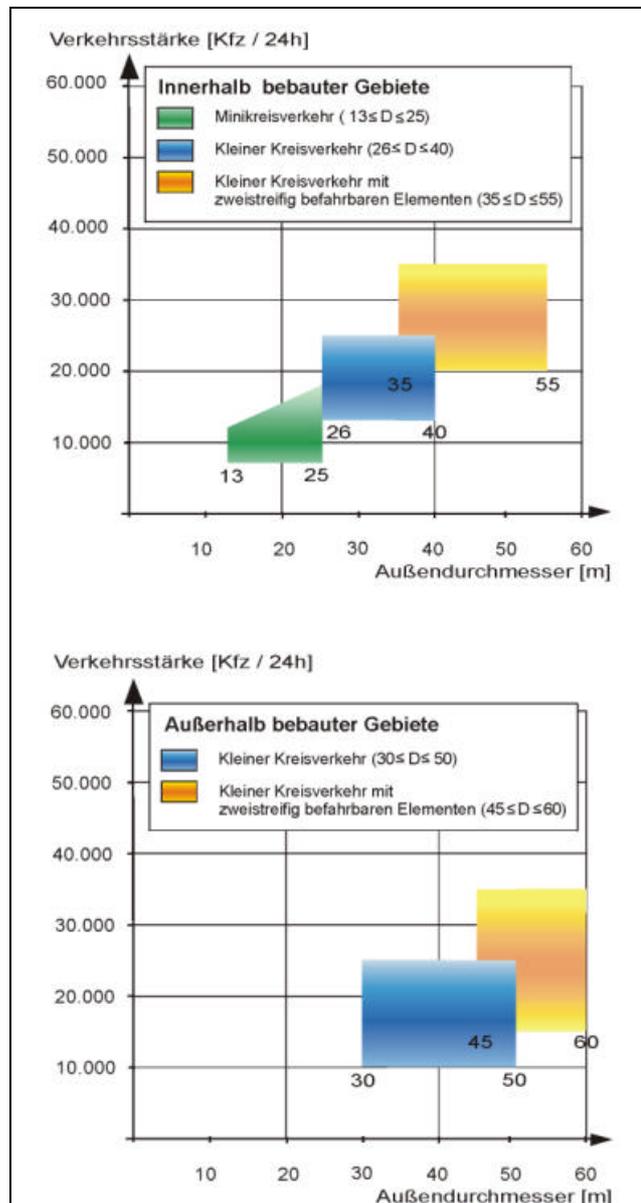


Abbildung 2: Einsatzbereiche von Kreisverkehren<sup>10</sup>

Die unterschiedlichen Anwendungsbereiche von Kreuzungen, Einmündungen und Kreisverkehren, sowohl innerorts als auch außerorts, sind in Abbildung 3 dargestellt.

<sup>7</sup> US Department of Transportation, 2000

<sup>8</sup> HARTZ, 1995

<sup>9</sup> BRILON, BONDZIO 1999

<sup>10</sup> FGSV, 2003

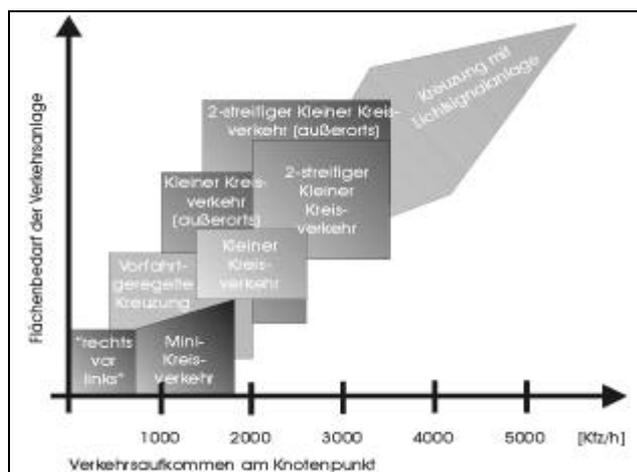


Abbildung 3: Einsatzbereiche von Kreuzungen und Kreisverkehren

## 2.3 Vorfahrtregelung

An Kreisverkehren gilt allgemein „Vorfahrt für die Kreisfahrbahn“. Die einmündenden Straßen sind untergeordnet und die einfahrenden Verkehrsteilnehmer sind wartepflichtig. Diese historisch gewachsene Vorfahrtregelung verhindert Selbstblockaden auf der Kreisfahrbahn. Fahrzeuge im Kreis können unabhängig von einfahrenden Fahrzeugen abfließen.

Nicht-signalisierte Kreisverkehrsplätze verknüpfen alle angeschlossenen Straßen gleichrangig. Eine Bevorrechtigung übergeordneter Verbindungen gegenüber nachrangigen Straßen ist nicht möglich<sup>11</sup>. Ebenso können unterschiedliche Straßenkategorien, bedeutende Verkehrsströme oder einzelne Verkehrsteilnehmer nicht priorisiert werden. Daher fahren Fahrzeuge nach dem „first in – first out“ Prinzip in der Reihenfolge ihrer Ankunft am Kreisverkehr auch in die Kreisfahrbahn ein.

Von dieser Regelung sind auch Linienbusse in Kreisverkehrszufahrten betroffen. Die ÖPNV-Fahrzeuge müssen ebenso wie der MIV in der Zufahrt warten, bis die Einfahrt in die Kreisfahrbahn möglich ist.

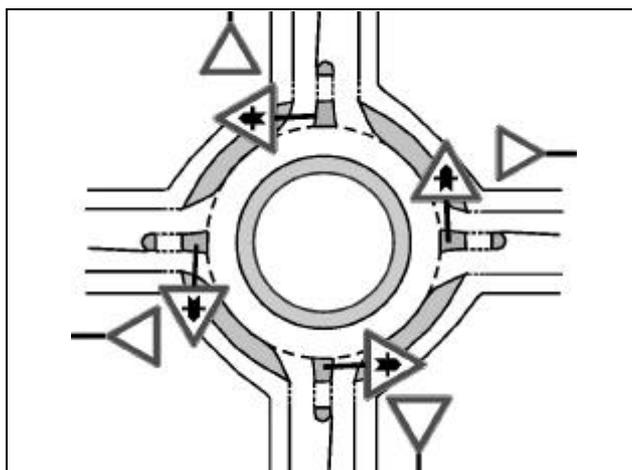


Abbildung 4: Kleiner Kreisverkehrsplatz mit Beschilderung vor 1.2.2001

Die Vorfahrt-Beschilderung der Kreisverkehre wurde zum 1.2.2001 geändert: Bisher erfolgte die Beschilderung in Deutschland mit Hilfe der Zeichen 301 (Vorfahrt) und 205 (Vorfahrt gewähren!; siehe Abbildung 4). Seit der Änderung wird Zeichen 205 (Vorfahrt gewähren!) zusammen mit Zeichen 215 (Kreisverkehr) an den Zufahrten eingesetzt. Vorfahrtregelnde Verkehrszeichen in der Kreisfahrbahn können entfallen (Abbildung 5).

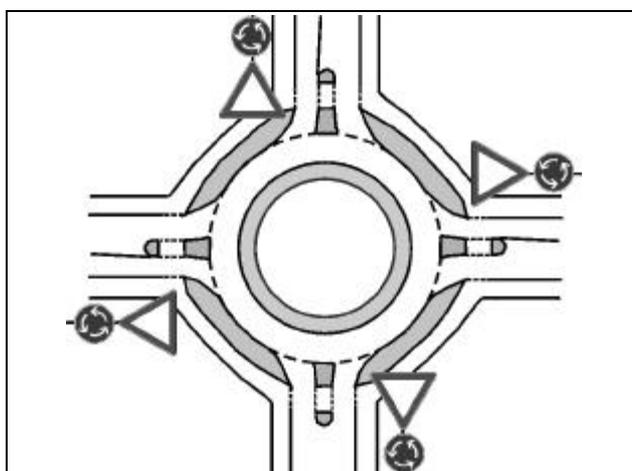


Abbildung 5: Kleiner Kreisverkehr (beschildert gem. StVO, Stand 1.2.2001)

## 2.4 Geometrie

In Kreisverkehren ergibt sich ein anderer Fahrverlauf als an Kreuzungen. Während an Kreuzungen Geradeausfahrer keinen Richtungswechsel vornehmen müssen und Abbieger mit einer Fahrtrichtungsänderung ihre neue Fahrtrichtung wählen, sind an Kreisverkehren für alle Fahrzeuge 3 Fahrtrichtungswechsel erforderlich. Durch die Führung der Fahrbahn um eine nicht überfahrbare Mittelinsel (auch Mittelinseln von Mini-Kreisverkehren dürfen von Pkw nicht überfahren werden) entsteht ein Versatz zur geradeaus gerichteten Fahrt an Kreuz-

<sup>11</sup> ROHLOFF, 1995

zungen. Dieser Versatz wird als Ablenkung bezeichnet (Abbildung 6).

Je größer diese Ablenkung einfahrender Fahrzeuge ist, je kleiner der Außendurchmesser des Kreisverkehrs ist und je kleiner die Radien in Ausfahrt und Zufahrt sind, um so stärker wird die Geschwindigkeit zufahrender Fahrzeuge reduziert.

Sehr große Radien in den Zufahrten widersprechen den Zielen „Reduzierung der Geschwindigkeit“ und „hohe Verkehrssicherheit“. Enge Abmessungen beeinträchtigen jedoch neben der Befahrbarkeit für große Fahrzeuge insbesondere auch die zügige Fahrt von ÖV-Fahrzeugen an Kreisverkehren.

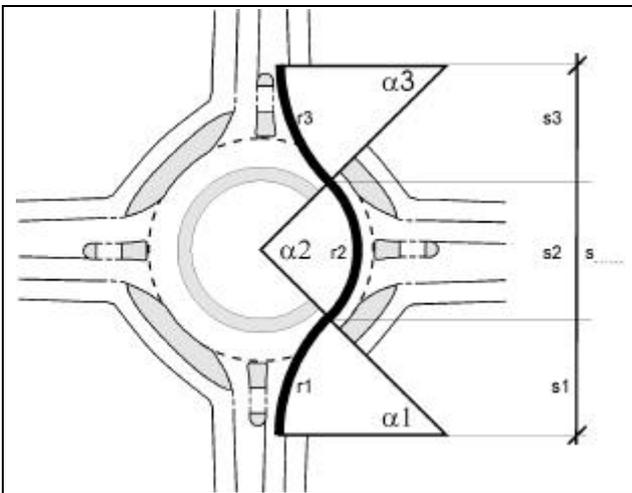


Abbildung 6: idealisierte Fahrlinie im Kreisverkehr

Die Fahrt der Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn mit den Strecken  $r_1$ ,  $r_2$  und  $r_3$  verursacht im Vergleich zur Fahrt über eine Kreuzung mit den Wegstrecken  $s_1$ ,  $s_2$  und  $s_3$  in Abhängigkeit vom Kreisradius eine Fahrtverlängerung mit entsprechendem zeitlichen und räumlichen Mehraufwand (geometric delay).

## 2.5 Kreisverkehre in Deutschland

Eine bundesweite Übersicht der Kreisverkehre besteht nicht. Die Grundlage der weiteren Forschungen bildete daher eine zweistufige Umfragen zu bestehenden und geplanten Kreisverkehren in Städten mit mehr als 65.000 Einwohnern<sup>12</sup> in allen Bundesländern.



Abbildung 7: Städte der 1. Umfrage (Punkte: angefragte Städte 1. Umfrage; Stadtname: Städte mit geeigneten Kreisverkehren)

Der Rücklauf von 98 Antworten (85%) verdeutlicht das große Interesse am Thema Kreisverkehr.

Von diesen 98 Städten gaben 93 Städte an, dass Kreisverkehre vorhanden, in Bau oder in direkter Planung sind. Insgesamt existieren nach der Umfrage 394 Kreisverkehre in 93 Städten, von denen 386 typisiert wurden. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Kreisverkehre in den Bundesländern.

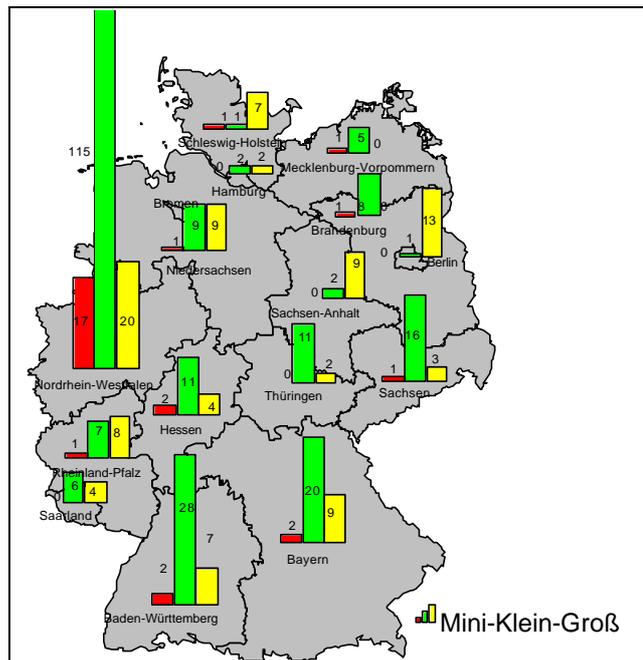


Abbildung 8: Kreisverkehre in Bundesländern

<sup>12</sup> Deutscher Städtetag, Stand 31.12.1996

<sup>13</sup> Deutscher Städtetag, Stand 31.12.1996

Die Übersicht in Abbildung 8 und die Auflistung in Tabelle 1 zeigen, dass Kreisverkehre in allen Bundesländern als eine sinnvolle Knotenpunktform angesehen und eingesetzt werden.

Bundesland	Städte > 65.000 EW	Kreisverkehre	Kreisverkehre / Stadt
Brandenburg	4	9	2,25
Berlin	1	14	14
Baden-Württemberg	14	37	2,64
Bayern	10	31	3,1
Bremen	2	0	0
Hamburg	1	4	4
Hessen	8	17	2,13
Mecklenburg-Vorpommern	3	6	2
Niedersachsen	11	19	1,73
Nordrhein-Westfalen	38	152	4
Rheinland-Pfalz	6	16	2,67
Schleswig-Holstein	4	9	2,25
Saarland	1	10	10
Sachsen	6	24	4
Sachsen-Anhalt	3	11	3,67
Thüringen	3	9	3
Summe	115	368	3,84

Tabelle 1: Städte und Kreisverkehre in der 1. Umfrage

## ÖPNV an Kreisverkehren

Kreisverkehre werden im gesamten innerstädtischen Netz eingesetzt. Auch die Lage im ÖV-Liniennetz ist kein Grund, die Knotenpunktform Kreisverkehr zu benachteiligen, denn, wie Tabelle 2 zeigt, werden über 70% aller Kreisverkehre regelmäßig von ÖPNV-Fahrzeugen befahren.

Werden die Kreisverkehre regelmäßig mit ÖPNV-Fahrzeugen befahren?	Gesamt	ja	nein
Kreisverkehre	368	256 (70 %)	112 (30 %)
Mini-Kreisverkehre	29	21 (72 %)	8 (28 %)
Kleine Kreisverkehre	242	168 (70 %)	74 (30 %)
Große Kreisverkehre	97	80 (82 %)	17 (18 %)

Tabelle 2: ÖPNV-Belegung an Kreisverkehrstypen

Auf Basis der 368 von den Städten typisierten Kreisverkehre wurden Bewertungscharakteristika wie Typ des Kreisverkehrs, Anzahl der Zufahrten und der Verkehrsbelastung entwickelt und eine 2. Umfrage bei 50 Städten mit 107 Kreisverkehren durchgeführt. In dieser Umfrage wurde je Kreisverkehr ein eigenes Erhebungsformular versandt. Zu diesen Kreisverkehren wurden sowohl Planunterlagen als auch Belastungsdaten und allgemeine Erfahrungen angefordert. Parallel wurden ÖV-Unternehmen und Polizeidienststellen zu Ver-

kehrsablauf, Unfallzahlen und Schwierigkeiten bei der Linienbefahrung befragt.

In mehreren Fällen stellte sich heraus, dass die Angaben bezüglich des Kreisverkehrstyps nicht mit den aktuellen Richtlinien übereinstimmten.

	Kreisverkehrstypen nach Meldung der Stadt	Kreisverkehrstyp nach Einstufung gemäß Richtlinien
Mini-Kreisverkehr	4	1
Kleine Kreisverkehre	69	61
Große Kreisverkehre	34	24
Sonderfälle	-	21

Tabelle 3: Anzahl der Kreisverkehre nach Typ und Übereinstimmung mit Richtlinien in der Detailumfrage

Auf Grund ihrer Gestalt oder ihrer verkehrlichen Funktion wurden 21 von 107 (19,6%) Kreisverkehren als „Sonderfälle“ klassifiziert. Bei diesen waren die Mittellinseln nicht rund, die Anlage wirkte nicht als Kreisverkehr oder als Minikreisverkehre bezeichnete Anlagen waren Kreuzungen mit nachträglich eingesetzten Mittelbauwerken, bei denen die Vorfahrtregelung nicht der an Kreisverkehren entsprach.

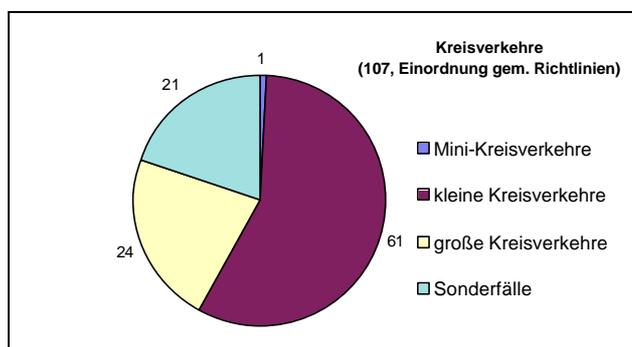


Abbildung 9: Kreisverkehr-Typen der 107 Kreisverkehre aus der Detailumfrage

## „Typische“ Kreisverkehre

Die Auswertung der 107 Kreisverkehre aus der Detailumfrage lieferte folgende Verteilung aktueller Kreisverkehre:

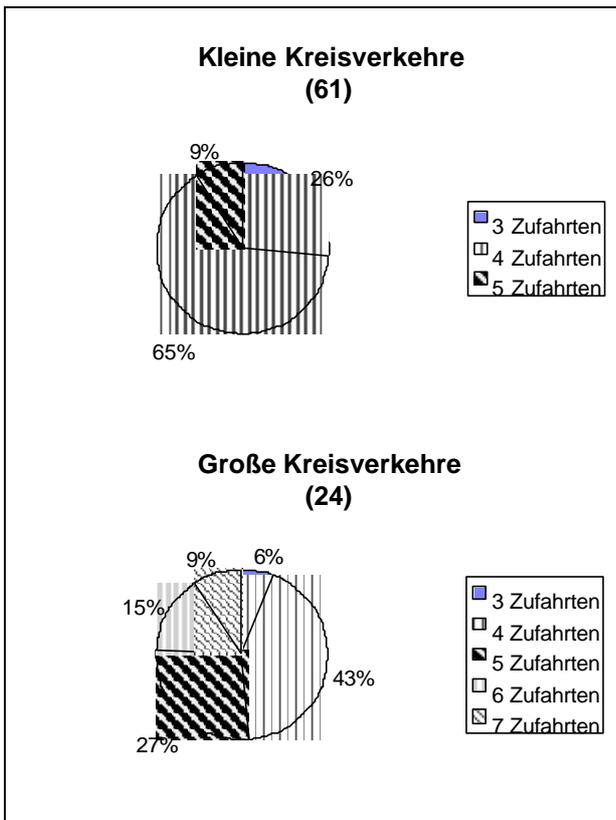


Abbildung 10: Häufigkeit von Zufahrten an Kreisverkehren

Bei kleinen Kreisverkehren (mittlerer Außendurchmesser in dieser Untersuchung: 30,72m) werden die Mindesttrassierungsparameter ( $D_{\text{außen}}$ : min 26m) häufig angewandt. Dies erfordert für große Fahrzeuge eine stark reduzierte Geschwindigkeit beim Befahren der Kreisverkehrsanlage.

Einstreifig markierte, zweistreifig befahrbare Kreisverkehre, gebaut nach dem Merkblatt für kleine Kreisverkehre und dem FGSV Arbeitspapier 51 „Zweistreifig befahrbare Kreisverkehre“ wurden nur selten gemeldet, wie der Durchschnitt der Außendurchmesser großer Kreisverkehre (mittlerer Durchmesser in der Erhebung ca. 83m) deutlich macht. Vorwiegend wurden alte Verteilerringe und hochbelastete große Verkehrsanlagen erfasst.

**ÖV-relevante Parameter**

An allen Kreisverkehrstypen verkehren regelmäßig ÖPNV-Fahrzeuge. Unterschiedlich ist die Art der ÖV-Fahrzeuge. Während an Mini-Kreiseln lediglich Busverkehr ermittelt werden konnte, sind an kleinen Kreisverkehren und besonders an großen Kreisverkehren zunehmend Stadt- und Straßenbahnen zu verzeichnen.

In folgender Tabelle sind wesentliche ÖV-relevante Parameter wie Art, Typ und Fahrtrichtung der verkehrenden ÖV-Fahrzeuge, Lage und Typ von Haltestellen der 107 in der Detailumfrage ausgewerteten Kreisverkehre (Tabelle 4) dargestellt.

Ø [%]	alle Kreisverkehre	Mini-Kreisverkehre	kleine Kreisverkehre	große Kreisverkehre	Sonderform
	107	1	61	24	21
Art des ÖPNV (Summe je Spalte 100%)					
Standard-Linienbus	76,6	100	91,8	62,5	47,6
Standard-+Gelenkbus	3,7	-	6,6	-	-
Bus + Bahn	14,0	-	1,6	16,7	47,6
Nur Bahn	5,6	-	-	20,8	4,8
Haltestellenlage in der (Summe je Spalte 100%)					
Zufahrt	45,5	-	53,5	33,3	38,5
Ausfahrt	39,0	-	46,5	33,3	23,1
Kreismitte	15,5	-	-	33,3	-
Haltestellentyp (Summe je Spalte 100%)					
Kap	12,8	-	14,8	-	20,0
Bucht	38,3	-	51,9	20,0	20,0
Fahrbahnrand	40,4	-	33,2	70,0	30,0
Mittellage	8,5	-	-	10,0	30,0
ÖPNV – Führung (Summe je Spalte 100%)					
Mischverkehr	78,8	100	90,3	59,3	69,6
Sonder Fahrstreifen	19,4	-	8,1	40,7	26,1
Bypass	1,8	-	1,6	-	4,3
Linienführung (Summe je Spalte 100%)					
Geradeaus	47,5	-	52,5	52,9	29,2
Abbiegend	46,7	100	39,3	44,1	66,7
Wendefahrt	5,8	-	8,2	2,9	4,2

Tabelle 4: ÖPNV-Merkmale an Kreisverkehren (Angaben in [%])

**2.6 Entwicklung des ÖPNV an Kreisverkehren**

Kreisverkehre sind im In- und Ausland vielfältig dokumentiert. Leistungsfähigkeit, Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit stehen dabei im Vordergrund. Ebenso sind auch die städtebaulichen Aspekte Gegenstand vieler Forschungen. Aussagen zum Verkehrsablauf unter Berücksichtigung des ÖPNV finden sich allerdings nur in wenigen Literaturquellen im In- und Ausland<sup>14</sup>.

Häufig wird lediglich allgemein auf die besondere Problematik von ÖV-Fahrzeugen an Kreisverkehren hingewiesen. Die Führung von ÖV-Fahrzeugen über Kreisverkehre wird in der Literatur als nur „bedingt geeignet“ dargestellt<sup>15</sup>. Kritisch werden z.B. fehlende Beschleunigungsmöglichkeiten, häufige Richtungswechsel auf der Kreisfahrbahn und die Querung der Mittelinsel durch ÖV-Fahrzeuge gesehen. In Deutschland wird erstmals 1991 auf Erfahrungen mit Busspuren bis zur Kreisfahrbahn

<sup>14</sup> Zitate sind kursiv dargestellt  
<sup>15</sup> FGSV, 1998

in der Schweiz<sup>16</sup> verwiesen. Für Kreisverkehrsplätze mit festzeitgesteuerter Lichtsignalanlage und kleinen Umlaufzeiten ist bei Umsetzung von Priorisierungsmaßnahmen, z.B. Busschleusen, i.a. nicht mit Nachteilen zu rechnen<sup>17</sup>.

Ausführliche Empfehlungen zur verträglichen Führung von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren existieren lediglich in den schweizerischen<sup>18</sup> und den niederländischen Richtlinien<sup>19</sup>. Im Folgenden werden die bestehenden Erkenntnisse vorgestellt.

## 2.6.1 Deutschland

### Gesetze, Verwaltungsvorschriften

In Deutschland ist das Zeichen 215 (Kreisverkehr) seit dem 1.2.2001 wieder in die Straßenverkehrs-Ordnung aufgenommen worden [Auszug]:

#### BMVBW, 2001: Straßenverkehrsordnung, StVO

##### §9a Kreisverkehr

- (1) *Ist an der Einmündung in einen Kreisverkehr das Zeichen 215 (Kreisverkehr) unter dem Zeichen 205 (Vorfahrt gewähren!) angeordnet, hat der Verkehrsteilnehmer auf der Kreisfahrbahn Vorfahrt. Bei der Einfahrt in einen solchen Kreisverkehr ist die Benutzung des Fahrtrichtungsanzeigers unzulässig. Innerhalb des Kreisverkehrs ist das Halten auf der Fahrbahn verboten.*
- (2) *Die Mittelinsel des Kreisverkehrs darf nicht überfahren werden. Ausgenommen sind davon Fahrzeuge, denen wegen ihrer Abmessungen das Befahren des Kreisverkehrs sonst nicht möglich wäre. Mit ihnen darf die Mittelinsel überfahren werden, wenn eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen ist.*

Hinweise zu ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren finden sich in der StVO nicht.

#### BMVBW, 2001: Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung, StVO-VwV

*Zu den Zeichen 209 bis 215 Vorgeschriebene Fahrtrichtung [Auszug]:*

##### IX. Kreisverkehr [...]

4. *Straßenbahnen, die die Mittelinsel überqueren ist regelmäßig die Vorfahrt zu geben [...]. Lichtzeichen sind vorzuziehen.*

Zur Vorfahrtregelung bei Linienverkehr findet sich folgender Abschnitt für Kreuzungen und Einmündungen. Für Kreisverkehre finden sich keine Aussagen.

##### Zu §8 Vorfahrt

##### Zu Absatz 1

*Verkehrsregelungen an Kreuzungen und Einmündungen [...]*

8. *Bei der Vorfahrtregelung sind die Interessen der öffentlichen Verkehrsmittel besonders zu berücksichtigen; wenn es [...] vereinbar ist, sollten diejenigen Kreuzungszufahrten Vorfahrt erhalten, in denen öffentliche Verkehrsmittel linienmäßig verkehren. Kann einer Straße, auf der eine Schienenbahn verkehrt, die Vorfahrt durch Verkehrszeichen nicht gegeben werden, so ist eine Regelung durch Lichtzeichen erforderlich; keinesfalls darf auf einer solchen Kreuzung die Regel "Rechts vor Links" gelten“.*

### Richtlinien, Empfehlungen

Es existiert keine eigenständige Richtlinie zur Berücksichtigung von Linienverkehr an Kreisverkehren. In folgenden Richtlinien wird der Linienverkehr in Teilbereichen berücksichtigt:

#### FGSV, 1998: Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehren [Auszug]

##### 2.1 Einsatzkriterien innerhalb bebauter Gebiete [...]

- *Kleine Kreisverkehre können verkehrliche Nachteile haben und ihr Einsatz bedarf einer besonderen Überprüfung, wenn [...] bei Linienbussen Reisezeitverluste entstehen und durch entwurfstechnische und bauliche Maßnahmen der Fahrkomfort nicht hinreichend sicherzustellen ist [...]*
- *Kleine Kreisverkehre sollen nicht zur Anwendung kommen, wenn [...] schienengebundene Nahverkehrsfahrzeuge ohne Lichtsignalanlagen über den Kreisverkehr geführt werden sollen [...].*

<sup>16</sup> BRILON; STUWE, 1991

<sup>17</sup> BRILON, 1995

<sup>18</sup> INSTITUT FÜR PLANUNG UND VERKEHR, FEDERAL POLYTECHNIC SCHOOL, 1991

<sup>19</sup> C.R.O.W., 1998

### 3.5 Öffentlicher Personennahverkehr

#### Linienbusverkehr

Um die Befahrbarkeit für Linienbusse zu erleichtern, sollen beim Entwurf keine Mindestmaße verwendet werden [...]. Das Befahren der Kreisfahrbahn kann für stehende Fahrgäste infolge der zweifachen Richtungswechsel und der Querneigung zur Kurvenaußenseite einen vergleichsweise geringen Fahrkomfort haben. Eine signaltechnische Priorisierung des ÖPNV ist an Kreisverkehren in der Regel nicht machbar [...].

#### Straßenbahn- und Stadtbahnverkehr

Die Führung von Straßenbahn- und Stadtbahnverkehr über kleine Kreisverkehre ist problematisch [...].

Das im Merkblatt dargestellte Verfahren der Leistungsfähigkeitsberechnung an Kreisverkehren wird im EDV-Programm KREISEL<sup>520</sup> in überarbeiteter Form angewandt. Eine Berechnung nach gängigen ausländischen Berechnungsverfahren ist ebenfalls möglich. Eine spezielle Berücksichtigung von ÖV-Fahrzeugen ist allerdings nicht vorgesehen.

#### FGSV, 1993: Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstraßen (EAHV)

In der EAHV wird kurz auf die Problematik ÖPNV an Kreisverkehren eingegangen [Auszug]:

Nachteilig kann sein, dass

- Kreisverkehre für die Bevorzugung einzelner Verkehrsarten (z.B. Linienbusse) [...] nur bedingt geeignet sind.
- Die Führung von Straßenbahnen/Stadtbahnen über Kreisverkehre ohne Lichtsignalanlage in der Regel nicht unproblematisch ist [...].

#### MWMTV-NRW, 1999: Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini-Kreisverkehrsplätzen

Die bisher einzige deutsche Empfehlung zu Mini-Kreisverkehren basiert auf der Auswertung eines Forschungsprojekts, in dessen Rahmen 18 Kreuzungen und Einmündungen zu Mini-Kreisverkehren umgebaut wurden.

- Der Außendurchmesser eines Mini-Kreisverkehrsplatzes beträgt weniger als 26 m. Um dennoch eine vollständige Befahrbarkeit für alle zum allgemeinen Straßenverkehr zugelassenen Fahrzeuge zu gewährleisten, muß die Kreisinsel so gestaltet sein, daß

sie zumindest von Schwerfahrzeugen in langsamer Fahrt problemlos überfahren werden kann.

- Öffentlicher Personennahverkehr  
Bei Linienbusverkehr ist eine Abstimmung mit dem Verkehrsunternehmen notwendig. Bei der Gestaltung der Kreisinsel, die von Bussen überfahren werden muß, ist darauf zu achten, daß die Komforteinbußen für die Passagiere gering gehalten werden.  
Schienengebundener öffentlicher Personennahverkehr und Mini-Kreisverkehrsplätze sind nicht miteinander verträglich.
- Die maximale Überhöhung [der Kreisinsel] soll 12 cm nicht überschreiten [...]. Sofern aus besonderen Gründen, z.B. starker Linienbusverkehr, eine niedrigere Randeinfassung gewählt wird, muß damit gerechnet werden, daß die Kreisinsel auch von Pkw regelmäßig überfahren wird.

#### VDV-Handbuch, 2000: Stadtbus – mobil sein in Klein- und Mittelstädten

Der VDV verweist in seinem Handbuch auf §8 VwV-StVO, nach dem Straßen mit Linienverkehr als Vorfahrtstraßen auszuweisen sind um Wartezeiten für ÖV-Fahrzeuge zu vermeiden [Auszug]:

- Demgegenüber stellt jegliches Abwarten von vorfahrtberechtigten Fahrzeugen im Kreisverkehr sowie die durch den Kreisverkehr mit seinen engen Radien angestrebte Geschwindigkeitsdämpfung insbesondere für den Linienbus eine Reisezeitverschlechterung gegenüber dem auf der Vorfahrtsstraße geradeaus über die Kreuzung geführten Linienweg dar.

Ein Abschnitt des VDV-Handbuchs erläutert die besondere Problematik von Bussen an Kreisverkehren:

#### Beschleunigungsmaßnahmen

Kreisverkehr nicht immer gut für den Stadtbus

- [...] Die ÖV-Spuren sollen den erheblichen Nachteil von Kreisverkehren für den ÖPNV mildern, dass der Bus bei der Einfahrt gegenüber dem im Kreis befindlichen Verkehr wartepflichtig ist [...].
- Nun führt die ÖV-Spur, egal ob rechts oder links des MIV-Fahstreifens, den Stadtbus am Stau vorbei bis an die Kreisfahrbahn heran. Doch dort wird der Busfahrer vor eine straßenverkehrsrechtlich völlig unklare Situation gestellt: Welcher der beiden parallelen Fahstreifen, die in den Kreis münden, hat Vorrang?

<sup>20</sup> KREISEL5: BPS, Brilon-Partner Systemtechnik

- *Kleine Kreisverkehre [...] kann der Stadtbus nicht zügig durchfahren [...]. Der Zeitverlust gegenüber der zügigen Überquerung einer Kreuzung [...] ist offensichtlich.*

### **FGSV, Arbeitspapier 51, 2003: Zweistreifig befahrbare Kreisverkehre**

Im Arbeitspapier wird die Anlage mehrstreifig befahrbarer, aber einstreifig markierter Kreisverkehre beschrieben. Aussagen zur Führung von ÖPNV-Fahrzeugen an mehrstreifig befahrbaren Kreisverkehren finden sich nicht.

### **2.6.2 Australien**

#### **AUSTROADS, 1993: Guide to Traffic Engineering Practice, Part 6: Roundabouts**

Die Empfehlungen für Kreisverkehre sind in Kapitel 6 der allgemeinen australischen Richtlinien für Verkehrsplanung enthalten.

Neben allgemeinen Einsatzempfehlungen für Kreisverkehre werden Kreisverkehre in Neben- und Hauptstraßen, in ländlichen Gebieten und innerstädtisch hinsichtlich Form und Gestalt unterschieden. Beleuchtung und bautechnische Gestaltung werden ebenso erläutert wie die Funktionen Verkehrsberuhigung und Verkehrssicherheit. Auch die Führung von Radfahrern und Fußgängern wird berücksichtigt. Zur Kapazitätsberechnung wird auf Simulationen oder analytische Berechnung basierend auf der „gap acceptance technique“ mittels INSECT und SIDRA verwiesen.

Empfehlungen zur Führung von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren sind nicht enthalten.

### **2.6.3 Frankreich**

#### **CERTU, 1988: Carrefours Urbains (Urban Intersections) Guide**

Die Richtlinie bezieht sich auf die Planung von innerstädtischen Kreisverkehren und wurde 1998 aktualisiert.

Sie beinhaltet neben allgemeinen Empfehlungen zu Bau und Betrieb französischer Kreisverkehre Verfahren zur Kapazitätsberechnung, Hinweise zu Geometrie und Gestalt sowie zur Führung von Fußgängern und Radfahrern. Ferner werden Empfehlungen zur Gestaltung und Beschilderung anhand von Beispielen erläutert und dargestellt, z.B. zu Querneigung, Sichtweite und Gestaltung der Mittelinsel.

Eine Berücksichtigung der ÖV-Führung findet nicht statt.

#### **SETRA, 1988: Aménagement des Carrefours Interurbains sur les Routes Principales**

Die Richtlinie beinhaltet Empfehlungen für außerörtliche Kreisverkehre und wurde ebenfalls 1998 aktualisiert.

Die Richtlinie setzt sich aus den Bereichen Verkehrssicherheit, Leistungsfähigkeit und Kapazität zusammen. Ferner enthält sie generelle Planungsansätze sowie Empfehlungen zur Geometrie der Kreisverkehrselemente sowie zur Beschilderung. Zur Kapazitätsberechnung wird das EDV-Programm GIRABASE empfohlen.

Empfehlungen zur Führung von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren sind in beiden französischen Richtlinien nicht enthalten.

### **2.6.4 Großbritannien**

#### **DEPARTEMENT OF TRANSPORT, 1993: Geometric Design of Roundabouts**

Die britischen Richtlinien geben Empfehlungen zu Dimensionierung und Planung von Kreisverkehren unter Berücksichtigung von Funktion und Sicherheit.

Es werden 6 Kreisverkehrstypen unterschieden:

- 1) Normale Kreisverkehre mit Mittelinsel (min. 4m, 13ft),
- 2) Mini – Kreisverkehre mit leicht gehobener Mittelinsel (Pflasterung, max. 4m),
- 3) doppelte Kreisverkehre (2 normale oder 2 Mini-Kreisverkehre), nebeneinander oder durch eine zentrale Spur verbunden,
- 4) Kreisverkehre mit Über- oder Unterführung,
- 5) Ring Junction (Kombination mehrerer (Mini-) Kreisverkehre um einen größeren Kreisverkehr) und
- 6) signalgesteuerte Kreisverkehre (Signalsteuerung in den Einfahrten zur Vermeidung von Rückstau im Kreisverkehr und Überlastung des Kreisverkehrs).

Maßgebliche Inhalte der Richtlinie sind, neben allgemeinen Empfehlungen zu Einsatzmöglichkeiten von Kreisverkehren mit Vor- und Nachteilen, die Verkehrssicherheit (erhöhte Sicherheit an Kreisverkehren gegenüber nichtsignalisierten Knotenpunkten, Maßnahmen zur verkehrssicheren Gestaltung von Kreisverkehren), die Integration von Fußgängern und Radfahrern sowie die Auswirkungen unterschiedlicher geometrischer Planungselemente wie Zahl und Abstand von Einfahrten,

Einfahrtbreite, Einfahrradius, Sichtweiten und der Neigung (Wasserabfluss, Drainage) auf den Verkehrsablauf. Die britischen Richtlinien verweisen zur Leistungsfähigkeitsberechnung auf das EDV-Programm ARCADY.

Empfehlungen zur Führung von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren sind nicht enthalten.

## 2.6.5 Niederlande

### KENNISCENTRUM VOOR VERKEER VERVOER EN INFRASTRUCTUUR, 1998: Eenheid in rotondes (in genehmigter Übersetzung)

Die niederländischen Empfehlungen stellen ein umfassendes Handbuch zum Thema Kreisverkehr dar. Sie berücksichtigen alle Verkehrsarten an Kreisverkehren, insbesondere auch Radfahrer. Die besondere Situation öffentlicher Verkehrsmittel wird in unterschiedlichen Zusammenhängen aufgegriffen [Auszüge]:

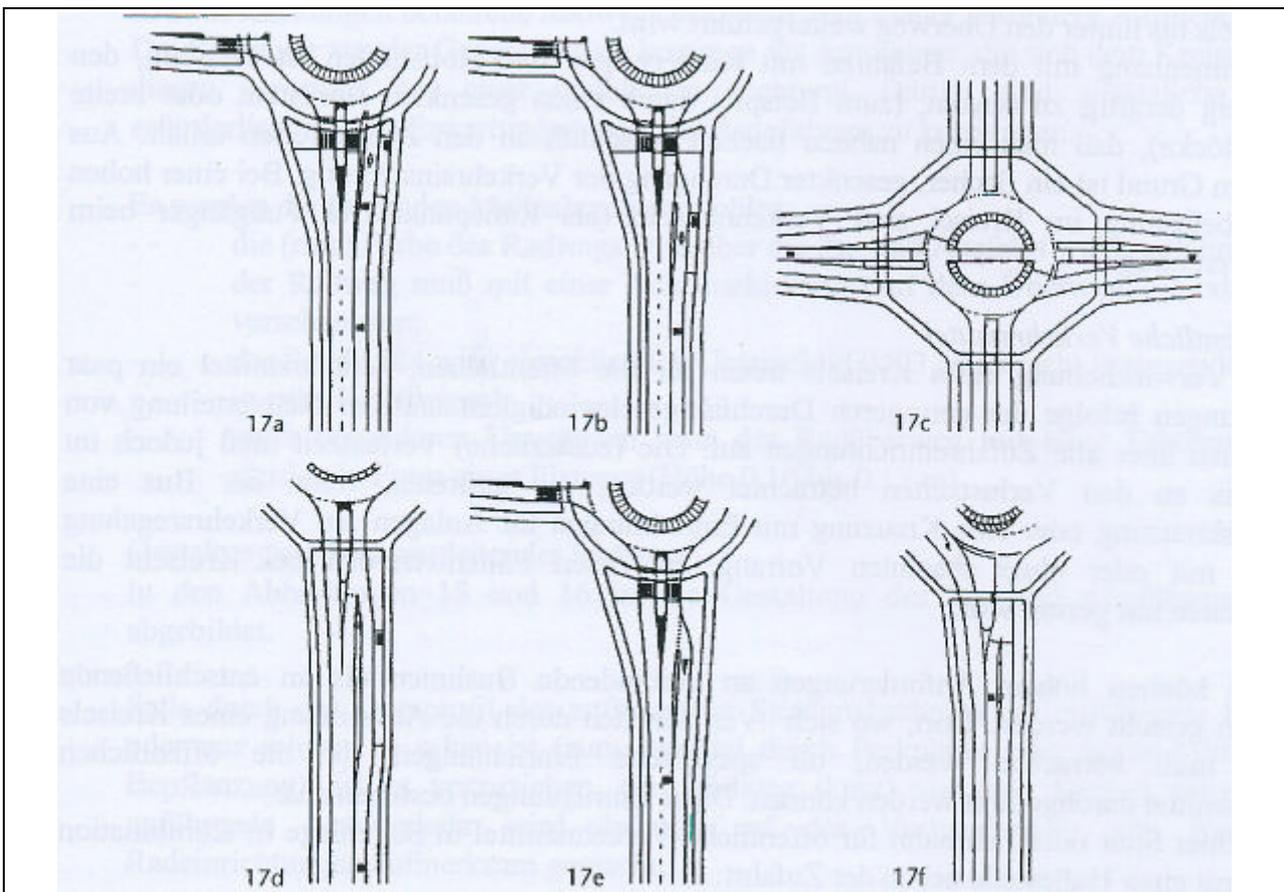


Abbildung 11: Vorfahrtsmaßnahmen öffentlicher Verkehrsmittel (Quelle: Eenheid in rotondes Abbildung 17a-17f)

### 3.5 Vorfahrtregelung öffentlicher Verkehrsmittel

[...] Es ist bei einer Anlage zur Vorfahrtregelung möglich, zugunsten zum Beispiel der öffentlichen Verkehrsmittel einzugreifen. Bei Kreisverkehren ohne Ampel ist dies unmöglich. [...] Eine mögliche Form der Vorfahrtsregelung ist es, den Bus auf einer ÖV-Spur an der Warteschlange vorbeizuleiten und sich kurz vor dem Kreisverkehr eingliedern zu lassen. [...] Möglichkeiten, das Gewähren dieser Vorfahrt zu stimulieren oder zu erzwingen sind ein Schild mit dem Text „Bus Vorfahrt gewähren“ oder sogar eine Ampel, die nur dann funktioniert, wenn sich der Bus eingliedern möchte.

Zur Vermeidung von Wartezeiten für Linienbusse werden ÖV-Spuren bis kurz vor die Kreisfahrbahn empfohlen. Somit wird erreicht, dass die Linienbusse an einem eventuellen Rückstau in der Zufahrt an diesem vorbeifahren können. Durch die Führung der ÖV-Spur bis kurz vor die Fußgängerquerung erreicht der Linienbus stets spätestens als 3. oder 4. Fahrzeug in der Warteschlange der Zufahrt die Kreisfahrbahn. Somit brauchen nur 3 oder 4 Fahrzeuge vor dem Linienbus einzufahren. Nach Aussage der Verfasser können die Wartezeiten für die Busse bei der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn somit auf 10 bis 13 Sekunden reduziert werden. Auch die parallele Führung einer eigenständigen

ÖV-Spur bis zur Kreisfahrbahn mit 2-streifiger Einfahrt innerorts erscheint nach Aussagen der Verfasser „sehr erfolgversprechend“.

#### 6.4.4 Öffentliche Verkehrsmittel

Behinderungen von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren treten auf infolge *geringerer Durchfahrgeschwindigkeit und Neuverteilung von Wartezeiten über alle Zufahreinrichtungen. Die (zusätzliche) Verlustzeit muß jedoch im Verhältnis zu den Verlustzeiten betrachtet werden, die auftreten, wenn der Bus eine Vorfahrtskreuzung oder eine Kreuzung mit Einrichtungen für die Anlagen zur Verkehrsregelung passiert, mit oder ohne absoluten Vorrang.*

Häufen sich Verlustzeiten durch die Anwendung eines Kreisverkehrs, wird in Abhängigkeit von der örtlichen Situation die Anlage von ÖV-Spuren oder Fahrbahnen für öffentliche Verkehrsmittel in Seiten- oder Randlage empfohlen, ggf. in Kombination mit einer Haltestelle.

#### 2.6.6 Schweiz

##### INSTITUT FÜR PLANUNG UND VERKEHR, FEDERAL POLYTECHNIC SCHOOL, 1991: Guide Suisse des Giratoires

Die 1991 vorgestellte Richtlinie war die erste europäische Richtlinie, in der Beschleunigungen für Linienfahrzeuge an Kreisverkehren erarbeitet wurden.

Schwerpunkt ist die optimale Integration der Kreisverkehre auf städtebaulicher Ebene mit dem besonderen Akzent der Umfeldverträglichkeit.

Diese Richtlinie behandelt 3 Hauptfelder:

- Generelle Planungsansätze
- Machbarkeit, Studien und Planungsprozesse
- Leistungsfähigkeitsberechnung, auch mittels Einsatz von EDV-Programmen.

Empfehlungen zur Lage von Haltestellen werden ebenso wie Beispiele zur Führung des ÖPNV in den Einfahrten gegeben (Abbildung 12 bis Abbildung 16). Nicht eingegangen wird in diesen Beispielen auf die Anzahl der Fahrspuren auf der Kreisfahrbahn.

- Lange kombinierte Rad – ÖV-Spur in Seitenlage (Abbildung 12): Positiv gewertet wird die schnelle und behinderungsfreie Führung von ÖV-Fahrzeugen parallel der Zufahrt bis zur Kreisfahrbahn. Als Nachteilig wird der Platzbedarf für zwei Fahrstreifen in der Zufahrt und die Gefahr angesehen, dass MIV-Fahrzeuge die

ÖV-Spur zum tangentialen und schnellen Einfahren nutzen sowie die verdoppelte Länge des Fußgängerüberweges in der Zufahrt.

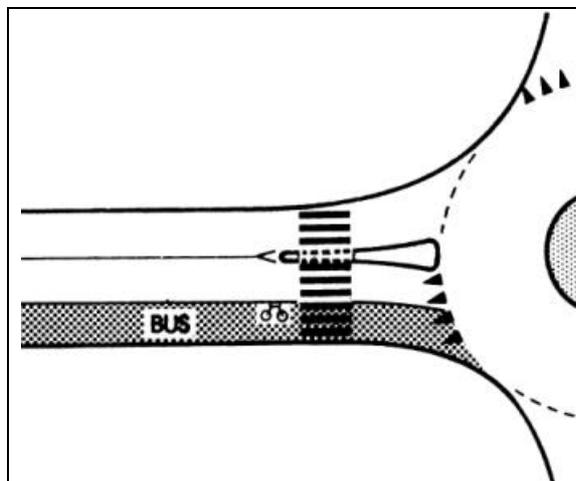


Abbildung 12: kombinierter Bus und Radstreifen bis zur Kreisfahrbahn (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)

- Kurzer zweistreifiger Aufstellbereich am Ende einer ÖV-Spur (Abbildung 13): Die ÖV-Spur in Seitenlage endet ca. 20 m vor der Kreisfahrbahn. Die Fahrspur wird als normale MIV-Spur fortgesetzt, so dass sowohl Busse als auch MIV zweistreifig einfahren können. Allerdings entsteht eine ungeklärte Vorfahrtsituation bei der Einfahrt in eine einstreifige Kreisfahrbahn.

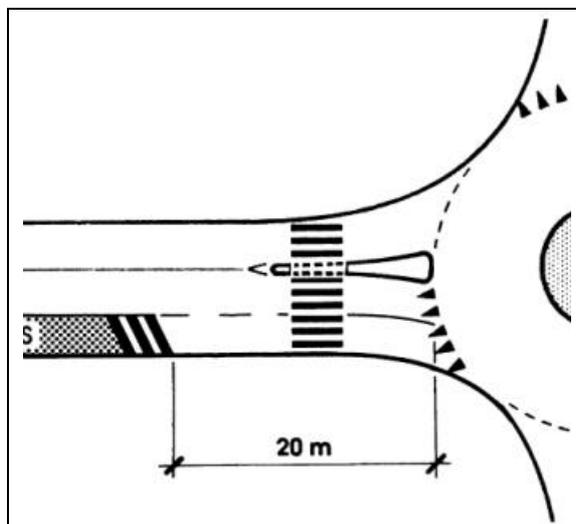


Abbildung 13: ÖV-Spur endet vor Zufahrt; zweistreifige Einfahrt (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)

Nachteilig ist, dass ÖV-Fahrzeuge nicht bis zur Kreisfahrbahn beschleunigt werden und dass durch die 2. Spur eine deutlich tangentialere Zufahrt zur Kreisfahrbahn entsteht, die mit entsprechend höherer Geschwindigkeit befahren werden kann. Diese Lösung ermöglicht bei zweistreifigen Kreisverkehren eine

Steigerung der Leistungsfähigkeit in der Zufahrt.

- Einstreifige Zufahrt am Ende einer ÖV-Spur (Abbildung 14): Die ÖV-Spur endet ca. 20 – 30m vor dem Kreis (Abbildung 13), allerdings führt hier nur ein Fahrstreifen bis zur Kreisfahrbahn. Der MIV-Fahrstreifen endet in einer Fahrstreifenreduzierung auf Höhe der ÖV-Spur. Busse fahren auf der ÖV-Spur beschleunigt in der Zufahrt und fahren aus dem Sonderfahrstreifen nah an der Kreisfahrbahn bevorrechtigt aus, können allerdings durch einen Rückstau unmittelbar vor der Einfahrt in die Kreisfahrbahn behindert werden.

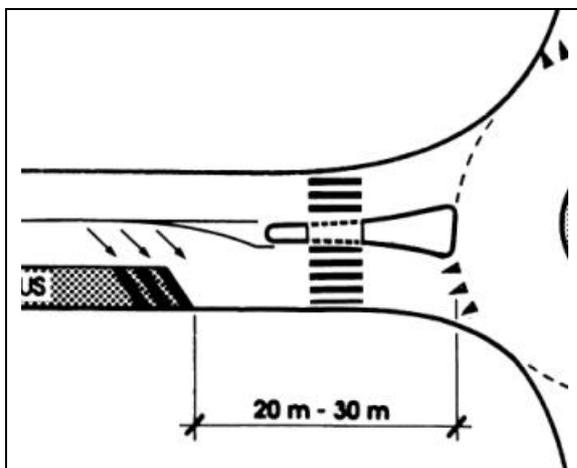


Abbildung 14: ÖV-Spur endet parallel zur IV-Fahrstreifenreduzierung (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)

Bushaltestellen können nach den Guides Suisse des Giratoires vor oder nach einem Kreisverkehr angelegt werden, wobei folgende Aspekte zu berücksichtigen sind (vgl. Abbildung 15):

- IV – Aufkommen in Ein- und Ausfahrten des Kreisverkehrs
- Taktfrequenz des ÖV
- Fußgänger aufkommen an den Haltestellen
- freie Fläche für Haltestellen
- Führung der Fußgänger

Die Anordnung einer Haltestelle nach einem Kreisverkehr mit einstreifigen Zu- und Ausfahrten auf der Fahrbahn sollte vermieden werden (vgl. Abbildung 15, rechts), weil dadurch eine Behinderung der Fahrzeuge in der Ausfahrt und ggf. ein Rückstau im Kreisverkehr auftreten kann.

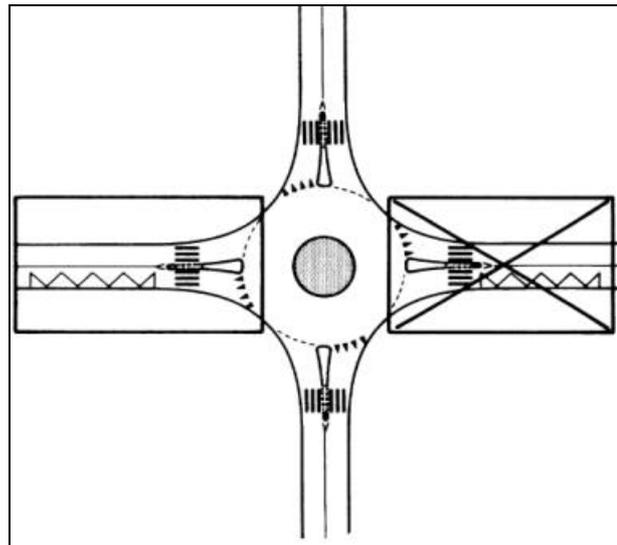


Abbildung 15: Lage von Haltestellen (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)

Bei Anordnung der Haltestellen analog Abbildung 16 besteht der Vorteil, dass der ÖPNV priorisiert wird ohne einen IV-Rückstau zu verursachen (weder in der Zu- noch in der Ausfahrt). Nachteilig ist allerdings, dass ohne ÖV-Spur in der Zufahrt die Erreichbarkeit der Haltestelle bei längeren Rückstauungen vor dem Kreisverkehr für die zufahrenden ÖV-Fahrzeuge nicht gewährleistet ist.

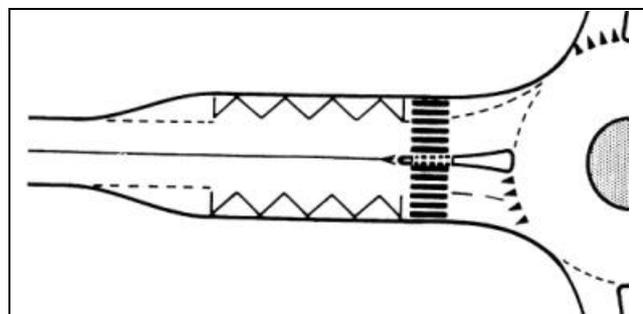


Abbildung 16: Anordnung von Haltestellen im aufgeweiteten Zufahrt- bzw. Ausfahrt Bereich (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)

Durch eine Haltestellenanordnung analog Abbildung 16 mit Fortführung als zweistreifige Zufahrt entsteht an einstreifigen Kreisverkehren eine ungelagerte Vorfahrtsituation.

### 2.6.7 USA

#### US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000: *Roundabouts: An Informal Guide*

Mit der Richtlinie liegen erstmals seit den 60er Jahren wieder eine einheitliche Richtlinie für Kreisverkehre in allen Staaten der USA vor. Diese von der Federal Highway Administration entwickelte Richtlinie gibt bei künftigen Kreisverkehren einheitliche Standards in allen Staaten der USA vor. Vorläufer waren bundesstaatliche amerikanische, europäi-

sche und australische Empfehlungen und Richtlinien. Zwischen den 1960er Jahren und den frühen 1990er Jahren galten Kreisverkehre in den USA als unsicher und wurden nicht gebaut. Die aktuelle landesweite Richtlinie ist sehr umfassend und behandelt neben den gängigen Planungsgrundlagen u.a. Themen wie Unfallstatistiken an Kreisverkehren, Mini-Kreisverkehre sowie mikroskopische Simulationsmodelle.

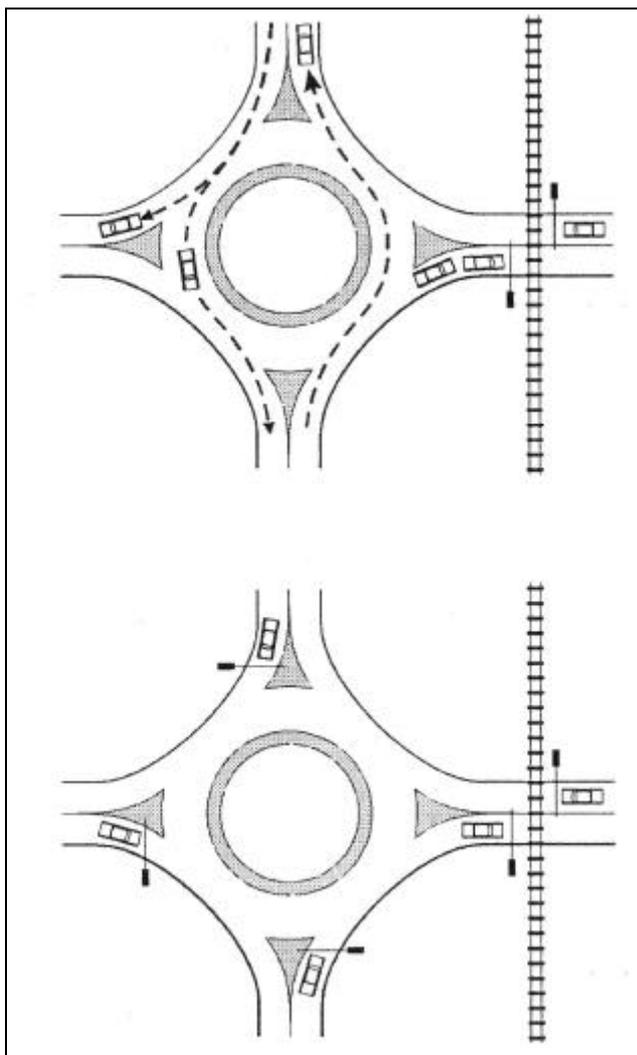


Abbildung 17: Sicherung von Bahnanlagen an Kreisverkehren (Quelle: *Roundabouts: An Informal Guide*)

Die Aussagen zu schienengebundenen Verkehrsmitteln beziehen sich auf die amerikanische „rail“. Diese sind i.a. mit den „LRT“ – „Light-Rails“, der europäischen Straßen-/Stadtbahn nicht zu vergleichen. „Railroad Traffic“ soll im Allgemeinen nur über Zufahrten von Kreisverkehren geführt werden (Abbildung 17). Dabei sind 2 Alternativen der Sicherung möglich:

1. Sicherung der Zu- und Ausfahrt, die vom ÖV gekreuzt wird,
2. Sicherung aller Zufahrten zum Kreisverkehr.

Die in Abbildung 17 oben dargestellte Sicherung der Zu- und Ausfahrt ermöglicht die Aufrechterhaltung einiger Verkehrsbeziehungen während der Sperrung der Zufahrt mit ÖV-Querung. Allerdings kann es zu Blockaden der Kreisfahrbahn kommen, wenn sich vor der gesperrten Ausfahrt ein Rückstau bildet.

Die im unteren Teil des Bildes dargestellte Sperrung des gesamten Kreisverkehrs erlaubt keinerlei Verkehrsfluss während der Sperrzeit, verhindert allerdings unkontrollierte Rückstauungen vor der gesperrten Ausfahrt.

Die Führung schienengebundener ÖV-Verkehrsmittel über die Mittelinsel wird nur in Ausnahmefällen bei geeigneter Verkehrsstärke zugelassen. Eine Sicherung mit Signalanlagen oder Schrankenanlagen ist obligatorisch (Abbildung 18).

Die amerikanischen Richtlinien befürworten aus Sicherheits- und Funktionalitätsgründen die Abrückung von Bushaltestellen an Kreisverkehren (Zu- und Ausfahrten). Die Richtlinien unterscheiden demnach zwischen nahliegenden und weitabliegenden Bushaltestellen.

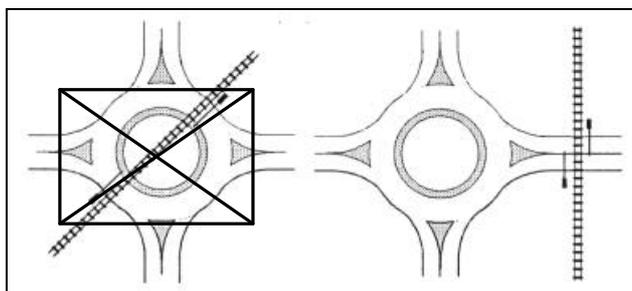


Abbildung 18: ÖPNV an Kreisverkehren in USA - links: ÖPNV-Führung durch den Kreis wird abgelehnt, rechts: ÖPNV über Zufahrt wird toleriert (Quelle: *Roundabouts: An Informal Guide*)

Vorläufer der landesweiten Richtlinien waren Richtlinien einzelner US-Staaten:

#### **MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1995: Roundabout Design Guidelines**

Die 1995 erschienenen Empfehlungen waren die ersten Empfehlungen für kleine Kreisverkehre in den USA. Sie entstanden in Anlehnung an die australischen Richtlinien von 1993. Empfehlungen zu Geometrie, Gestaltung, Beleuchtung und Markierung sind ebenso enthalten wie Hinweise zur Leistungsfähigkeitsberechnung mit dem EDV-Programm SIDRA, ebenfalls vom Australian Road Research Board entwickelt.

#### **OURSTON; DOCTOR, 1995: Roundabout design Guidelines**

Die vom California Department of Transportation beauftragte Untersuchung von Verkehrsablauf und

Gestaltung von kleinen und Mini-Kreisverkehren basieren auf den britischen Standards der *Geometric Design of Roundabouts*. Maßnahmen zur Reduzierung der Einfahrtgeschwindigkeit und zur Vermeidung von Unfällen sind ebenso enthalten wie Empfehlungen zur sicheren Führung von Fußgängern und Radfahrern. Aussagen zur Leistungsfähigkeit fehlen.

**FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1996: The Florida Roundabout Guide**

Wesentlicher Bestandteil ist die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren. Berücksichtigung finden dabei u.a. der Einfluss der geometrischen Variablen wie Durchmesser, Einfahrtbreite, Einfahrt-Winkel und Einfahrt-Radius. 1998 wurden weitere Richtlinien zum Verkehr an Kreisverkehren in Oregon und Kalifornien veröffentlicht.

### 3 Verkehrssicherheit an Kreisverkehren

Aussagen zur Verkehrssicherheit einer Verkehrsanlage basieren im Allgemeinen auf Aussagen zum Unfallgeschehen und/oder der Konfliktauswertung.

Die „innere Sicherheit“ in Fahrzeugen des ÖV bezieht sich auf Verletzungen der Fahrgäste innerhalb der Fahrzeuge. Angaben konnten von den Verkehrsunternehmen nur vereinzelt zur Verfügung gestellt werden. In allen Fällen waren diese Verletzungen Folgeverletzungen von „äußeren“ Verkehrsunfällen des ÖV-Fahrzeuges mit anderen Verkehrsteilnehmern. Verletzungen allein resultierend aus der Befahrung des Kreisverkehrs konnten nicht ermittelt werden.

#### 3.1 Unfallauswertung

Die Grundlage der Unfallauswertungen an Kreisverkehren bilden Angaben zu 8.707 Unfällen der Jahre 1997 bis 1999. Die Angaben zu den Unfällen basierten zumeist auf amtlichen Auswertungen der Polizeidienststellen.

Die Auswertung der Unfalldaten der Kreisverkehre erfolgte getrennt für

- Kleine Kreisverkehre,
- Große Kreisverkehre und
- Sonderformen.

Zur Untersuchung geeignete Mini-Kreisverkehre standen zu Beginn des Projektes nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung. Lediglich 1 Minikreisverkehr entsprach den Voraussetzungen. Somit wurde diese Kategorie in den weiteren Auswertungen nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt werden weiterhin die als „Sonderformen“ bezeichneten Knotenpunkte, die keine kreisverkehrstypische Verkehrsführung aufweisen.

	1997	1998	1999
Anzahl der Kreisverkehre in Unfallauswertung <sup>21</sup>	38	41	45
Davon:			
Kleine Kreisverkehre	18	22	24
Große Kreisverkehre	20	21	21

Tabelle 5: Kreisverkehre für Unfallanalyse

<sup>21</sup> Anzahl geringer als Anzahl der erhobenen Kreisverkehre, da nicht für alle Kreisverkehre Unfalldaten verfügbar waren.

An den oben aufgeführten Kreisverkehren traten folgende Unfälle auf (Gesamtzahl aller Unfälle an Kreisverkehren des genannten Typs):

	1997	1998	1999
Unfälle an Kreisverkehren	2.404	1.850	1.980
davon an:			
Kleinen Kreisverkehren	47	76	96
Großen Kreisverkehren	2.357	1.774	1.884

Tabelle 6: Unfälle an den untersuchten Kreisverkehren

Unfälle mit direkter ÖV-Beteiligung traten ebenfalls auf:

	1997	1998	1999
Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung an Kreisverkehren	61	39	53
davon an:			
Kleinen Kreisverkehren	1	1	1
Großen Kreisverkehren	60	38	52

Tabelle 7: Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung

#### 3.2 Unfallrate

Die Unfallrate ermöglicht einen Vergleich der Verkehrssicherheit unterschiedlicher Verkehrseinrichtungen. Sie bezieht in diesen Auswertungen die absolute Unfallanzahl im Untersuchungszeitraum auf die Anzahl der in den Knotenpunkt einfahrenden Fahrzeuge.

$$UR = \frac{U * 10^6}{\sum DTV_i * 365 * T} [Unfälle / 10^6 Kfz]$$

mit:

U = Unfälle innerhalb des T Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes

$\sum DTV_i$  = Summe der Verkehrsstärken in den Zufahrten auf i-Knotenpunktarmen<sup>22</sup>

Gleichung 1: Berechnung der Unfallrate

Unfallrate [Unfälle/10 <sup>6</sup> Kfz]	1997	1998	1999	Ø
Kleine Kreisverkehre	0,6	0,7	0,8	0,7
Große Kreisverkehre <sup>23</sup>	2,9	2,6	2,5	2,7

Tabelle 8: Unfallrate bei Kreisverkehren

<sup>22</sup> SCHNÜLL; GOLTERMANN, 2000

<sup>23</sup> nicht berücksichtigt wurden 5 in aufgeführte große Kreisverkehre, deren Berücksichtigung zu Verzerrungen der Unfallauswertung geführt hätte.

Die Unfallrate zeigt, dass kleine Kreisverkehre, gebaut nach dem FGSV-Merkblatt, sehr geringe Unfallraten aufweisen. Große Kreisverkehre weisen eine 4fach höhere Unfallrate als kleine Kreisverkehre.

Unfallrate für Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung [Unfälle/10 <sup>6</sup> Kfz]	1997	1998	1999	Ø
Kleine Kreisverkehre	0,01	0,01	0,01	0,01
Große Kreisverkehre <sup>24</sup>	0,12	0,10	0,08	0,10

Tabelle 9: Unfallrate für Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung

Die Unfallrate für Unfälle mit ÖV-Beteiligung liegt erwartungsgemäß deutlich unter der Unfallrate aller Unfallbeteiligten. Auffällig ist die ca. 10-fach höhere Unfallrate an großen Kreisverkehren im Vergleich zur Unfallrate an kleinen Kreisverkehren.

Zum Vergleich sind in sehr große, alte Kreisverkehrsanlagen, die neben der verkehrlichen auch maßgeblich städtebauliche Funktionen erfüllen mit ihrer Unfallcharakteristika aufgeführt. Sie weisen deutlich höhere Unfallraten auf und sind nicht in die allgemeine Auswertung eingegangen.

Kreisverkehr	TYP	DTV	Unfälle 1997	Unfälle 1998	Unfälle 1999	Unfallrate	Unfallrate ÖPNV
Berlin, Ernst-Reuter-Platz	Groß	79.000	338	409	433	13,9	0,21
Berlin, Großer Stern	Groß	86.000	899	343	364	17,4	0,38
Berlin, Jakob-Kaiser-Platz	Groß	30.000	237	212	190	19,6	0,15
Halle, Ri-beckplatz	Sonder	80.000	498	534	587	19,3	0,81
Magdeburg, Uni-Platz	Sonder	26.550	156	129	201	16,7	0,48
Münster, Ludgeriplatz	groß	34.000	115	110	135	9,7	0,43

Tabelle 10: Kreisverkehre ohne Berücksichtigung bei allgemeiner Unfallauswertung

ist die Unfallkostenrate hier der Vollständigkeit halber aufgeführt. Grundlage ist dabei folgender Ansatz:

$$UKR = \frac{K * 10^3}{\sum DTV_i * 365 * T} [DM / 10^3 Kfz]$$

mit:  
 $\sum DTV_i$  = Summe der Verkehrsstärken in den Zufahrten auf *i*-Knotenpunktarmen  
 UKR = Kosten durch Unfälle innerhalb des *T* Jahre umfassenden Untersuchungszeitraumes:

Kostensätze für Personenschäden		
Getötete	2.333.989 DM	1.190.810 €
Schwerverletzte	159.856 DM	81.560 €
Leichtverletzte	7.139 DM	3.640 €
Kostensätze für Sachschäden		
Unfälle mit Getöteten	49.575 DM	25.290 €
Unfälle mit Schwerverletzten	24.343 DM	12.420 €
Unfälle mit Leichtverletzten	17.970 DM	9.170 €
Schwerwiegende Unfälle mit nur Sachschaden*)	24.481 DM	12.490 €

\*) Dieser Kostensatz wurde allen Unfällen zu Grunde gelegt, bei denen ausschließlich Sachschaden entstand, da von den Polizeidienststellen überwiegend nur schwerwiegende Unfälle in den Statistiken geführt werden.  
 Kostensätze nach BAST-INFO 12/2000

Gleichung 2: Unfallkostenrate

### 3.3 Unfallkostenrate

Zur Ermittlung der Unfallkosten werden alle Unfallfolgen wie Sachschäden und Personenschäden in Geldeinheiten bewertet. Die Unfallkostenrate ist nach den Ansätzen der BAST-INFO 12/2000<sup>25</sup> erstellt. Vergleichbare Aussagen zu Unfallkosten an vergleichbaren Kreuzungen liegen nicht vor, daher

<sup>24</sup> siehe Anmerkung 23

<sup>25</sup> BAST-INFO, 2000

Die Kosten für durch Verkehrsunfälle verursachte Schäden beruhen auf den volkswirtschaftlichen Kosten und berücksichtigen u.a. Reproduktionskosten, Ressourcenausfallkosten und außermarktliche Wertschöpfungsverluste.

Unfallkostenrate [DM/10 <sup>3</sup> Kfz]	1997	1998	1999
Kleine Kreisverkehre	k.A.*	41,25	42,46
Große Kreisverkehre <sup>26</sup>	56,54	74,90	63,28
Sonderformen	72,63	76,35	74,03
Ø - Kreisverkehre	62,42	74,05	63,82

Tabelle 12: Unfallkostenrate an Kreisverkehren (\*: Auswertung kleine Kreisverkehre 1997 auf Grund der Datenlage nicht möglich)

### 3.4 Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung

Unfälle mit ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren sind selten. Ein Bezug der Unfalldaten auf verkehrende Linienbusse ist aufgrund mangelnder Angaben zur tatsächlichen Busfrequenz in den zurückliegenden Jahren an den einzelnen Kreisverkehrsplätzen nicht möglich.

Unterschiede im Unfallgeschehen treten in Abhängigkeit von der ÖPNV-Art auf:

#### Buslinienverkehr

Unfälle an Kreisverkehren mit Linienbusverkehr	1997	1998	1999
Kreisverkehre in Auswertung <sup>27</sup>	24	29	32
- davon mit Unfällen	19	24	28
- davon mit ÖV-Unfällen	3 (13%)	6 (21%)	4 (13%)
Ø DTV je Kreisverkehr	21.720	20.685	20.853
Gesamtzahl der Unfälle	434	467	468
- davon mit Linienbusbeteiligung	14 (3%)	10 (2%)	10 (2%)

Tabelle 13: Unfälle mit Linienbussen

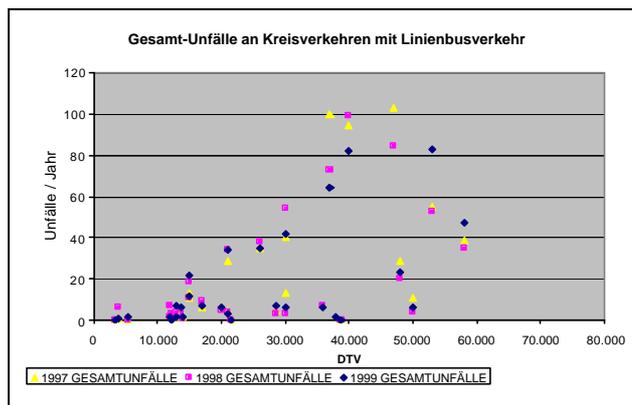


Abbildung 19: Gesamt-Unfälle an Kreisverkehren mit Linienbusverkehr

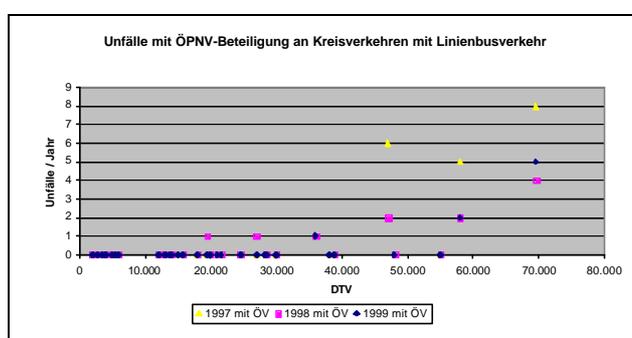


Abbildung 20: ÖPNV-Unfälle an Kreisverkehren mit Linienbusverkehr

Während Abbildung 19 zeigt, dass bereits an gering belasteten Kreisverkehren Unfälle zwischen MIV-Fahrzeugen auftreten, zeigt Abbildung 20, dass Unfälle mit Linienbussen erst bei steigender DTV-Belastung zunehmen.

#### Straßen-/Stadtbahn

Unfälle an Kreisverkehren mit Straßenbahn	1997	1998	1999
Kreisverkehre in Auswertung	13	14	14
- davon mit Unfällen	13	14	14
- davon mit Straßenbahnunfällen	10 (77%)	9 (64%)	8 (57%)
Ø DTV je Kreisverkehr	30.089	29.368	29.368
Gesamtzahl der Unfälle	369	356	351
- davon mit Straßenbahnbeteiligung	29 (8%)	28 (8%)	14 (4%)

Tabelle 14: Unfälle mit Straßenbahnen

<sup>26</sup> siehe Anmerkung 23

<sup>27</sup> Anzahl der Kreisverkehre differiert im Vergleich zu Tabelle 5 aufgrund der Güte der verwertbaren Angaben zu den Unfällen.

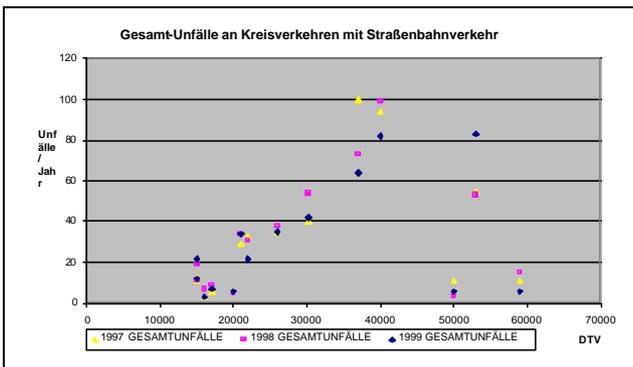


Abbildung 21: Gesamt-Unfälle an Kreisverkehren mit Straßenbahn

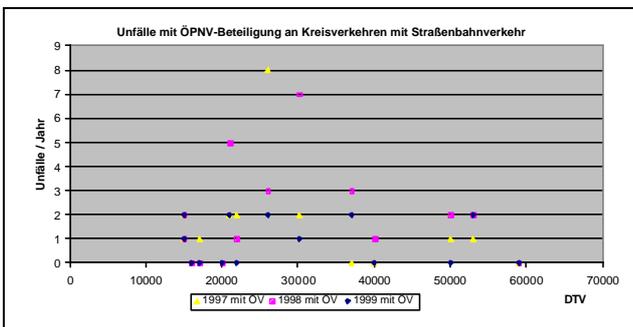


Abbildung 22: ÖPNV-Unfälle an Kreisverkehren mit Straßenbahn

Unfälle mit Straßenbahnen	Kreisverkehr	
	signalisiert	nicht signalisiert
Kreisverkehre mit Straßenbahnen (in Auswertung)	6	7
Kreisverkehre mit Unfällen mit Straßenbahn-Beteiligung	2	7
Unfälle mit Straßenbahn-Beteiligung [alle Unfälle (pro Jahr) mit Straßenbahn-Beteiligung = 100%]		
1997	11%	89%
1998	16%	84%
1999	14%	86%

Tabelle 15: Unfälle mit Straßenbahnen an signalisierten / nicht signalisierten Kreisverkehren

An allen ausgewerteten Kreisverkehren mit Straßenbahnen (DTV ab ca. 15.000 Kfz) traten MIV-Unfälle auf (Abbildung 21). Ebenfalls ab dieser Belastung treten auch Unfälle mit Straßen-/ Stadtbahnen auf (Abbildung 22). Eine Zunahme der Unfälle bei steigender DTV-Belastung ist, im Gegensatz zu Kreisverkehren mit Busverkehr, nicht feststellbar. Hierin unterscheiden sich Kreisverkehre mit Bus und Bahnverkehr deutlich. Auch Kreisverkehrsplätze mit Straßenbahnen unterscheiden sich in ihrer Unfallanzahl: Während an signalisierten Kreisverkehren mit Straßenbahnverkehr 14% der Unfälle auftraten, ereigneten sich 86% der Unfälle an nicht signalisierten Kreisverkehren.

### 3.5 Verkehrsregelung

Kleine Kreisverkehre sind ihren Konstruktionsgrundsätzen entsprechend grundsätzlich vorfahrtgeregelt (unsignalisiert). Ausnahmen sind kleine Kreisverkehrsplätze mit Straßenbahnquerung, z.B. in Stuttgart, bei denen der Gleisbereich durch Signalanlagen gesichert ist, die Zufahrten allerdings unsignalisiert sind.

Große Kreisverkehre und Sonderformen werden sowohl vorfahrtgeregelt als auch signalgeregelt betrieben. Signalregelungen werden dann eingesetzt, wenn große Kreisverkehrsplätze vorfahrtgeregelt nicht sicher betrieben werden können.

Die durchschnittliche DTV-Belastung an den ausgewerteten vorfahrtgeregelteten Kreisverkehren beträgt 21.000 Kfz während sie an den untersuchten signalgeregelteten Kreisverkehren bei 37.000 Kfz liegt.

Die Unfallzahlen zeigen, dass Unfälle an vorfahrtgeregelteten Kreisverkehren ab DTV-Werten von 20.000 Kfz signifikant häufiger auftreten als an schwächer belasteten Kreisverkehren.

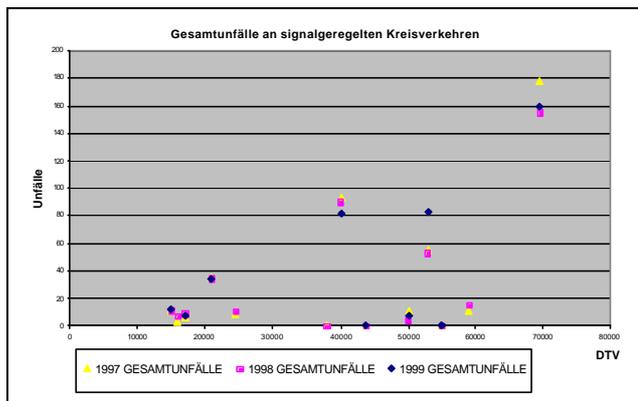


Abbildung 23: Unfälle an signalgeregelteten Kreisverkehren

Auch die Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung weisen an signalgeregelteten Kreisverkehren einen Anstieg der Unfälle bei steigender DTV-Belastung auf (Abbildung 24). Im Gegensatz zu den vorfahrtgeregelteten Kreisverkehren zeigt sich, dass auch an schwach belasteten signalgeregelteten Kreisverkehren Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung auftreten.

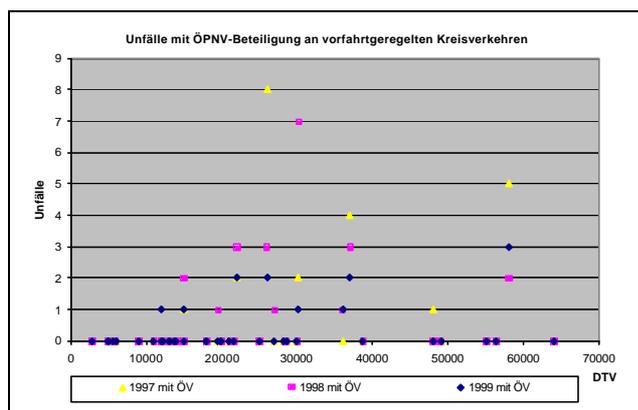


Abbildung 24: Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung an signalisierten Kreisverkehren

Die folgenden Tabellen zeigen die an signalisierten Kreisverkehren deutlich höhere Unfallrate als an vorfahrtsignalisierten Kreisverkehren. Offensichtlich können große Kreisverkehre trotz Signalisierung nicht so sicher betrieben werden wie kleine Kreisverkehre. Die Unfallrate für Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung ist an vorfahrtsignalisierten und signalisierten Kreisverkehren etwa gleich hoch.

vorfahrtsignalisiert	1997	1998	1999
Unfallrate	1,82	1,74	1,55
Unfallrate Unfälle mit ÖPNV	0,11	0,09	0,05

Tabelle 16: Unfallrate vorfahrtsignalisierter Kreisverkehre

signalisiert	1997	1998	1999
Unfallrate	3,10	2,91	2,82
Unfallrate Unfälle mit ÖPNV	0,15	0,11	0,07

Tabelle 17: Unfallrate signalisierter Kreisverkehre

### 3.6 Unfallbetrachtung der empirisch untersuchten Kreisverkehre

Bei den 14 empirisch untersuchten Kreisverkehren handelt es sich um umgebaute Kreuzungen. Für diese Knotenpunkte wurden in einem Vorher-Nachher Vergleich (vor dem Umbau zum Kreisverkehr: Knotenpunktform Kreuzung oder Einmündung – nach dem Umbau: Betrieb als vorfahrtsignalisierter Kreisverkehr) das Unfallgeschehen getrennt ausgewertet.

Stadt / Kreisverkehr	Jahr des Umbaus
Bottrop, Kirchheller Straße – Eichenstraße	1991
Castrop-Rauxel, Herner Straße – Westring	1995
Esslingen, Barbarossastr. – Wäldenbronner Straße	1999
Leverkusen, Bismarkstraße - Robert-Blum-Straße	1998
Leverkusen, Hauptkreuzung Küppersteg	1998
Leverkusen, Rheindorf Süd – Felderstraße	2000
Oberhausen, Concordia Straße – Hansa Straße	1998
Remscheid, Bahnhofplatz	1999
Saarbrücken, Güdingen-Unner	1999
Stuttgart, Daimlerstraße – Deckerstraße	1995
Stuttgart, Regerstraße – Beethovenstraße	1994
Stuttgart, Regerstraße – Schumannstraße	1994
Wolfen, Krondorferstraße	1995
Wolfen, Thälmann - Oppenheimer Straße	1999

Tabelle 18: Knotenpunkte in der Vorher-Nachher-Auswertung

Tabelle 19 weist die Unfallrate und die Unfallkostenrate im Vorher-Zustand für die Kreuzungen/Einmündungen aus, die im Laufe der Jahre 1998 bis 2000 zu Kreisverkehren umgebaut wurden.

	1995	1996	1997	1998	1999 <sup>28</sup>
Unfallrate	1,53	1,88	2,28	2,21	0,20
Unfallkostenrate	64,82	86,42	118,22	154	8,59

Tabelle 19: Vorher - Unfallrate und Unfallkostenrate (Kreuzungen)

Tabelle 20 wertet die Unfalldaten der in Tabelle 18 aufgeführten Kreisverkehre nach dem Umbau aus.

	1997	1998	1999	2000
Unfallrate	0,70	1,18	1,06	0,92
Unfallkostenrate	17,15	30,85	27,78	25,64

Tabelle 20: Nachher - Unfallrate und Unfallkostenrate (Kreisverkehre)

Der Vergleich der Unfallraten zwischen Kreuzungen im Vorher-Zustand und Kreisverkehren im Nachher-Zustand zeigt eine deutliche Reduzierung

<sup>28</sup> 1999 sind bis auf den Knoten Leverkusen, Rheindorf-Süd (Lage in Wohngebiet) alle Knotenpunkte zu Kreisverkehren umgebaut.

der Unfallrate um 50%. Die Unfallkostenrate sinkt noch deutlicher, wie der Vergleich der Tabelle 19 und der Tabelle 20 zeigt.

	Vorher – Kreuzung –	Nachher – Kreisverkehr –
Unfälle / Knotenpunkt	10	7
Verletzte pro Knotenpunkt und Jahr		
- Leichtverletzte	3,5	0,9
- Schwerverletzte	0,22	0,09
Unfallschwere- Anteil der Unfälle mit		
- Leichtverletzten	15%	13%
- Schwerverletzten	3%	1%

Tabelle 21: Unfallschwere im Vorher-Nachher-Vergleich an 14 empirisch erhobenen Knotenpunkten

Durch die Umgestaltung der Knotenpunkte von Kreuzungen zu Kreisverkehren konnten sowohl die Unfallzahlen, als auch die Anteile der Verletzten reduziert werden, der Anteil der Schwerverletzten sank um ca. 45%. Vorher als Unfallschwerpunkte auffällige Kreuzungen sind nach dem Umbau zum Kreisverkehr unauffällig

	Vorher – Kreuzung –	Nachher – Kreisverkehr –
Unfallursachen [%]		
ungenügender Sicherheitsabstand / Auffahrunfall	36,2	25,8
Fahrstreifenwechsel	23,0	10,8
Fehler beim Abbiegen / Einbiegen	3,7	3,2
Vorfahrt nicht gewährt	16,0	22,4
Einfahren in den Fließverkehr	0	8,1
Nichtbeachtung der LSA-Regelung	0,8	0
nicht angepasste Geschwindigkeit	7,7	11,6
Alkoholeinfluss	1,0	1,5
Straßenverhältnisse	0	0,9
Fahrbahnbenutzung	0,2	0,6
Sonstiges (Parken, Überschreiten, etc.)	2,9	4,1
Überholen ohne genügenden Seitenabstand	0	1,7
Bremsen ohne Grund	0	0,9
Wenden / Rückwärtsfahren	8,3	4,7
Verstoß gegen das Rechtsfahrgebot	0,2	0,3
Hindernisse	0	0,3
unzureichend gesicherte Ladung	0	3,1
Summe	100	100

Tabelle 22: Unfallursachen Vorher-Nachher (ausschließlich kleine Kreisverkehre)

Bei den ausschließlich kleinen Kreisverkehren in der Nachher-Auswertung ergeben sich Verschiebungen der Unfallursachen gegenüber dem Vor-

her-Zustand von überwiegend geschwindigkeitsabhängigen zu vorfahrtrechtlichen Ursachen im Nachher-Zustand, wie Tabelle 22 zeigt.

### 3.7 Ergebnisse der Unfallauswertung

Die Auswertung der Unfälle in diesem Projekt erfolgte unter der Prämisse, mögliche Risiken durch Beschleunigungsmaßnahmen an Kreisverkehren zu ermitteln.

Auch Kreisverkehre können eine sehr hohe Unfallrate aufweisen, wie die in aufgeführten kreisförmigen Sonderknotenpunkte zeigen. Hiervon sind insbesondere große, nicht signalisierte Kreisverkehre betroffen. Bei der Betrachtung des Unfallgeschehens haben sich für kleine und große Kreisverkehre unterschiedliche Unfallschwerpunkte ergeben, wie Tabelle 23 für die Gesamtheit aller Unfälle zeigt, während in Tabelle 24 die Unfälle mit ÖV-Beteiligung aufgeschlüsselt sind.

Unfälle gesamt [100%]	vorfahrtgeregelt		signalgeregelt	
	Linienbus	Straßenbahn	Linienbus	Straßenbahn
Kreisverkehr				
Klein	5%	-	-	1%
Groß	18%	24%	26%	26%

Tabelle 23: Gesamt-Unfälle an Kreisverkehren

Unfälle mit ÖV-Beteiligung [100%]	vorfahrtgeregelt		signalgeregelt	
	Linienbus	Straßenbahn	Linienbus	Straßenbahn
Kreisverkehr				
Klein	1%	0%	0%	0%
Groß	12%	36%	26%	25%

Tabelle 24: ÖV-Unfälle an Kreisverkehren

Die Auswertung der Unfallursachen im Vorher-Nachher-Vergleich zeigt Verschiebungen von Unfällen in den Zufahrten (Auffahrunfall, Fahrstreifenwechsel) an Kreuzungen im Vorher-Zustand (Kreuzung/Einmündung) zu vorfahrtrechtlichen Missachtungen an der Einfahrt in die Kreisfahrbahn (Vorfahrt nicht gewährt, Einfahrt in den Kreisverkehr; Tabelle 22).

#### Kleine Kreisverkehre:

- Kleine Kreisverkehre sind sowohl für den IV als auch für den ÖV eine sehr sichere Knotenpunktform.
- Nur 6% aller ausgewerteten Unfälle fanden an kleine Kreisverkehren statt.
- Die Unfallrate liegt an großen Kreisverkehren vierfach höher als an kleinen Kreisverkehren.

**Große Kreisverkehre:**

- An großen Kreisverkehren ereigneten sich 94% aller ausgewerteten Unfälle.
- 99% aller Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung ereigneten sich an großen Kreisverkehren.
- An allen nicht signalisierten Kreisverkehren mit Straßenbahnverkehr ereigneten sich Unfälle mit Straßenbahnbeteiligung.
- An vorfahrtgeregelten großen Kreisverkehren ohne Straßenbahn ist die Zahl der Unfälle geringer als an großen Kreisverkehren mit Straßenbahn.
- An signalgeregelten Knotenpunkten besteht praktisch kein Unterschied hinsichtlich der Unfallhäufigkeit zwischen Kreisverkehren mit bzw. ohne Straßenbahnquerung.
- Große vorfahrtgeregelte Kreisverkehre mit hoher Unfallrate wurden in den letzten Jahren signalisiert. Die Unfallrate ist dadurch deutlich zurück gegangen.

**Kreisverkehre mit signalisierter Straßenbahnquerung in Mittellage:**

- Die Unfall-Auswertung der 4 Stuttgarter Kreisverkehre mit Straßenbahnquerung im Zuge der Regerstraße (1 Unfall mit Straßenbahn in 4 Jahren laut Polizeiakten) zeigt, dass auch an kleinen Kreisverkehren Stadtbahnen sicher über die Kreisfahrbahn geführt werden können.
- Die Signalisierung der Mittenüberfahrt hat sich bewährt. Besonders wichtig ist die optimierte Anordnung der Signalgeber im Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer.
- Während der Sperrung der Kreisfahrbahn bei Straßenbahnquerung bleibt bei einer überbreiten Kreisfahrbahn ausreichend Platz um anderen Verkehrsteilnehmern die Fahrt an wartenden Fahrzeugen vorbei in die Ausfahrt zu ermöglichen.
- Herrscht regelmäßiger Fußgängerquerverkehr an den Kreisverkehren, sind ebenfalls Sicherheitsmaßnahmen zur Freihaltung der Busspur in Mittellage von querenden Fußgängern bei Annäherung eines ÖV-Fahrzeuges anzuwenden.

## 4 Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren

Knotenpunkte sind die die Leistungsfähigkeit eines städtischen Verkehrsnetzes limitierenden Faktoren.

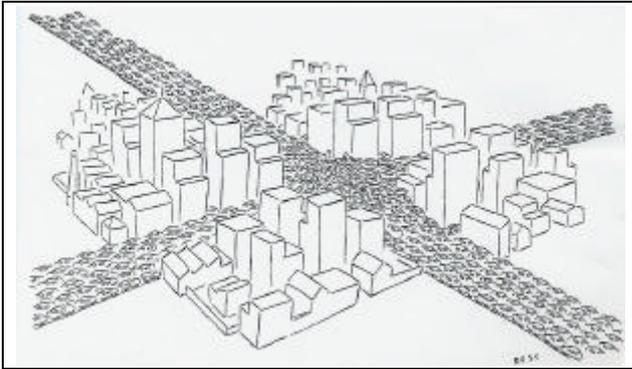


Abbildung 25: städtischer Knotenpunkt (Cartoon)

Der Kreisverkehr hat in seiner Geschichte unterschiedliche Entwicklungsrichtungen erlebt. Der Wandel vom stadtbildprägenden Element mit Verkehrsfunktion hin zum Verkehrselement mit stadt-bildakzentuierender Funktion zeigt den steten Drang zu mehr Leistungsfähigkeit, Optimierung des Verkehrsablaufes, Verflüssigung des Verkehrs und Reduzierung von Wartezeiten und Beeinträchtigungen für die Verkehrsteilnehmer. Die Entwicklung der Berechnungsverfahren bis 1995 stellte Hartz zusammen<sup>29</sup>:

Einen ersten Kapazitätsschub bekam der Kreisverkehr durch die Einführung der einheitlichen Fahrtrichtung als Einbahnregelung 1903.

Die Einführung von verbindlichen Vorfahrtregelungen sollte einen allgemein verbesserten Verkehrsablauf ermöglichen. Zunächst wurde die Vorfahrt den zufahrenden Fahrzeugen zugesprochen. Dies führte jedoch bald zu Rückstauungen auf der Kreisfahrbahn, da die zufahrenden Fahrzeuge gegenüber den kreisfahrenden Fahrzeugen bevorzugt waren und diese somit an der Fahrt auf der Kreisfahrbahn und an der Ausfahrt gehindert wurden.

Diesen Beeinträchtigungen wurde durch die Vergrößerung der Kreisradien und der Verflechtung zwischen ein- bzw. ausfahrenden Fahrzeugen und den Kreisfahrern entgegengewirkt, was zu vergrößerten Außendurchmessern und höheren Geschwindigkeiten sowie ansteigenden Unfallzahlen führte.

Seit 1943 werden Leistungsfähigkeit und Verkehrsfluss von verschiedenen Wissenschaftlern untersucht.

Bachmann empfiehlt 1943, Kreisverkehre mit Verflechtungsbereichen zwischen 25 und 75 m vor allem bei gleichmäßig belasteten Zufahrten, bei sehr vielen Einmündungen und bei starkem Linksabbiegeverkehr einzusetzen. Anzahl und Abstand der einzelnen Zufahrten bestimmen die Größe des Kreisverkehrs. Das seitliche Einreihen von zufahrenden Fahrzeugen in die Lücken der den Platz verlassenden Fahrzeuge geschehe quasi automatisch. Er empfiehlt tangentielle Zufahrten und widerspricht jeder Art von Vorfahrtregelung.

Friedrich stellt 1952 mangels vorhandener Richtlinien eigene Untersuchungen zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit an. Er geht dabei, wie Bachmann, von der Verflechtungstheorie aus, wobei er in den Spurwechseln der Fahrzeuge keine direkten, sondern nur indirekte Kreuzungsvorgänge sieht. Er beschreibt das Fahren als ein Nebeneinanderherfahren und Warten auf eine geeignete Spurwechselsituation in die gewünschte Fahrtrichtung.

Kroebel stellt 1952 fest, dass durch den Verflechtungsgedanken der Kreisverkehr in „Misskredit“ gebracht wurde, da die erforderlichen Verflechtungslängen nicht bereit zu stellen seien. Er empfiehlt das Prinzip der „Gleichlaufkreuzung“ (Kreisverkehr mit Verflechtungsbereichen), sofern ausreichend Platz vorhanden sei. Erstmals vergleicht er die zu versiegelnde Fläche zwischen Kreisverkehr und Kreuzung mit Lichtsignalanlage. Er führt aus, dass bei gleicher Leistung die Anzahl der einlaufenden Fahrstreifen bei einer Kreuzung mindestens doppelt so hoch sein muss, wie an einem Kreisverkehr. Damit wird die asphaltierte Fläche an der Kreuzung doppelt so groß wie am Kreisverkehr.

Schramm geht ebenfalls 1952 in seinen Untersuchungen von einem direkten Bezug zwischen Geschwindigkeit auf der Kreisfahrbahn und Leistungsfähigkeit aus. Er stellt fest, dass die Leistungsfähigkeit des Kreisrings i.a. größer sei als die einer Kreuzung mit Lichtsignalanlage. Schramm geht davon aus, dass „je größer der Halbmesser des Rings ist und damit die mögliche Geschwindigkeit im Ring, desto größer ist die Überlegenheit des Rings gegenüber dem Straßenkreuz“<sup>30</sup>.

Die 1957 von Wardrop empirisch ermittelten Formeln sind die Grundlagen für die englischen Kreisverkehre mit stetig zunehmenden Verflechtungstrecken und größer werdenden Kreisverkehrsdurchmessern. Diese Formel erfasst erstmals Effekte von Verkehrsstärke, Verkehrszusammensetzung und Geometrie.

<sup>29</sup> HARTZ, 1995

<sup>30</sup> HARTZ, 1995

Korte und Lapiere greifen 1959 die Unterscheidung der Kreisverkehre von Lübke (1932) auf, der in Kreisplatzringverkehr, Kreisplatz in Kreuzungsform und Kreisplatzmischverkehr unterteilte. Korte und Lapiere bemängeln, dass die rein mathematische Betrachtung mittels theoretischer Annahmen zu Vereinfachungen führte, die real nicht zu beobachten seien. Sie unterteilen anhand eigener empirischer Untersuchungen in vier Unterarten: Kreisplatz im Ringverkehr, Kreisplatzverkehr in Kreuzungsform, Kreisplatzmischverkehr und Kreisplatzverflechtungsverkehr, wobei sie nur den „echten“ Kreisplatzverflechtungsverkehr mit ausreichend langen Verflechtungsbereichen als sinnvoll erachten.

1960 schreibt wiederum Friedrich, dass *„die Aussage „Kreisverkehrsanlagen sind dann angebracht, wenn mehr als vier Straßen in einem Punkt zusammentreffen und wenn ein hoher Abbiegeverkehr vorliegt, gehöre der Vergangenheit an. Seit die drei Grundelemente Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bei dem Entwurf von Straßenknoten zahlenmäßig berücksichtigt werden können, entscheiden exakte Verkehrsberechnungen über die Wahl der Knotenpunktform. Es sei daher abwegig, pauschale Werturteile ‚hie Kreis – hie Kreuzung‘ fällen zu wollen. Vielmehr seien in jedem Einzelfall Verkehrsuntersuchungen über verschiedene Knotenpunktformen durchzuführen“<sup>31</sup>.*

1963 stellt Blackmoore fest, das durch eine geänderte Vorfahrtregelung, die kreisfahrenden Fahrzeugen die Vorfahrt einräumt, bis zu 10% höhere Leistungsfähigkeiten bei gleichzeitig um bis zu 40% reduzierten Wartezeiten zu erreichen seien. Er verwendet erstmals die Zeitlückentheorie und deren mathematische Ansätze zur Leistungsfähigkeitsermittlung an nicht signalgeregelten Knoten auch an Kreisverkehren. Dabei verwendet das englische TRRL<sup>32</sup> den Ansatz, mit Hilfe von Messdaten Funktionen für die beobachtete Leistungsfähigkeit zu ermitteln, und Parameter zur Beschreibung der geometrischen Faktoren einzufügen.

Leutzbach legt 1969 die Grundlagen für die deutsche Kreisverkehrsforschung, indem er die englischen Berechnungen bestätigt. Er nennt als Einsatzbereiche die Enden von schnell befahrenen Straßen zur Geschwindigkeitsdämpfung. Leutzbach kann nachweisen, dass mit wachsender Wartezeit der Nebenstromfahrzeuge die akzeptierten Hauptstromlücken kleiner werden. Weiterhin wird die These der geringer werdenden Unfallgefahr mit senkrechten Zufahrten belegt.

Asworth und Field ermitteln 1972, dass Wardrops Formel zur Leistungsfähigkeit zu hohe Ergebnisse liefert und finden heraus, dass der Verflechtungsverkehr nicht mehr relevant für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit ist. Dies bildet die Grundlage der weiteren Forschungen des TRRL. Kimber und Semmens befinden 1974 die Breite der Zufahrt, die Breite der Kreisfahrbahn und den Gesamtdurchmesser des Platzes als maßgebende Faktoren. Maylock vermutet lineare Zusammenhänge zwischen der Verkehrsstärke der Zufahrt und der Verkehrsstärke im Kreis.

1977 führen Kimber und Semmens Versuche auf einem Testgelände durch, um systematische Beziehungen zwischen der Leistungsfähigkeit der Zufahrten und den geometrischen und verkehrlichen Faktoren zu bestimmen.

Glen, Sumner und Kimber berichten 1978 über die Auswertung von 28 Kreisverkehrsplätzen mit unterschiedlichen geometrischen Parametern.

Im gleichen Jahr betrachten McDonald und Armitage erstmals den Kreisverkehrsplatz als Folge von vorfahrtgeregelten Einmündungen und legen damit den Grundstein der weiteren Leistungsfähigkeitsuntersuchungen. Damit wird die Leistungsfähigkeit eher in Abhängigkeit angenommener und abgelehnter Zeitlücken gesehen als über die Verflechtungsbedingungen.

1980 erscheint das bis heute gültige englische Standardwerk für Planung und Analyse von Kreisverkehrsplätzen „The traffic capacity of roundabouts“ von Kimber<sup>33</sup>. Auf Grundlage von 86 Kreisverkehren mit ständig zugestauten Zufahrten ermittelt er die Leistungsfähigkeit und vergleicht seine Arbeiten mit anderen Forschungen, wobei er gute Übereinstimmungen mit allen Arbeiten feststellt, in denen die Breite der Zufahrt berücksichtigt wird.

In Frankreich erfährt der Kreisverkehr zu dieser Zeit ebenfalls eine Neubelebung, wobei die Entwicklung nicht anhand von Regelwerken und Literatur zu verfolgen ist. 1988 erscheinen mit den vom C.E.T.U.R. herausgegeben Normen „Gestaltung von städtischen Kreisverkehrsplätzen“ erste umfassende französische Aussagen zu Berechnung, Bau und Gestalt. Dabei wird von einer linearen Regressionsgeraden zur Abbildung des Zusammenhangs zwischen der Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn und der maximal verträglichen Verkehrsstärke in der untersuchten Zufahrt ausgegangen (Abbildung 26).

<sup>31</sup> HARTZ, 1995

<sup>32</sup> KIMBER, 1980

<sup>33</sup> KIMBER, 1980

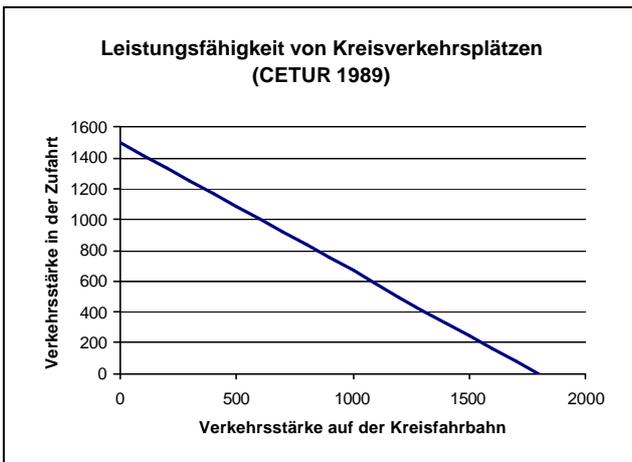


Abbildung 26: Französische Leistungsfähigkeitsansätze für 1-streifige Zufahrten und Kreisfahrbahn (1989)

Der Australier Troutbeck<sup>34</sup> untersucht 1990 die beiden Verfahren der Zeitlückentheorie und der Regressionsanalyse und entwickelt neue Gleichungen, die einen Vergleich beider Theorien erlauben.

1991 werden erste deutsche Aussagen zur Leistungsfähigkeit von Brilon/Stuwe veröffentlicht<sup>35</sup>. Sie entwickeln mangels Übertragbarkeit der englischen Ansätze aufgrund des unterschiedlichen Fahrverhaltens der Verkehrsteilnehmer eigenständige Ansätze sowohl der Regressionsanalyse als auch des Zeitlückenmodells. Sie verwenden eine an Siegloch angelehnte Regressionsfunktion und bestätigen die gute Verkehrssicherheit der Anlagen.

$$q_{z,max} = A * e^{-B/10.000 * q_k}$$

mit:  
 $q_{z,max}$  = maximal mögliche Verkehrsstärke in der Zufahrt [Pkw-E/h]  
 A,B = Parameter zur Berücksichtigung der Fahrstreifenanzahl im Kreis und in der Zufahrt  
 $q_k$  = Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn [Pkw-E/h]

Gleichung 3: Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrszufahrten (Brilon/Stuwe,1991)

Fahrstreifen im Kreis	Fahrstreifen in der Zufahrt	Parameter A	Parameter B
3	2	2018	6,68
2	2	1553	6,69
2..3	1	1200	7,38
1	1	1089	7,42

Tabelle 25: Regressionsparameter Brilon/Stuwe (1991)

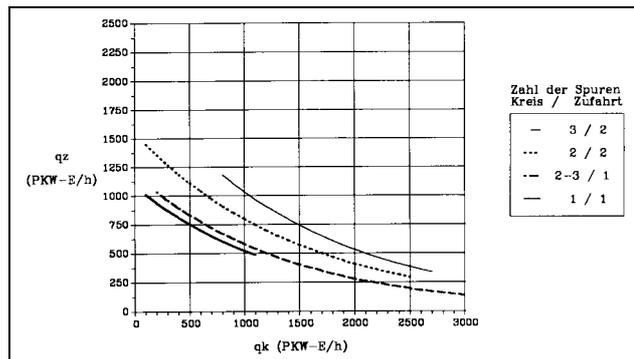


Abbildung 27: Regressionsfunktionen zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen (Brilon/Stuwe, 1991)

Seit 1993 liegen mit den „Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung kleiner Kreisverkehrsplätze“<sup>36</sup> des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen die ersten deutschen Empfehlungen der aktuellen Generation vor. In diesen Empfehlungen sind folgende Leistungsfähigkeiten an Kreisverkehren angegeben:

Charakteristik	Leistungsfähigkeit DTV [Pkw-E/Tag]	
	Problemlos	Obergrenze
Einstreifiger Kreisverkehrsplatz	< 15.000	25.000 ... 28.000
Zweistreifiger Kreisverkehrsplatz	< 18.000	35.000 ... 40.000

Tabelle 26: Leistungsfähigkeiten kleiner Kreisverkehre (Brilon/Stuwe/Drews, 1993)

1993 erfolgt die Umstellung der deutschen Berechnungsverfahren von Exponentialfunktionen auf Gradgleichungen. Geometrische Einflüsse entfallen im Berechnungsverfahren.

$$q_z = A - B * q_k$$

mit:  
 $q_z$  = maximale Leistungsfähigkeit der Zufahrt zum Kreis in [Pkw-E/h]  
 A,B = Parameter zur Berücksichtigung der Fahrstreifenanzahl im Kreis und in der Zufahrt  
 $q_k$  = Verkehrsstärke der Kreisfahrbahn [Pkw-E/h]

Gleichung 4: Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrszufahrten (Brilon/Stuwe/Drews, 1993)

<sup>34</sup> TROUTBACK, 1991

<sup>35</sup> BRILON; STUWE, 1991

<sup>36</sup> BRILON;STUWE; DREWS, 1993

Unter Verwendung der folgenden Werte ergeben sich die unten angeführten Regressionsfunktionen:

Fahrstreifen im Kreis	Fahrstreifen in der Zufahrt	Parameter A	Parameter B
1	1	1069	0,65
2..3	1	1100	0,44
2	2	1380	0,50
3	2	1409	0,42

Tabelle 27: Regressionsparameter nach Brilon /Stuwe/ Drews (1993)

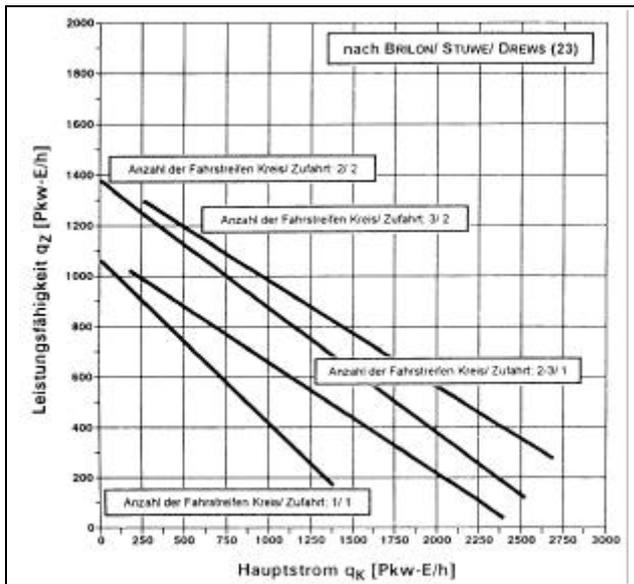


Abbildung 28: Regressionsfunktionen zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen (Brilon/Stuwe/Drews, 1993)

Aus Abbildung 28 ist die maximale Leistungsfähigkeit einer Zufahrt ( $q_z$ ) in Abhängigkeit von der Fahrstreifenanzahl in Zufahrt und Kreisfahrbahn sowie der Verkehrsbelastung auf der Kreisfahrbahn ( $q_k$ ) zu entnehmen.

Vergleiche der ausländischen Verfahren für die Leistungsfähigkeitsberechnung einstreifiger Kreisverkehre mit einstreifigen Zufahrten mit dem deutschen Ansatz finden sich in Heft 37 der Schriftenreihe des hessischen Landesamtes für Straßenbau [1994]. Dabei wird deutlich, dass die deutschen Werte die geringste Leistungsfähigkeit aufweisen (Abbildung 29), obwohl sie ebenso wie die schweizerischen, französischen und englischen Werte auf empirisch erhobenen Daten beruhen. Dies wird auf die mangelnde Erfahrung bei deutschen Verkehrsteilnehmern mit „Kleinen Kreisverkehren“ zurückgeführt.

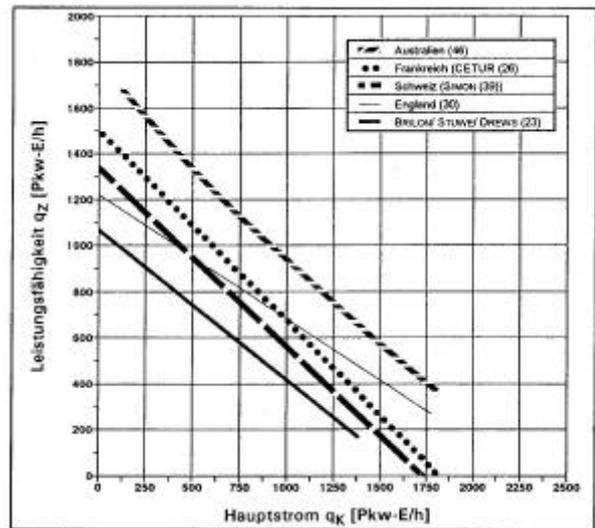


Abbildung 29: Vergleich verschiedener Leistungsfähigkeitsansätze (Hess. Landesamt für Straßenbau; 1994)

Unter Verwendung von 1996 am Lehrstuhl für Verkehrswesen der Universität Bochum durchgeführten Messungen an Kreisverkehren werden 1997 aktualisierte Formeln und Parameter entwickelt.

$$q_{e,max} = A - B \cdot q_k$$

mit:

$q_{e,max}$  = Kapazität<sup>37</sup> der Zufahrt [Fz-E/h]

A, B = Parameter zur Berücksichtigung der Fahrstreifenanzahl im Kreis und in der Zufahrt

$q_k$  = Verkehrsstärke im Kreis unmittelbar vor der Zufahrt [Fz/h]

Gleichung 5: Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrszufahrten (Brilon/Bondzio/Wu, 1997)

Unter Verwendung der in Tabelle 28 folgenden Werte ergeben sich die in Abbildung 30 angeführten Regressionsfunktionen:

Fahrstreifen in der Zufahrt	Fahrstreifen im Kreis	Parameter A	Parameter B
1	1	1218	0,74
1	2..3	1250	0,53
2	2	1380	0,50
2	3	1409	0,42

Tabelle 28: Regressionsparameter nach Brilon/Bondzio/Wu (1997)

<sup>37</sup> Leistungsfähigkeit wird ersetzt durch „Kapazität = größte mögliche Verkehrsstärke“ (FGSV)

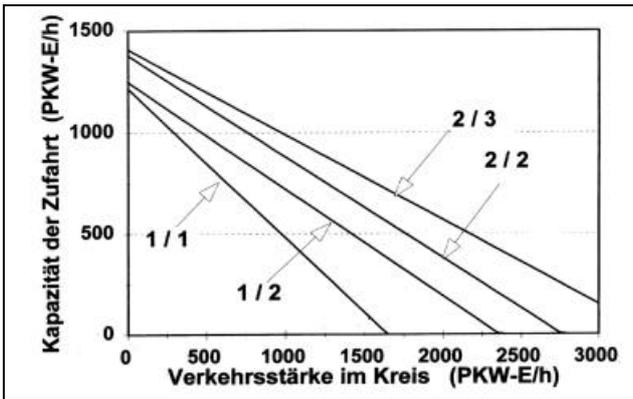


Abbildung 30: Kapazität von Zufahrten zu Kreisverkehrsplätzen nach Gleichung 5); (Brilon/Bondzio/Wu, 1997)

Parallel zu der aktualisierten Form der Gleichung 5 wurde ein theoretischer Ansatz auf Basis der Grenzzeitlücken-Theorie entwickelt. Dieser Ansatz von WU<sup>38</sup> verwendet die drei Parameter Grenzzeitlücke  $t_g$ , Folgezeitlücke  $t_f$  und der Nettozeitlücke ? zwischen Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn.

$$q_{e,max} = \left(1 - \frac{\Delta * q_k}{n_k}\right)^{n_k} * \frac{n_e}{t_r} * e^{-q_k * (t_g - \frac{t_r}{2} - \Delta)}$$

mit

- $q_{e,max}$  = Kapazität der Zufahrt [Fz/h]
- $q_k$  = Verkehrsstärke im Kreis [Fz/s]
- $n_k$  = Anzahl der Fahrstreifen im Kreis
- $n_e$  = Anzahl der Fahrstreifen in der Zufahrt
- $t_g$  = Grenzzeitlücke
- $t_f$  = Folgezeitlücke
- ? = Mindestzeitlücke zwischen den Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn

Wu empfiehlt dabei folgende Werte für 2-streifig befahrbare Kreisfahrbahnen:

- $t_g$  = 4,12 s
- $t_f$  = 2,88 s
- ? = 2,10 s

Gleichung 6: Kapazitätsgleichung für Grenzzeitlücken nach Wu (Brilon/Bondzio/Wu, 1997)

Gleichung 6 geht auf Auswertung empirisch beobachteter und ausgewerteter Fahrzustände an realen Kreisverkehren zurück. Die ermittelten Parameter  $t_g$ ,  $t_f$ , und ? sind aus der empirischen Ermittlung abgeleitet worden. Sie entstanden durch Iteration dieser Parameter bis zur Minimierung der Abweichungen der einzelnen empirisch ermittelten Werte von der Funktion  $q_{e,max}$

Unter Berücksichtigung der Grenzzeitlücken-Formel nach Wu ergibt sich folgende Abbildung der Kapazitäten von Zufahrten zu Kreisverkehren:

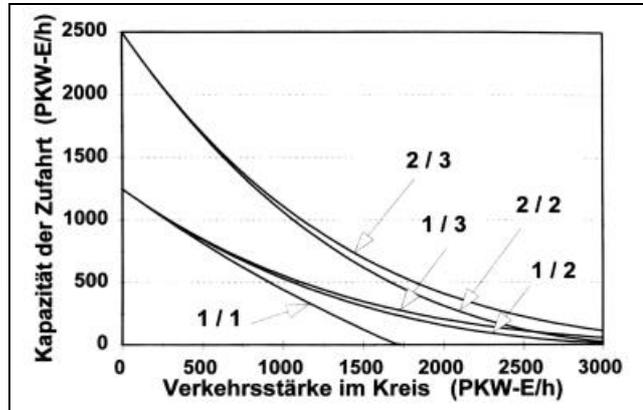


Abbildung 31: Kapazität von Zufahrten zu einem Kreisverkehr nach Gleichung 6 (X/Y: Anzahl der Fahrstreifen in der Kreisfahrbahn / Zufahrt); (Brilon/Bondzio/Wu, 1997)

Damit stehen zwei unterschiedliche Ansätze zur Berechnung an: der Ansatz mit Geradengleichungen nach Gleichung 5 sowie der Ansatz nach Grenzzeitlückentheorie nach Gleichung 6.

Die Autoren empfehlen, an einspurigen Kreisverkehren die Geradengleichungen zu verwenden, da sie hinreichend genaue Ergebnisse liefern und für Kreisverkehre mit mehrstreifig befahrbaren Elementen die Grenzzeitlückentheorie zu verwenden.

$$G = 3600 * \left(1 - \frac{t_{min} * q_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_z}{t_f} * e^{-\frac{q_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - t_{min})}$$

mit:

- G = Grundkapazität der Zufahrt
- $q_k$  = Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn
- $n_k$  = Anzahl der Fahrstreifen auf der Kreisfahrbahn
- $n_e$  = Anzahl der Fahrstreifen in der Zufahrt
- $t_g$  = Grenzzeitlücke
- $t_f$  = Folgezeitlücke
- $t_{min}$  = Mindestzeitlücke zwischen den Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn

Dabei sollen folgende Werte verwendet werden:

- $t_g$  = 4,1 s
- $t_f$  = 2,9 s
- $t_{min}$  = 2,1 s

Gleichung 7: Grundkapazität von Kreisverkehrszufahrten (HBS 2001)

Mit dem Handbuch zur Bemessung für Straßen (HBS, FGSV 2001) wird eine einheitliche Formel (Gleichung 7) zur Ermittlung der Grundkapazität

<sup>38</sup> BRILON; BONDZIO; WU, 1997

an 1- und 2-streifigen Zufahrten an Kreisverkehren dargestellt.

Mit diesen Werten ergibt sich das folgende Diagramm, wobei nun auch für 1-streifige Zufahrten an 1-streifigen Kreisverkehren nichtlineare Funktionen angewandt werden:

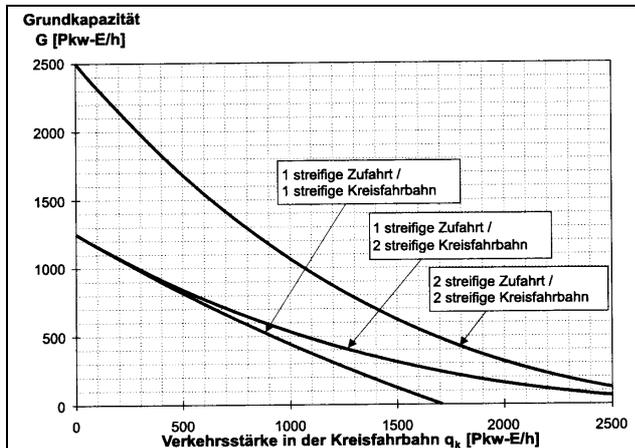


Abbildung 32: Kapazität von Kreisverkehrszufahrten<sup>39</sup>

$$q_{n,max} = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * q_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_e}{t_f} * e^{-\frac{q_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

mit:

- $q_{n,max}$  = Kapazität der Zufahrt
- $q_k$  = Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn
- $n_k$  = Anzahl der Fahrstreifen auf der Kreisfahrbahn
- $n_e$  = Anzahl der Fahrstreifen in der Zufahrt
- $t_g$  = Grenzzeitlücke
- $t_f$  = Folgezeitlücke
- $?$  = Mindestzeitlücke zwischen den Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn
- $n_k = 2$
- $n_e = 1$  für einstreifige Zufahrten
- $n_e = 0,3 * aLA + 1,06$  für zweistreifige Zufahrten
- $t_g = 4,1$  s
- $t_f = 2,5$  s
- $? = 0$  s

Gleichung 8: Kapazität eines Kreisverkehrs mit mehrstreifig befahrbarer Kreisfahrbahn

Die Theorie der Grenzzeitlücke wird auch im Forschungsprojekt zur Leistungsfähigkeit an kleinen mehrstreifig befahrbaren Kreisverkehren ange-

wandt. Allerdings ermittelten Brilon/Bäumer<sup>40</sup> geänderte Werte für die Parameter  $t_g$ ,  $t_f$  und  $?$  in Gleichung 8.

Bäumer ermittelt aus den empirischen Beobachtungen für einstreifig markierte, mehrstreifig befahrbare Kreisverkehre den Wert  $? = 0$ s. Dieser Wert  $? = 0$ s ist durch Minimierung der Abweichungen der empirischen Werte von der Funktion  $q_{n,max}$  entstanden. Eine Übertragbarkeit dieses rechnerischen Wertes in die Realität korrespondiert mit der Vorstellung, dass die Fahrflücke auf einer einstreifigen, überbreiten Fahrbahn das versetzte Fahren von 2 Fahrzeugen ermöglicht und somit eine theoretische Nettozeitlücke von 0s zwischen 2 Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn möglich ist.

Infolge der geringen Nutzung des linken Fahrstreifens in der Zufahrt ist die Kapazität 2-streifiger Zufahrten nach den neuen Erkenntnissen von Brilon/Bäumer deutlich geringer ist als nach dem HBS 2001 .

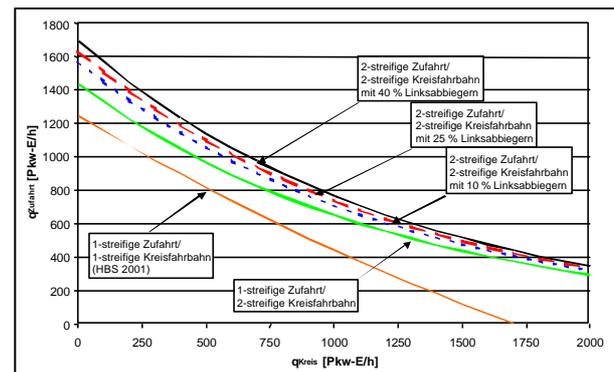


Abbildung 33: Kapazität von Zufahrten zu zweistreifig befahrbaren kleinen Kreisverkehren

Bei einstreifigen Zufahrten zu Kreisverkehren mit mehrstreifig befahrbarer Kreisfahrbahn gelten die Ansätze des HBS weiterhin.

Bäumer empfiehlt, die Kapazität bei 1-streifigen Zufahrten zu 1-streifigen Kreisverkehren nach der Formel Wu (HBS 2001) mit den in Gleichung 7 gegebenen Parametern zu verwenden und bei 1- und 2-streifiger Zufahrten zu 2-streifigen kompakten Kreisverkehren die geänderten Parameter  $t_g$ ,  $t_f$  und  $?$  analog Gleichung 8 zu verwenden.

Im Entwurf für die Neufassung des FGSV-Arbeitspapiers Nr. 51 werden die Leistungssteigerungen durch die mehrstreifig befahrbare Kreisfahrbahn und die mehrstreifigen Zufahrten getrennt dargestellt und anhand eines Beispiels erläutert. Dabei wird deutlich, dass die zweistreifige Kreisfahrbahn eine deutliche Kapazitätssteigerung bewirkt, während der Zuwachs der Kapazität durch die zweistreifigen Zufahrten relativ gering ist. Aus Verkehrssicherheitsaspekten gilt die mehrstreifige

<sup>39</sup> FGSV, 2001

<sup>40</sup> BRILON; BÄUMER, 2004

Kreisfahrbahn, bei Abwesenheit von Radfahrern, als unkritisch, während zweistreifige Zufahrten ein erhöhtes Gefahrenpotential für querende Radfahrer und Fußgänger darstellen.

$$G = 3600 \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_k}{3600} \cdot \left( t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$$

$t_g$  = Grenzzeitlücke [s]  
= 4,3 s,

$t_f$  = Folgezeitlücke [s]  
= 2,5 s,

mit  $G$  = Grundkapazität der Zufahrt [Pkw-E/h]

$q_k$  = Verkehrsstärke im Kreis [Pkw-E/h]

$t_g$  = Grenzzeitlücke [s]

$t_f$  = Folgezeitlücke [s]

$n_e$  = Anzahl der Fahrstreifen in der Zufahrt [-]

=  $\begin{cases} 1 & \text{für einstreifige Zufahrten} \\ 1,14 & \text{für zweistreifige Zufahrten} \end{cases}$

Gleichung 9: Berechnung der Grundkapazität einer Zufahrt nach FGSV AP 51<sup>41</sup> neu

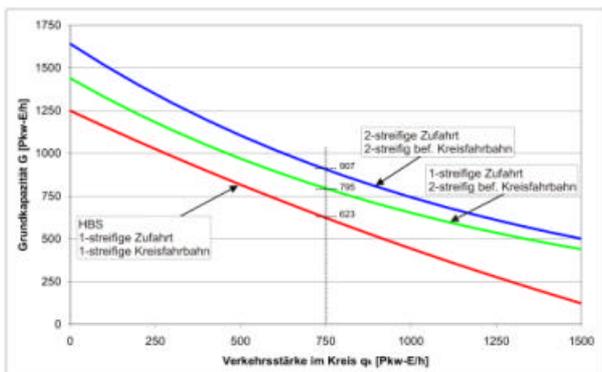


Abbildung 34: Vom HBS 2001 abweichende Grundkapazität der Zufahrten von kleinen zweistreifig befahrten Kreisverkehren nach FGSV AP 51 neu

Die Kapazität einer einstreifigen Zufahrt steigt durch die Zweistreifigkeit der Kreisfahrbahn bei einer Verkehrsstärke im Kreis von  $q_k = 750$  Pkw-E/h um fast 30%. Die zusätzliche Kapazitätssteigerung durch die zweistreifige Zufahrt beträgt weitere 14%. In vielen Fällen wird deshalb die Kapazitätssteigerung durch die zweistreifig befahrbare Kreisfahrbahn ausreichen und die Zweistreifigkeit der Zufahrten entbehrlich sein.

<sup>41</sup> FGSV, 2004

## 5 Beschleunigungen von Linienfahrzeugen an Kreisverkehren

### 5.1 ÖPNV-Fahrzeuge

Grundlage der Entwicklung von Maßnahmen zur Beschleunigung von ÖPNV-Fahrzeugen an Kreisverkehren ist die Kenntnis der eingesetzten Fahrzeugtypen.

Schienengebundene ÖPNV-Verkehrsmittel sind in diesem Sinne Stadtbahnen und Straßenbahnen. U-Bahnen und Regionalbahnen sowie Bahnen nach EBO<sup>42</sup> sind i.A. nicht kompatibel mit Kreisverkehren.

*„Ein Zug darf einem anderen nur in einem solchen Abstand folgen, dass er auch bei ungünstigen Betriebsverhältnissen, insbesondere bei unversehrtem Halten des vorausfahrenden Zuges, rechtzeitig zum Halten gebracht werden kann. Dieser Abstand muss*

1. bei Fahren auf Sicht vom Fahrzeugführer bewirkt werden,
2. bei Fahren auf Zugsicherung durch Zugsicherungsanlagen nach § 22 gewährleistet sein.“ [§49, BO-Strab, Fahrordnung]<sup>43</sup>.

Durch das „Fahren auf Sicht“ nach BO-Strab<sup>44</sup> sind im Straßenbahnverkehr nur Geschwindigkeiten zulässig, die einen Fahrzeughalt in Sichtweite aus der Fahrgeschwindigkeit ermöglichen. Diese Verkehrsführung ist nur bis zu einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von bis zu 70 km/h zulässig (§49, BO-Strab). Diese Bahnen können ohne besondere Bahnkörper im allgemeinen Straßenraum mitgeführt werden, allerdings gelten auf straßenbündigem Bahnkörper die jeweiligen MIV-Streckenhöchstgeschwindigkeiten.



Abbildung 35: Stadtbahn Wien (Quelle: Siemens)

Ab Streckenhöchstgeschwindigkeiten von mehr als 70 km/h sowie in Tunneln ist dagegen „Fahren per Zugsicherung“ erforderlich.

Als straßengebundene ÖPNV-Fahrzeuge werden in diesem Zusammenhang Standard-Linienbusse, Gelenk-Busse und 15m-Linienbusse betrachtet. Kleinbusse und Taxen, auch wenn sie im Auftrag eines ÖV-Unternehmens fahren, z.B. Anruf-Sammel-Taxi etc. werden nicht berücksichtigt.

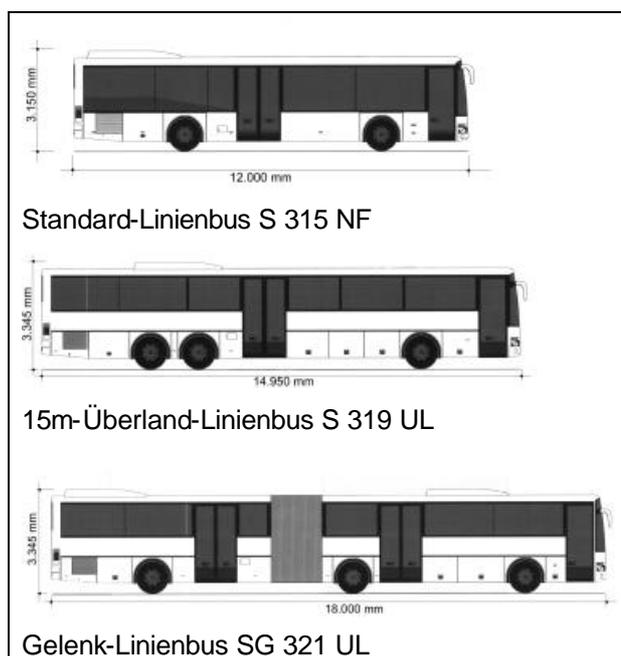


Abbildung 36: Linienbusse (Abmessungen, Quelle: EVObus)

Maße typischer aktueller ÖV-Fahrzeuge im Linieneinsatz finden sich in Tabelle 29.

<sup>42</sup> EBO, 1967

<sup>43</sup> BMV, 1987

<sup>44</sup> BMV, 1987

Bus	S 315 NF	S 319 UL	SG 321 UL
Typ	Niederflur-Stadtbus	15m Standard-Überlandbus	Gelenkbus
Länge	12.000 mm	14.950 mm	18.000 mm
Breite	2.500 mm	2.500 mm	2.500 mm
Höhe minimal	3.005 mm	3.200 mm	3.200 mm
Höhe maximal	3.150 mm	3.345 mm	3.345 mm
Innenstehhöhe	vorn: 2.465 mm hinten: 2.170 mm	2.190 mm	2.190 mm
Radstand	5.980 mm	1. + 2. Achse: 6.950 mm 2. + 3. Achse: 1.600 mm	1. + 2. Achse: 5.530 mm 2. + 3. Achse: 6.550 mm
Spurkreis	17.990 mm	19.200 mm	19.850 mm
Wendekreis	21.560 mm	23.800 mm	23.062 mm

Tabelle 29: Abmessungen von Linienfahrzeugen (Quelle: EVObus)

Die Abbildung 37 zeigt die wichtigsten Maße bei der Kurvenfahrt eines Gelenkbusses. Der minimal erforderliche Außendurchmesser einer Kreisfahrt beträgt 23m zuzüglich der erforderlichen Flächen, die überstrichen werden.

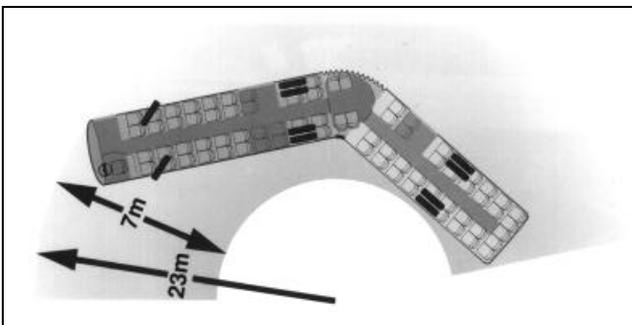


Abbildung 37: Wendekreis eines Gelenk-Linienbusses (Quelle: EVObus)

Die Standard-Linienbusse und Gelenkbusse halten bei der Kreisfahrt die in Abbildung 37 dargestellte Schleppkurve ein. Bei beiden Fahrzeugtypen ist der Überhang hinter der letzten Achse mit ca. 3375 mm (Achse Hinterachse – Fahrzeugende bei MAN-Standard-Linienbus) gleich lang. Dieses Maß ist bei den 15m-Bussen um den Achsabstand zwischen 2. und 3. Achse (1600mm) verlängert. Dieses Gesamtmaß (4975mm) sorgt bei kleinen Kreisverkehren beim Verlassen des Kreisverkehrs für Probleme beim Überschwenken der Mittelinsel mit dem Fahrzeugheck. In der Mittelinsel sollte gegenüber der Ausfahrt ein ausreichend großer Bereich zum Überschwenken des Hecks von Einbauten frei gehalten werden.

## 5.2 ÖPNV-Beschleunigung an Kreuzungen

In der Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung heißt es:

*„Bei der Vorfahrtregelung sind die Interessen der öffentlichen Verkehrsmittel besonders zu berücksichtigen; wenn es [...] vereinbar ist, sollten diejenigen Kreuzungszufahrten Vorfahrt erhalten, in denen öffentliche Verkehrsmittel linienmäßig verkehren. Kann einer Straße, auf der eine Schienenbahn verkehrt, die Vorfahrt durch Verkehrszeichen nicht gegeben werden, so ist eine Regelung durch Lichtzeichen erforderlich; keinesfalls darf auf einer solchen Kreuzung die Regel "Rechts vor Links" gelten [VWV-StVO zu §8 StVO]<sup>45</sup>“.*

Die Priorisierung des ÖPNV durch die VWV-StVO an Kreuzungen sichert eine schnelle und haltfreie Fahrt an der Kreuzung. Allerdings kann damit nur eine Linienführung berücksichtigt werden. Führen Linien aus unterschiedlichen Zufahrten (vorfahrtberechtigt und haltpflichtig) an den Knotenpunkt, ist nur für eine Zufahrt eine haltfreie Führung möglich. Insbesondere bei abknickender Linienführung ergeben sich bei der Einfahrt in die übergeordnete Straße Wartezeiten.

Durch signaltechnische Eingriffe können auch ansonsten vorfahrtgeregelter Kreuzungen und Einmündungen mit einer ÖPNV-Beschleunigung ausgestattet werden. Die signaltechnische Sicherung beruht auf dem Prinzip der „schlafenden LSA“ („Lückenampel“, Abbildung 38). Linienfahrzeuge melden sich in der Zufahrt zum Knotenpunkt an. Die installierte LSA ermöglicht das behinderungsfreie Abbiegen bzw. Einbiegen.

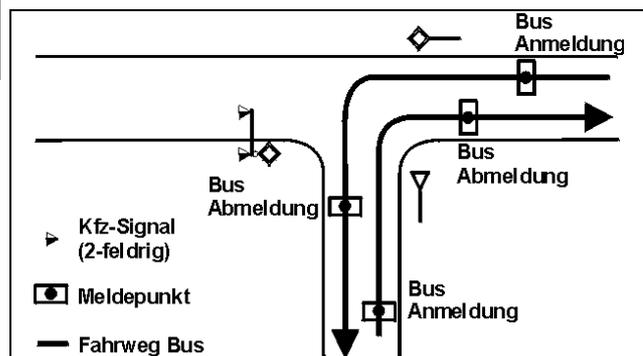


Abbildung 38: Prinzip einer „schlafenden LSA“ / Lückenampel<sup>46</sup>

Bereits 1979 wurden von der FGSV ÖPNV-Beschleunigungsmaßnahmen an Knotenpunkten<sup>47</sup> vorgestellt. Neben der Anlage von Busspuren im

<sup>45</sup> BMVBW, 2001

<sup>46</sup> FGSV, 1999

<sup>47</sup> FGSV, 1979

Zufahrt- und Ausfahrtbereich von Kreuzungen wurden auch die Anlage von Haltestellen im Kreuzungsbereich mit Umfahrung der Lichtsignalanlage, sogenannte Busschleusen, empfohlen. Auf gesonderte Gestaltung, abweichende Baumaterialien bzw. andere Farbgebung wird verwiesen.

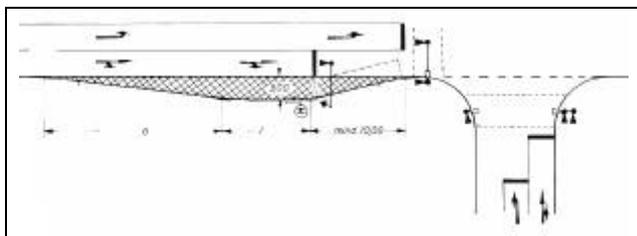


Abbildung 39: Haltestelle vor einem Knotenpunkt mit Umfahrung der LSA (Quelle: FGSV 1979)

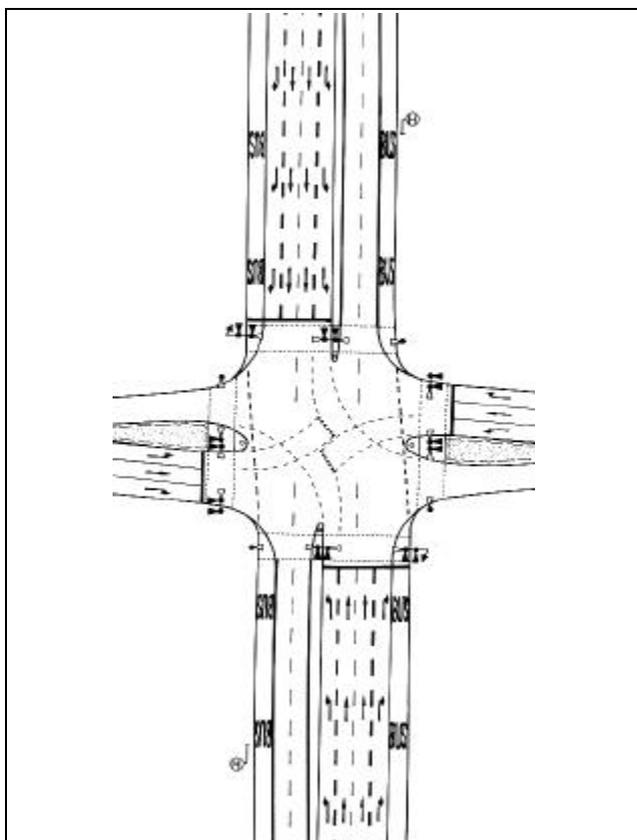


Abbildung 40: Busspur in Seitenlage (Quelle: FGSV 1979)

Beeinträchtigungen an vorfahrtgeregelter Knotenpunkten ergeben sich für ÖPNV-Fahrzeuge, wenn

- Knotenpunkte nicht über die erforderliche Anzahl und Länge von Spuren verfügen und der ÖPNV auf die Abwicklung anderer Fahrbeziehungen warten muss,
- unzureichende Abbiegeradien die Benutzung der Gegenfahrbahn erfordern,
- Knotenpunkte unübersichtlich gestaltet sind<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> FGSV 1999

Maßnahmen zur Beschleunigung sind z.B. der Bau von Busspuren, die an einem Rückstau in der untergeordneten Zufahrt vorbei führen oder geänderte Spuraufteilungen etc. Ein geeignetes Mittel ist die Anpassung der Vorfahrtregelung an die Linienführung, so dass der Linienverkehr auf der vorfahrtberechtigten Straße geführt wird (vgl. VwV §8 StVO).

Vermeidbare Beeinträchtigungen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten entstehen, wenn die Signalsteuerung nicht auf das Auftreten von ÖPNV-Fahrzeugen reagieren kann. Neben der baulichen Anlage von Busschleusen sichert die gesonderte Einbindung von ÖPNV-Fahrzeugen in Signalprogramme eine Beschleunigung.

Signalprogramme mit Festzeitsteuerungen ohne ÖPNV-Eingriffsmöglichkeit eignen sich nicht zur ÖPNV-Beschleunigung. Verkehrsabhängig gesteuerte Anlagen erfassen die Ankunft eines Linienfahrzeuges (meist durch Anmeldung per Detektor) und berücksichtigen dies bei der weiteren Freigabezeitverteilung. Somit können die ÖPNV-Fahrzeuge i.a. ohne Halt den Knotenpunkt passieren.

Gesonderte Fahrsignale nach BOStrab ermöglichen Fahrtfreigaben und Beschleunigungen z.B. aus gesonderten Busspuren oder aus Fahrspuren anderer Fahrtrichtungen.

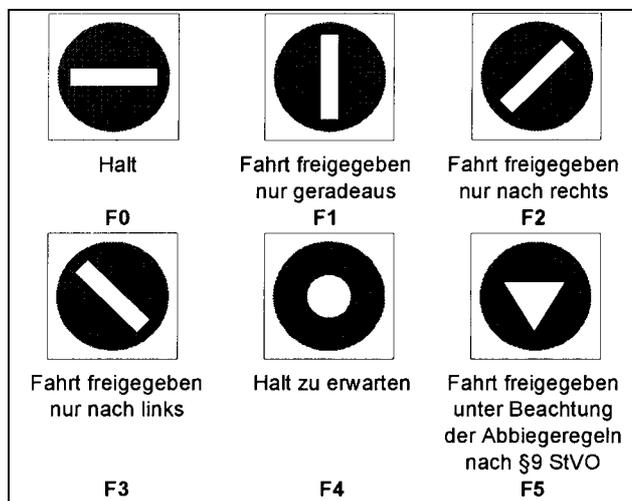


Abbildung 41: ÖPNV-Sondersignale nach BO-Strab<sup>49</sup>

### 5.3 Beschleunigung von Straßen-/ Stadtbahnen an Kreisverkehren

Straßen- und Stadtbahnen ist nach VwV-StVO die Vorfahrt an Kreisverkehren zu geben. Damit ist eine Priorisierung durch Vorfahrtregelung für schie-nengebundene ÖPNV-Fahrzeuge gegeben.

<sup>49</sup> BMW, 1987

Wo Schienenfahrzeuge einen kreisförmigen Verkehr kreuzen, an Wendeschleifen oder ähnlich geführten Gleisanlagen von Schienenbahnen, enthält das Zeichen [205, Vorfahrt gewähren!] mit dem Sinnbild einer Straßenbahn auf einem darüber angebrachten Zusatzschild das Gebot: "Der Schienenbahn Vorfahrt gewähren!" [StVO, §41,(2)b]<sup>50</sup>

Ein Beispiel ist der Kasslerfelder Kreisverkehr in Duisburg. Hier wird die Straßenbahn ohne Signalisierung in Mittellage aus der Zufahrt Ruhrorter Straße auf die Bürgermeister-Lehr-Brücke geführt. Die Verkehrsregelung vollzieht sich nach StVO mit Hilfe des Zeichens 205 "Vorfahrt gewähren!" mit dem Zusatzzeichen §39, (4) "Straßenbahnen":



Abbildung 42: Duisburg, Kasslerfelder Kreisverkehr, vorfahrt-geregelte Straßenbahnquerung

An kleinen Kreisverkehrsplätzen ergeben sich vier Bereiche, an denen Beschleunigungen für Straßen-/ Stadtbahnen möglich sind:

- A. in der Zufahrt
- B. bei der Einfahrt aus der Zufahrt in die Kreisfahrbahn und
- C. im Kreis, auf der Kreisfahrbahn
- D. in der Ausfahrt.

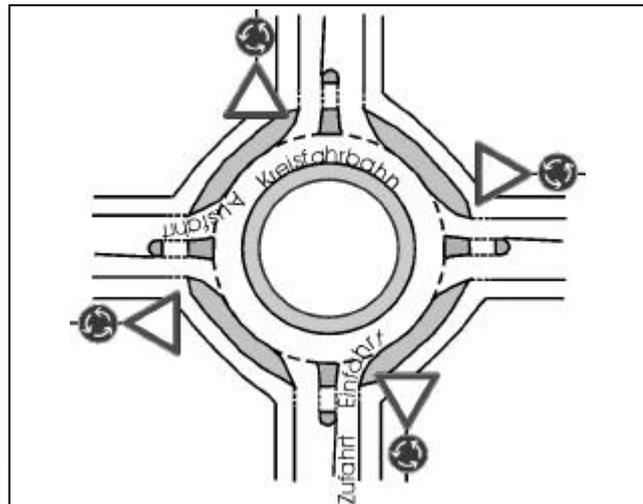


Abbildung 43: Vier mögliche Bereiche zur Priorisierung von ÖV-Fahrzeugen an Kreisverkehrsplätzen

#### A: Zufahrt

In der Zufahrt können Wartezeiten und Behinderungen für Straßen-/ Stadtbahnen eintreten, wenn die Zufahrt nicht auf Sonderfahrstreifen, sondern im Mischverkehr mit dem MIV erfolgt.

Beschleunigungen sind durch die Anlage von getrennten Bahnkörpern oder Sonderfahrstreifen in der Zufahrt möglich.



Abbildung 44: Strab-Haltestelle in Mittellage auf gesondertem Bahnkörper (Duisburg - Kasslerfelder Kreisverkehr)

#### B: Einfahrt

Die Signalisierung der Kreisüberfahrt für Straßen-/ Stadtbahnen ist nicht gesetzlich vorgeschrieben. Kann der Straßenbahnfahrer beim „Fahren auf Sicht“ nicht rechtzeitig erkennen, dass alle MIV-Fahrzeuge den Vorrang der Straßenbahn beachten, kann dies zu einer Reduzierung der Geschwindigkeit der Straßen-/ Stadtbahn bei der Annäherung an den Kreisverkehr führen, um ggf. bei nicht anhaltendem MIV reagieren zu können.

<sup>50</sup> StVO

<sup>51</sup> StVO



Abbildung 45: Vorfahrtgeregelte Querung der Kreisfahrbahn, die Stadtbahn fährt mit verminderter Geschwindigkeit (Duisburg - Kasslerfelder Kreisverkehr)

Die Beschleunigung von Straßen-/ Stadtbahnen ist in solchen Fällen durch Signalisierung der Kreisüberfahrt mit Halt für den MIV möglich, wie das Beispiel in Stuttgart (Abbildung 46 und Abbildung 47) zeigt.



Abbildung 46: Kreisverkehr mit Straßenbahnüberfahrt in Mittellage (Stuttgart)

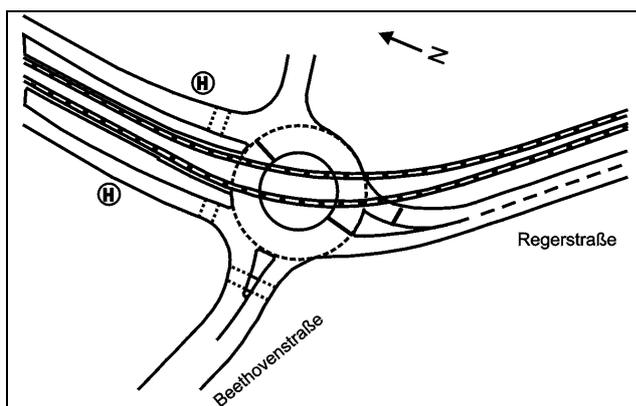


Abbildung 47: Straßenbahnführung über Kreisinsel aus der Seitenlage in Mittellage, signalgeregelt (Stuttgart-Botnang)

### C: Kreisfahrbahn

Straßen-/ Stadtbahnen werden an kleinen Kreisverkehren quer über die Mittelinsel geführt. Besonderes Augenmerk ist auf die Querungsstellen zwischen MIV und ÖV zu legen. Hier sind ggf. Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Die Signalisierung

der Überfahrt über die Kreisfahrbahn dient also sowohl der Beschleunigung für die Straßenbahn als auch der Verkehrssicherheit der anderen Verkehrsteilnehmer.



Abbildung 48: Kreisverkehr in Wabern (CH) mit Mittelinselquerung

### D: Ausfahrt

In der Ausfahrt kann die Straßen-/ Stadtbahn sowohl auf eigenem Gleiskörper als auch im Mischverkehr mit dem MIV geführt werden.

Die Führung von Straßen-/ Stadtbahnen an kleinen Kreisverkehren wird zwar dargestellt, allerdings nicht weiter verfolgt, da Beschleunigungen im Wesentlichen auf den bekannten gesonderten Bahnkörpern und signalisierten Kreisüberfahrten basieren, die bereits Stand der Technik sind.

## 5.4 Beschleunigung von Linienbussen an Kreisverkehren

Im Handbuch des VDV zur Führung von ÖPNV heißt es:

*An Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen können ÖPNV-Fahrzeuge durch Eingriffe in die Signalsteuerung priorisiert werden. An Kreisverkehrsplätzen sind solche Priorisierungen für ÖPNV-Fahrzeuge nicht möglich<sup>52</sup>.*

Wartezeiten treten auch an Kreisverkehrsplätzen auf. Diese werden zumeist jedoch nicht als so nachteilig angesehen wie an Lichtsignalanlagen. Von diesen Wartezeiten sind im Allgemeinen auch Linienbusse betroffen. Mögliche Beschleunigungsmaßnahmen zur Priorisierung von Linienbussen und Straßenbahnen an Kreisverkehren werden im Folgenden vorgestellt:

<sup>52</sup> VDV, 2000

### 5.4.1 Beschleunigungen in der Zufahrt

An kleinen einstreifigen Kreisverkehren mit einstreifigen Zufahrten werden Linienbusse im Allgemeinen gemeinsam auf einer Fahrspur mit dem MIV geführt. Ergeben sich Stauungen im Zufluss zum Kreisverkehr, sind davon auch Linienbusse betroffen. Auf Grund fehlender Überholmöglichkeiten ergeben sich für Linienbusse bei der Annäherung an den Kreisverkehr ähnliche Wartezeiten wie für MIV Fahrzeuge.

Reduzierte Wartezeiten für ÖV-Fahrzeuge entstehen durch die Entkopplung der MIV- und ÖV-Ströme in der Zufahrt. Zur Reduzierung von Wartezeiten für Linienbusse sind mehrere Konzepte möglich:

- Beschleunigung durch ÖV-Spuren bis zum Kreisverkehr,
- Nutzung von Wartezeit als Haltestellenaufenthaltszeit,
- Kombination von ÖV-Spur und Haltestelle.

#### 5.4.1.1 Konzept: ÖV-Spur

Werden MIV und ÖV durch Anlage von Busspuren und Busschleusen getrennt geführt, können Wartezeiten für MIV- und ÖV-Fahrzeuge in den Zufahrten durch die Entzerrung reduziert werden und der ÖV-Fahrkomfort steigt aufgrund gleichmäßiger Fahrt ohne Anfahrvorgänge und Bremsmanöver.

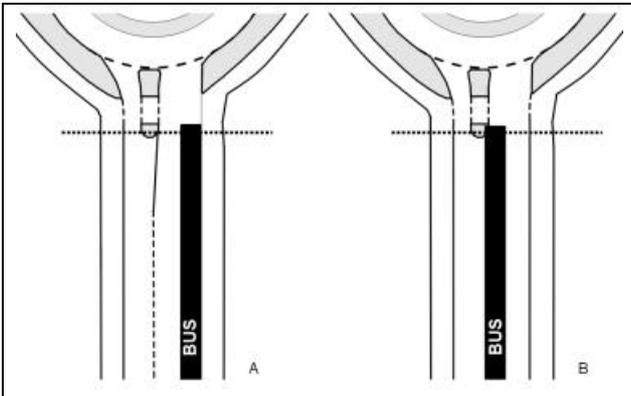


Abbildung 49: Alternative Lage von Sonderfahrstreifen  
A: Seitenlage; B: Mittellage

#### • ÖV-Spur in Seitenlage

Bei einer ÖV-Spur in Seitenlage bleibt die Bedienung von ÖPNV-Haltestellen in der Zufahrt möglich. Die Nutzung der ÖV-Spur ist i. A. nur in einer Richtung möglich.

Die Ausfahrt des Linienbusses am Ende einer ÖV-Spur kann unterschiedlich gestaltet sein. Es sind drei Alternativen in der Diskussion:

- A. Parallele Fahrstreifen für MIV und ÖV-Fahrzeuge,

- B. vorzeitiges Ende der ÖV-Spur in 2-streifiger Zufahrt oder  
C. MIV-Fahrstreifenreduzierung in der Zufahrt.

#### A. Parallele MIV- und ÖV- Fahrstreifen

Wird die ÖV-Spur bis zur Kreisfahrbahn vorgezogen, wird der MIV in der Zufahrt nicht beeinträchtigt, auch wenn sich eine Haltestelle in der Zufahrt befindet. Der MIV kann während der Haltestellenbedienung am ÖV-Fahrzeug vorbei fahren. Nach dem Haltestellenaufenthalt kann das ÖV-Fahrzeug direkt bis zur Kreisfahrbahn vorfahren. Durch die Führung von ÖV-Spuren aus der Zufahrt bis zur Kreisfahrbahn ergeben sich an der Einfahrt in die einstreifige Kreisfahrbahn allerdings rechtlich ungeklärte Situationen. Zu Beachten ist dabei die Art der Trennung zwischen MIV- und ÖV-Spur.

Abbildung 50 zeigt eine bis zur Kreisfahrbahn parallele Führung der beiden Spuren. Sind diese Spuren nur durch eine Markierung (Fahrstreifenbegrenzung, StVO Zeichen 295) getrennt, so sind beide Teile rechtlich Teil derselben Fahrbahn. Somit ist hier nach RFGÜ z.B. kein Fußgängerübergang zulässig. Wird die Spurtrennung jedoch baulich, z.B. mittels Hoch- oder Flachbord gestaltet, stellt die ÖV-Spur eine eigene Fahrbahn dar. Aus dieser Diskrepanz ergeben sich rechtliche Unterschiede bei der Einfahrt zweier nebeneinander aus der Zufahrt in die Kreisfahrbahn einfahrender Fahrzeuge.

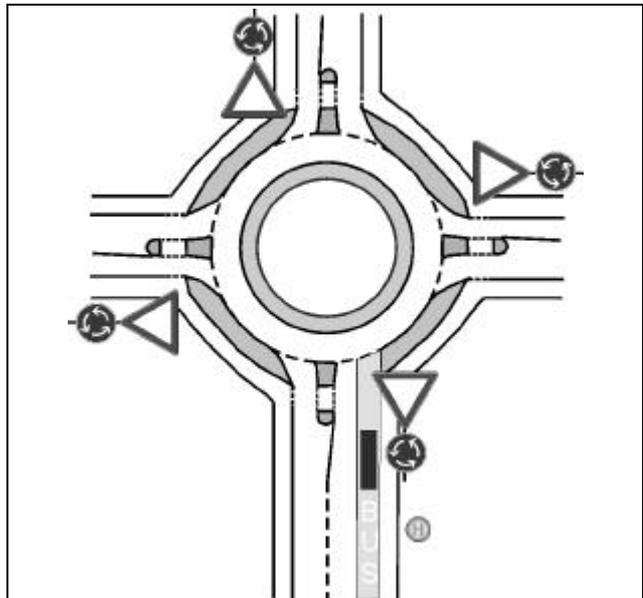


Abbildung 50: Parallele Busspur bis zur Kreisfahrbahn



Abbildung 51: ÖV-Spur in der Zufahrt (Wolfen)

Bis zur Kreisfahrbahn vorgezogene ÖV-Spuren in den Zufahrten können neben den beschriebenen Vorteilen der ÖV-Beschleunigung in der Zufahrt auch Verbesserungen des Fahrkomforts bewirken, da sie eine tangentialere und somit weniger kurvige Zufahrt der Busse auf die Kreisfahrbahn ermöglichen.

Die Problematik der parallelen Führung von zwei Fahrstreifen zu einem einstreifigen Kreisverkehr zeigen Abbildung 52 und Abbildung 53:



Abbildung 52: gesonderte ÖV-Spur zu einstreifigem Kreisverkehr (Bus nähert sich an)



Abbildung 53: gesonderte ÖV-Spur zu einstreifigem Kreisverkehr (Bus fährt vor Pkw ein)

Der wartende Pkw-Fahrer lenkt seine Aufmerksamkeit auf den von links kommenden übergeord-

neten Verkehrsstrom auf der Kreisfahrbahn. Den rechts auf dem ÖV-Spur an ihm vorbeifahrenden Linienbus nimmt der Verkehrsteilnehmer unter Umständen verspätet oder gar nicht wahr.

Alternativ zur parallelen Führung können die MIV- und ÖV-Spur mit einer zusätzlichen Mittelinsel voneinander getrennt werden (Abbildung 54). Damit stellen sie rechtlich getrennte Zufahrten dar, Fußgängerüberwege sind möglich.

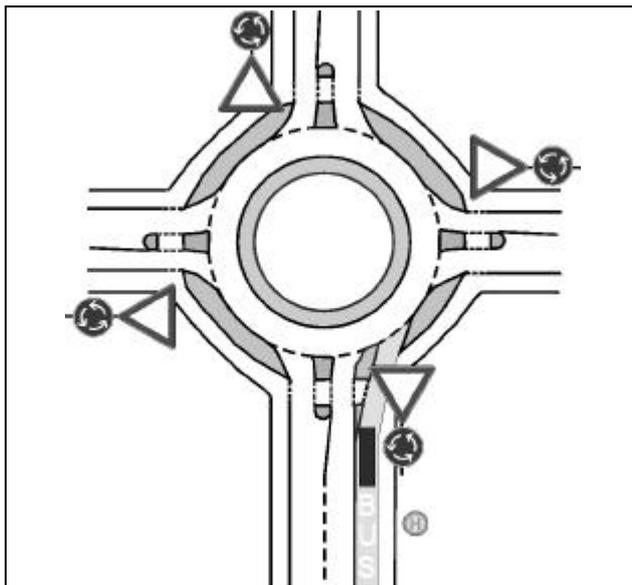


Abbildung 54: Baulich getrennte ÖV-Spur bis zur Kreisfahrbahn



Abbildung 55: Haltestelle vor der Kreisfahrbahn mit eigener Einfahrt (Waals / NL)

Anders stellt sich die Situation dar, wenn wie in Lübeck, eine parallele ÖV-Spur an einen 2-streifigen Kreisverkehr herangeführt wird:

Dadurch ergibt sich eine zweistreifige Zufahrt zu einem zweistreifigen Kreisverkehr. Linienbusse aus der ÖV-Spur fahren auf die äußere Fahrspur der Kreisfahrbahn, der MIV aus der inneren Fahrspur der Zufahrt fährt auf die innere Fahrspur im Kreis ein.



Abbildung 56: ÖV-Spur in Seitenlage, Lübeck, Mühlentorplatz, der Bus kann an sich aufstauenden MIV-Fahrzeugen vorbeifahren



Abbildung 57: ÖV-Spur in 2streifiger Zufahrt zu 2-streifigem Kreisverkehr (Lübeck)

### B. Versetztes Ende der ÖV-Spur in 2-streifiger Zufahrt

Ist die Kapazität einer einstreifigen Zufahrt an der Einfahrt in einen mehrstreifigen Kreisverkehr nicht ausreichend, bewirkt eine mehrstreifige Zufahrt eine Steigerung der Kapazität. Ist die erhöhte Kapazität in der Zufahrt nicht erforderlich, kann dieser Fahrstreifen als ÖV-Spur betrieben werden.

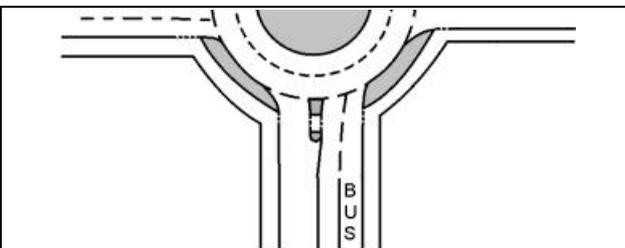


Abbildung 58: Busspur in zweistreifiger Zufahrt zu zweistreifig befahrbarem Kreisverkehr - Ende der Busspur in der Zufahrt und zweistreifige Einfahrt in die Kreisfahrbahn

### C. IV-Fahrstreifenreduzierung

Bei der MIV-Fahrstreifenreduzierung enden die ÖV-Spur und die MIV-Spur kurz vor dem Kreisver-

kehr und der MIV muss auf die Verlängerung der ÖV-Spur einfädeln. Somit ist der MIV den Linienbussen gegenüber wartepflichtig (Abbildung 65). Dieses Beschleunigungskonzept funktioniert mit oder ohne Haltestelle am Ende der ÖV-Spur.

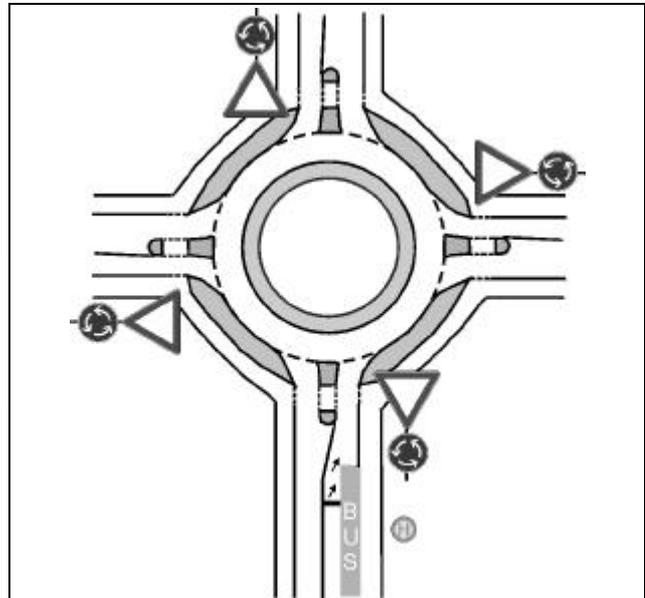


Abbildung 59: Zufahrt mit Fahrstreifenreduzierung in Leverkusens

### • ÖV-Spur in Mittellage

Bei der Fahrt der Linienbusse auf der Kreisfahrbahn werden Fahrzeit und Fahrkomfort durch die Richtungswechsel negativ beeinflusst. Werden Linienbusse über die Mittellage geführt, werden diese Beeinträchtigungen vermieden.

Um eine Führung der Linienbusse über die Mittellage zu ermöglichen, sind MIV- und ÖV-Fahrzeuge auf getrennten Spuren in der Zufahrt zu führen. Dabei sollte die ÖV-Spur in Mittellage liegen.

In Remscheid werden Busse auf einer ÖV-Spur in Mittellage zu einem großen signalgeregelten Kreisverkehr mit Haltestelle in Mittellage geführt.

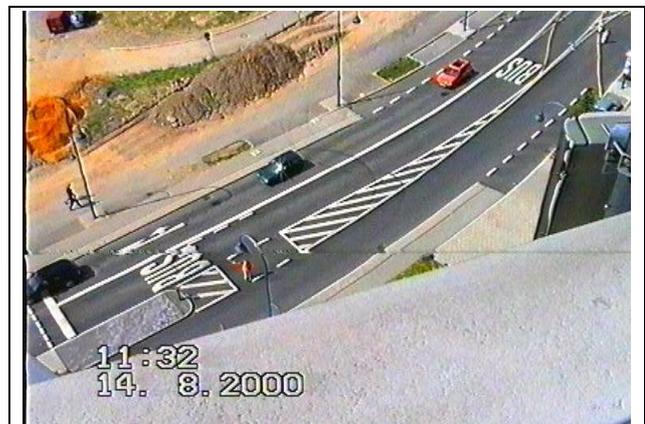


Abbildung 60: ÖV-Spur in Mittellage, Remscheid, Bahnhof

### 5.4.1.2 Konzept: Haltestellen in Zufahrten

Für Linienfahrzeuge entstehen Wartezeiten, wenn sie nicht unmittelbar bis zur Kreisfahrbahn fahren können, sondern durch vor ihnen fahrende Fahrzeuge, die ebenfalls auf die Kreisfahrbahn einfahren wollen, beeinträchtigt werden.

Durch eine geeignete Haltestellenwahl in der Zufahrt kann die Anzahl der Fahrzeuge vor dem Linienbus und somit die Wartezeit für den Linienbus, reduziert werden.

#### A. Kap-Haltestelle

Bei einer Kap-Haltestelle wird ein Überholen des Linienfahrzeuges während der Haltestellenbedienung verhindert. Somit befinden sich nach der Haltestellenbedienung keine zusätzlichen Fahrzeuge vor dem Linienbus. Zuvor in der Zufahrt vor dem Linienbus befindliche Fahrzeuge können aus der Zufahrt in die Kreisfahrbahn einfahren. Nach dem Haltestellenaufenthalt befinden sich im Idealfall keine wartenden Fahrzeuge mehr in der Zufahrt und der Linienbus kann unbeeinträchtigt bis zur Kreisfahrbahn vordringen. Dadurch kann jedoch die Leistungsfähigkeit der Zufahrt deutlich sinken, wenn zufahrende Fahrzeuge hinter dem Bus aufgestaut werden und dadurch Wartezeiten entstehen.

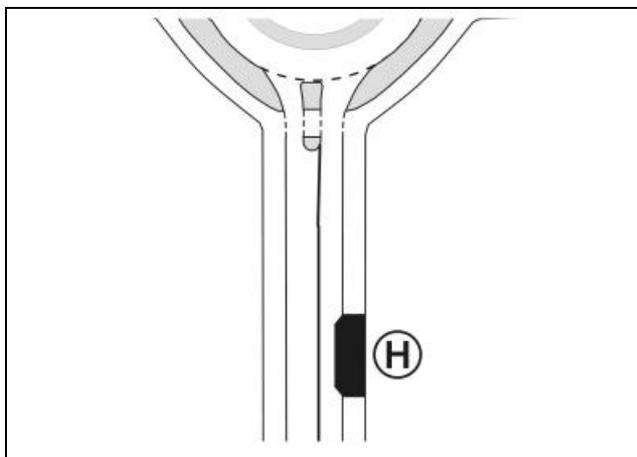


Abbildung 62: Kap-Haltestelle in Zufahrt

#### B. Haltestellenbucht

Durch die Anlage einer Haltestellenbucht unmittelbar vor der Kreisfahrbahn ergeben sich kürzeste Wege für umsteigende Fahrgäste. Durch die Lage außerhalb der Fahrbahn wird der MIV bei der Haltestellenbedienung nicht beeinträchtigt. Wird die Haltestelle wie in Abbildung 63 bis zur Kreisfahrbahn vorgezogen, wird der Bus nicht durch andere Fahrzeuge bei der Einfahrt beeinträchtigt. Durch die breitere Zufahrt wird einer tangentialeren Einfahrt des Busses ermöglicht, was zu einer Verbesserung des Fahrkomforts führt.



Abbildung 63: Haltestelle unmittelbar vor der Kreisfahrbahn (Landstuhl)

### 5.4.1.3 Konzept: Kombination von ÖV-Spur und Haltestelle

Wenn Busspuren an der letzten Haltestelle vor der Kreisfahrbahn enden (Abbildung 64), kann dies zu Schwierigkeiten bei der Eingliederung der Linienfahrzeuge in den Verkehr auf der Zufahrt führen. Obwohl nach StVO an Haltestellen anfahren den Linienfahrzeugen Vorrang zu gewähren ist, ist nicht ausgeschlossen, dass Fahrzeuge des MIV dieses Vorrecht ignorieren.

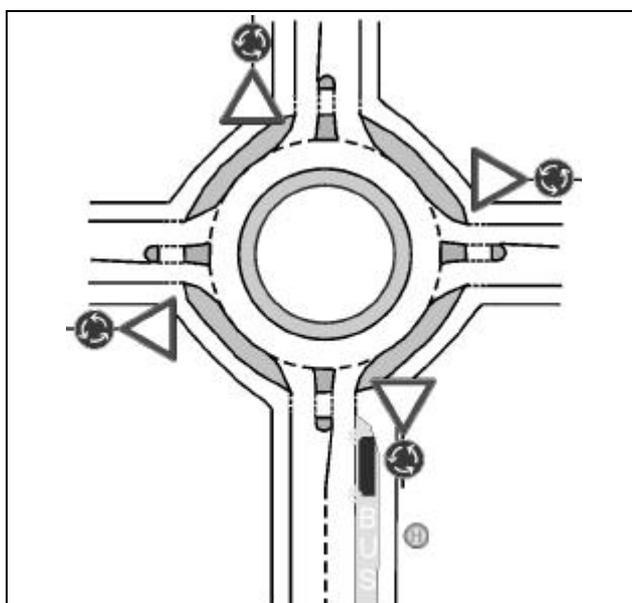


Abbildung 64: Busspur bis zum Kreisverkehrsplatz

Eine alternative Führung ist die Fahrstreifenreduzierung kurz vor dem Kreisverkehr. Dabei endet die MIV-Spur kurz vor dem Kreisverkehr und der MIV muss auf die Verlängerung der ÖV-Spur einfädeln und ist somit Bussen gegenüber wartepflichtig (Abbildung 65). Dieses Beschleunigungskonzept funktioniert mit oder ohne Haltestelle am Ende der ÖV-Spur.

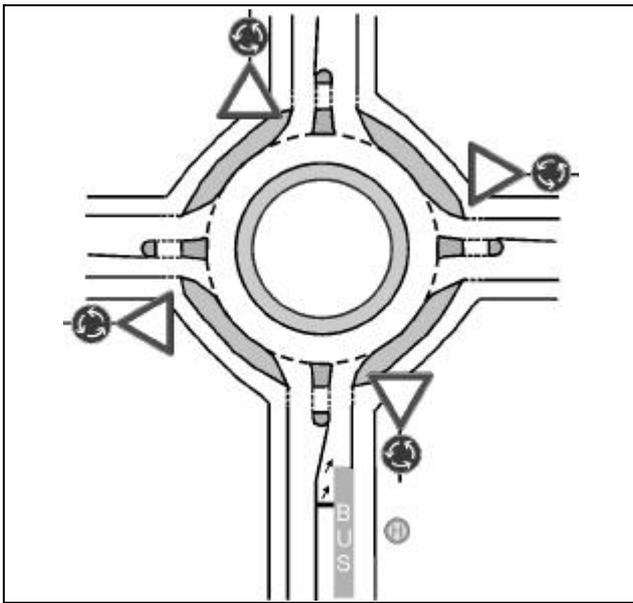


Abbildung 65: Zufahrt mit Fahrstreifenreduzierung

In beiden Fällen können Linienbusse während der Haltestellenaufenthaltszeit von Fahrzeugen des MIV überholt werden. Dadurch kann vor dem Linienbus ein Rückstau in der Zufahrt auftreten, wenn vorausfahrende Fahrzeuge in der Zufahrt durch bevorrechtigte Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn an der Einfahrt in den Kreis gehindert werden.

**5.4.1.4 Konzept: Fahrbahnaufweitungen**

Fahrgeometrische und Komfort-Vorteile ergeben sich durch die Aufweitung des Einfahrtbereiches. Hierdurch ist eine deutlich tangentialere Einfahrt für Linienfahrzeuge möglich.



Abbildung 66: Verbreiterung in Zufahrt zur Sicherstellung der Schleppkurven, gepflastert (Ibbenbüren)

**5.4.1.5 Übersicht über Beschleunigungskonzepte in der Zufahrt**

Folgende Tabelle liefert einen Überblick über Beschleunigungskonzepte in der Zufahrt zu kleinen Kreisverkehren:

	Haltestellenkapazität ohne Busspur	Busspur parallel 2-streifige Zufahrt	Busspur, baulich getrennt 2-streifige Zufahrt	Busspur mit Fahrstreifenreduzierung
Beschleunigung	Kein Überholen durch MIV-Fahrzeuge, bei langem Rückstau keine Haltestelleneinfahrt möglich	Ungehinderte Ein- und Ausfahrt in/aus Haltestelle, keine Beeinträchtigungen bis zur Kreisfahrbahn		
Fahrkomfort	Reduzierung von Beschleunigungs- und Bremsvorgängen für ÖV-Fahrzeuge in der Zufahrt	Keine Beschleunigungs- und Bremsvorgänge für ÖV-Fahrzeuge in der Zufahrt		durch tangentialere Zufahrt erhebliche Reduzierung der Seitenbeschleunigung bei der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn
Verkehrssicherheit	Keine Beeinträchtigungen gegenüber heutiger Situation	Für Fußgänger und Radfahrer verdoppelt sich die zu überquerende Fahrbahnbreite	Fußgänger und Radfahrer müssen 2 getrennte Fahrspuren in der Zufahrt überqueren	Keine Beeinträchtigungen gegenüber heutiger Situation
Fußgängerführung	1 Fahrstreifen je Zufahrt → FGÜ möglich	2 Fahrstreifen je Zufahrt → KEIN FGÜ möglich	1 Fahrstreifen je Zufahrt → FGÜ möglich	1 Fahrstreifen je Zufahrt → FGÜ möglich

Tabelle 30: Vergleich von ÖV-Beschleunigungsalternativen in der Zufahrt

## 5.4.2 Beschleunigungen in der Einfahrt

Am Übergang zwischen Kreiszufahrt und Kreisfahrbahn vollzieht sich der eigentliche Einfahrtvorgang in den Kreisverkehr. Einfahrende Fahrzeuge müssen hier Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn die Vorfahrt gewähren. Diese Vorfahrtregelung trifft auch für Linienbusse zu.

Erhalten Linienfahrzeuge an Einfahrten in die Kreisfahrbahn durch spezielle Regelungen Vorrang vor anderen, würden Wartezeiten für Linienfahrzeuge reduziert. Theoretisch ist eine Beschleunigung von Linienbussen bei der Einfahrt durch folgende Konzepte möglich:

- Änderung der Vorfahrtregelung für Linienbusse oder
- signaltechnische Maßnahmen.

### 5.4.2.1 Konzept: Vorfahrtregelnde Maßnahmen

Straßenbahnen können vorfahrtgeregelt und ohne signaltechnische Maßnahmen gesichert durch Kreisverkehrsplätze geführt werden.

Straßen-/ Stadtbahnen erhalten durch StVO-Regelung nach §41 StVO gegenüber Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn Vorrang. Dies gilt auch an Kreisverkehren. Andere Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn müssen halten und dem Linienfahrzeug Vorrang gewähren. Diese Regelung trifft derzeit nur für Straßenbahnen zu. Durch eine Übertragung dieser Regelung auf Linienbusse wäre auch für diese Fahrzeuge eine Beschleunigung bei der Einfahrt möglich, dies ist allerdings ohne StVO-Änderung nicht möglich.

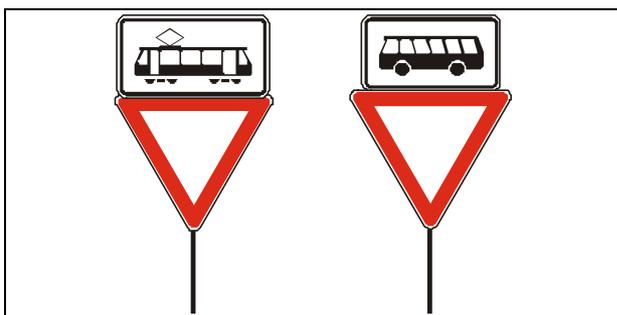


Abbildung 67: Vorfahrtrechtliche Berücksichtigung von ÖV-Fahrzeugen links: Vorrang für Straßenbahn (Z205 StVO in Kombination mit Straßenbahn, VwV-StVO); rechts: analog, Vorrang für Linienbusse

Problematisch bei der Übertragung der Straßenbahn-Regelung auf Linienbusse ist die ungenügende Kennzeichnung und Abgrenzung von Linienbussen gegenüber z.B. Reisebussen. Darüber hinaus ist das Erscheinungsbild von Linienbussen in den einzelnen Städten sehr unterschiedlich. Neben Standard-Linienbussen verkehren auch Gelenkbusse, Kleinbusse und z.B. Anruf-Sammeltaxi

im Liniendienst. Weiterhin können Verkehrsteilnehmer häufig nicht erkennen, ob sich ein Fahrzeug im Liniendienst oder auf einer Betriebsfahrt befindet.

Dieser Beschleunigungsansatz erfordert also nicht nur eine eindeutige Kennzeichnung von sich im Liniendienst befindlichen Fahrzeugen sondern eine generelle Änderung der ÖPNV-Vorfahrtregelung in der StVO. Darüber hinaus wird nur der in erster Position wartende Linienbus beschleunigt. Befinden sich in einer gemeinsamen MIV-ÖV-Zufahrt vor dem Linienbus andere Verkehrsteilnehmer, muss der Bus weiterhin in zurückliegenden Positionen warten.

### 5.4.2.2 Konzept: signaltechnische Maßnahmen

Durch die Verwendung von Lichtsignalanlagen an kleinen Kreisverkehren können Beschleunigungsmaßnahmen durch Signaltechnik angewandt werden. Dabei werden die ÖV-Fahrzeuge durch Berücksichtigung im Signalprogrammablauf priorisiert.

Linienfahrzeuge können nur dann ungehindert und priorisiert aus der Zufahrt in die Kreisfahrbahn einfahren, wenn sichergestellt ist, dass Fußgänger und Radfahrer die Zufahrt nicht betreten. Die Bevorrechtigung der Linienfahrzeuge gegenüber Radfahrern und Fußgängern ist mittels Beschilderung oder ggf. mittels Signalisierung sicherzustellen.

2-phasige Signalgeber (Gelb/Rot) reichen zum Anhalten der eigentlich vorfahrtberechtigten Fahrzeuge bei Annäherung eines Linienbusses aus, da die Signalisierung nur bei Annäherung eines Busses erforderlich wird. Wartepflichtige Verkehrsströme werden über das Einschaltbild „Dunkel / Gelb / Rot“ angehalten. Dabei sind 2 Varianten möglich:

#### a) Teilsignalisierung:

Bei der Teilsignalisierung wird lediglich der Verkehrsstrom unterhalb der Zufahrt auf der Kreisfahrbahn angehalten, so dass das ÖV-Fahrzeug ohne Wartezeit in die Kreisfahrbahn einfahren kann. Die Installation der LSA unterhalb der Zufahrt des Linienfahrzeuges ermöglicht die Aufrechterhaltung einiger Verkehrsbeziehungen während der Sperrzeit.

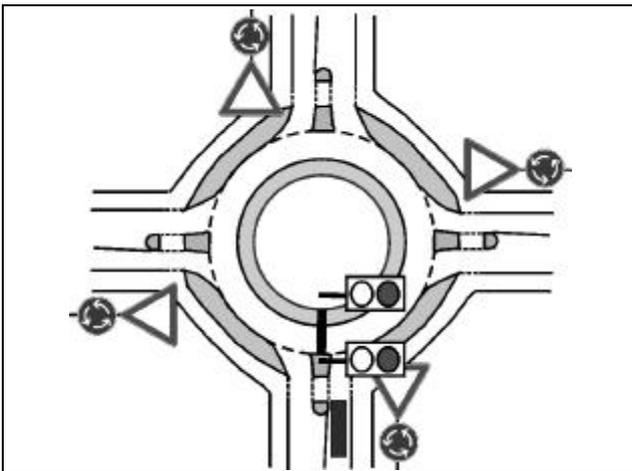


Abbildung 68: Priorisierung von ÖV Fahrzeugen bei der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn durch schlafende LSA

Linienfahrzeuge melden sich in der Zufahrt zum Kreisverkehr an und nach Einfahrt in den Knotenpunkt wieder ab.

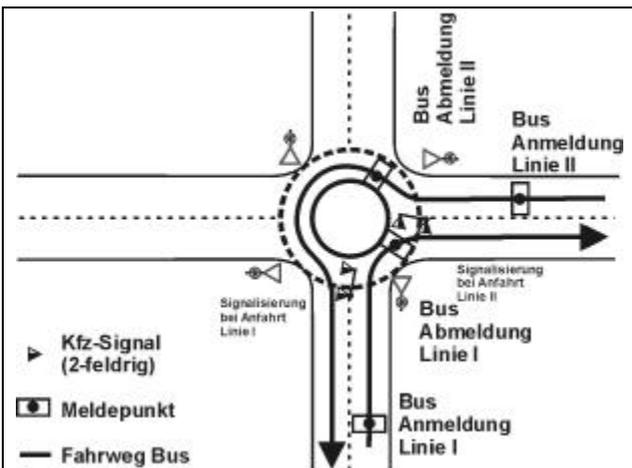


Abbildung 69: Prinzip einer Lückenampel an einem Kreisverkehr mit Kreisfahrbahnsignalisierung bei abknickender Linienführung

Vorteil der „kleinen Lösung“ ist, dass nur ein Fahrzeugstrom auf der Kreisfahrbahn angehalten wird. Nachteilig ist im Gegensatz dazu, dass der Kreis unter ungünstigen Bedingungen in Abhängigkeit der Sperrdauer vollständig zugestaut werden kann, wenn während der Rotphase auf der Kreisfahrbahn Fahrzeuge aus den Zufahrten in die Kreisfahrbahn einfahren.

b) Komplettsignalisierung:

In allen Zufahrten werden die Fahrzeuge bei Annäherung eines Linienfahrzeuges angehalten. Damit ist die gesamte Kreisfahrbahn frei, ÖV-Fahrzeuge können ohne Behinderungen auf die Kreisfahrbahn einfahren und den Kreisverkehr befahren. Somit ist z.B. auch die Signalisierung einer Mittelinselquerung möglich.

Durch eine LSA in allen Zufahrten (Abbildung 70) kann eine Staubildung auf der Kreisfahrbahn vermieden werden. Bei Anforderung der Freigabe durch das Linienfahrzeug wird der Verkehr in allen Zufahrten angehalten. Während der Sperrzeit sind keine Fahrbeziehungen, mit Ausnahme aus der Zufahrt des Linienfahrzeuges, möglich. Durch eine frühzeitige Anmeldung des Linienfahrzeuges im Vorfeld des Kreisverkehrs entsteht eine sehr lange Sperrzeit. Bei Linienverkehr in mehreren Fahrrichtungen kann es zu sehr häufigen Sperrzeiten kommen, die sich gegenseitig negativ beeinflussen können. Zur Räumung des Kreisverkehrs sind erhebliche Räumzeiten zu berücksichtigen.

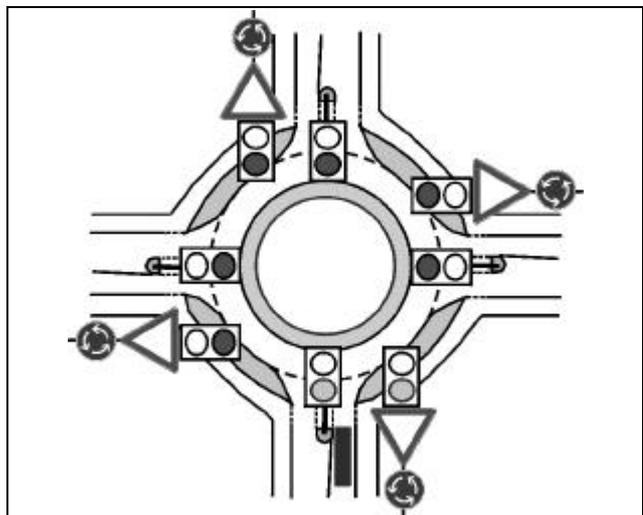


Abbildung 70: Priorisierung von ÖV-Fahrzeugen durch Anhalten anderer Einfahrströme

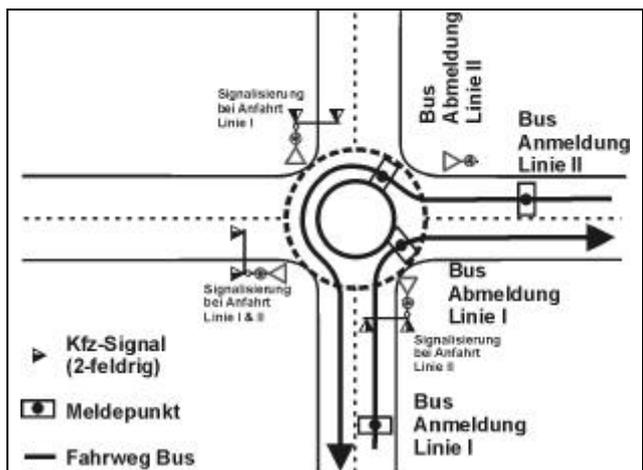


Abbildung 71: Übertragenes Prinzip einer „schlafenden LSA“ / Lückenampel<sup>53</sup> auf einen Kreisverkehrsplatz mit Signalisierung in den Zufahrten

Die Übertragung des Prinzips der Lückenampel auf einen kleinen Kreisverkehrsplatz zeigt die Problematik und den erhöhten Aufwand. Während an einer Einmündung zur Signalisierung eines abknickenden

<sup>53</sup> FGSV, 1999

ckenden Linienverlaufes nur eine Lückenampel erforderlich ist, sind an einem Kreisverkehr mindestens zwei Signalstandorte erforderlich.

Signalisierungen aller Zufahrten mit 3-feldrigen Signalgebern sind nur bei großen signalisierten Kreisverkehren mit sehr hohen Belastungen (<25.000 – 40.000 DTV) erforderlich. Dabei sind dann Priorisierungsmaßnahmen wie an signalregulierten Kreuzungen (Busspuren, Phasenanpassung etc.) möglich.

### 5.4.3 Beschleunigungen auf der Kreisfahrbahn

Die Fahrt auf der Kreisfahrbahn ist aufgrund geringer maximal möglicher Geschwindigkeiten und enger Radien für Linienbusse gegenüber einer priorisierten Fahrt an einem LSA-geregelten Knotenpunkt mit Zeitverlust verbunden (geometric delay). An kleinen Kreisverkehrsplätzen mit einer Fahrbahn sind Beschleunigungen für ÖPNV Fahrzeuge auf der von MIV und ÖV gemeinsam genutzten Fahrbahn nicht möglich. Generell sind aber auch im Bereich der Kreisfahrbahn Beschleunigungen möglich:

Dabei können Konzepte zur Verkürzung des Fahrtweges oder zur Steigerung des Fahrkomforts durch Vergrößerung des Radius unterschieden werden.

- Führung der ÖPNV Fahrzeuge über die Mittelinsel,
- Anlage eines ÖV-Bypasses für rechts abbiegende Linienfahrzeuge oder durch
- Haltestelle am Außenrand der Kreisfahrbahn

#### 5.4.3.1 Konzept: Mittelinselquerung

Die Führung von ÖV Fahrzeugen über Mittelinseln dient der Reduzierung der Fahrtstrecke und bringt durch Verzicht auf 2fache Richtungswechsel bei Ein- und Ausfahrt deutliche Verbesserungen im Fahrkomfort.

Die Mittelinselquerung wird bei Straßenbahnen (Abbildung 72) häufig angewandt, z.B. am Kasslerfelder Kreisverkehr in Duisburg (Stadtbahn, nicht signalisiert, Abbildung 45) oder in Wabern (CH, Abbildung 48). An den Stuttgarter Kreisverkehren in der Regerstraße queren Straßenbahnen regelmäßig signalgeregelt die Mittelinsel (Abbildung 47).

Bei Bussen ist diese Führung noch unüblich. Allenfalls bei kombinierter Führung von Bus und Bahn auf einem Gleiskörper z.B. in Kassel, oder bei Umsteigehalteinseln in Mannheim fahren Linienbusse in die Kreismitte ein.

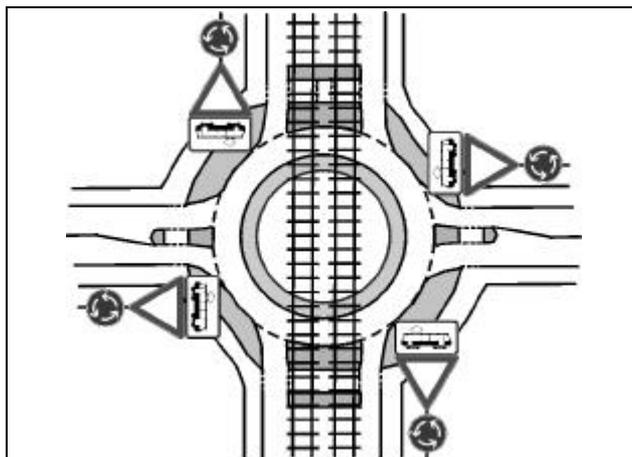


Abbildung 72: Vorfahrtgeregelter Querung des Kreisverkehrs durch Straßenbahn

Die Kombination von Mittelinselquerung und einer in der Zufahrt in Mittellage geführten ÖV-Spur (Abbildung 73) ermöglicht für Linienbusse eine beinträchtigungsfreie Fahrt über den Knotenpunkt ähnlich einer Geradeaus-Fahrt an einer Kreuzung oder Einmündung. Eine Fortführung der ÖV-Spur in der Ausfahrt ist i.a. nicht erforderlich.

Zur optimal-beschleunigten Führung von Linienbussen über die Mittelinsel sind erhebliche Schutzmaßnahmen erforderlich:

Als Sicherungsmaßnahmen sind im Allgemeinen Signalanlagen erforderlich zur

- Sicherung der ÖV-Spur in der Zufahrt vor Fußgängern und Radfahrern,
- Sicherung der Kreisfahrbahn und
- Sicherung der Ausfahrt vor Fußgängern, Radfahrern und Kraftfahrzeugen.

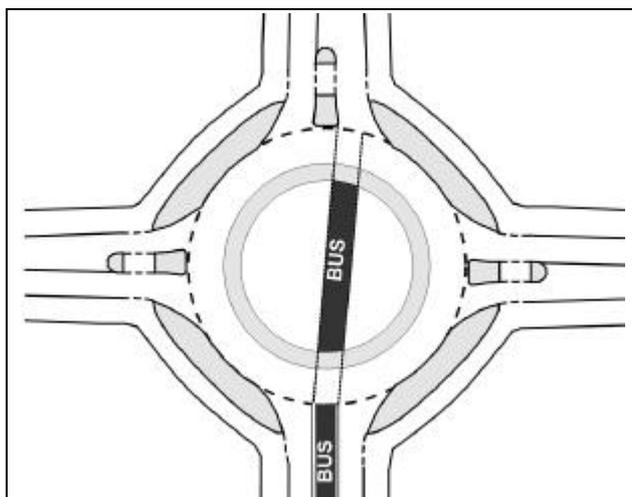


Abbildung 73: Sonderfahrstreifen in Mittellage über Mittelinsel (Signalisierung der Kreisüberfahrt ist obligatorisch)

Bei kleinen Kreisverkehrsplätzen mit Inselinnendurchmessern von ca. 20m ist eine Haltestel-

le und eine Fahrtrichtungsänderung in der Inselmitte nicht möglich. Dies ist erst bei großen Kreisverkehren wie in Remscheid (Abbildung 74) sinnvoll.



Abbildung 74: ÖV-Sonderfahrstreifen mit Haltestelle in Mittel-lage, Remscheid, Fortsetzung auf eigenen Fahrkörper

Am großen Remscheider Bahnhofskreisverkehr fahren Busse über die Mittelinsel und bedienen die Haltestelle in Mittellage. Hier ist sowohl die Einfahrt als auch die Ausfahrt aus der Haltestelle signalge-regelt.

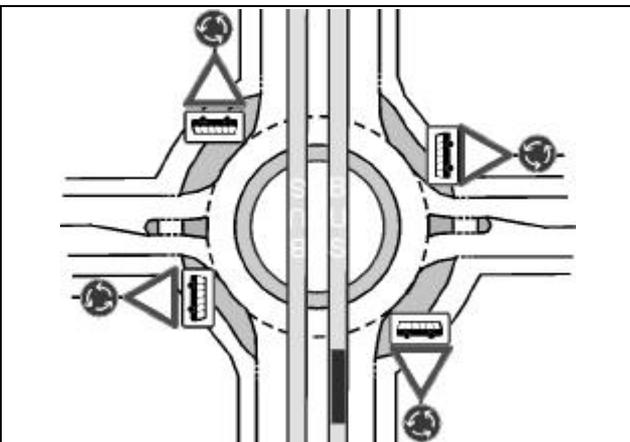


Abbildung 75: ÖV-Spur über Mittelinsel (Beschilderung analog der Führung von Straßenbahnen, bisher nach StVO nicht zulässig)

#### 5.4.3.2 Konzept: ÖV-Bypass

Beschleunigungen und Komfortverbesserungen bei der Fahrt von Linienbussen sind durch separate, für Linienbusse reservierte Fahrstreifen möglich. Bei rechtsabknickenden Linienwegen kann durch einen Bypass die Befahrung des Kreisverkehrs mit dem Nachteil der zweifachen Fahrtrichtungsänderung vermieden werden (Abbildung 77).

Demgegenüber stehen Nachteile im Flächenbedarf am Knotenpunkt sowie für querende Radfahrer und Fußgänger. Für sie wird die Überquerbarkeit der Zufahrt erschwert, da mehrere Fahrstreifen zu

queren sind. Der Bypass würde allerdings sehr selten (nur von ÖV-Fahrzeugen) befahren. Aktuelle Forschungen<sup>54</sup> ermittelten keine negative Beeinflussung des Sicherheitsniveaus an kleinen Kreisverkehren durch Bypässe.



Abbildung 76: ÖV-Bypass in Leverkusen

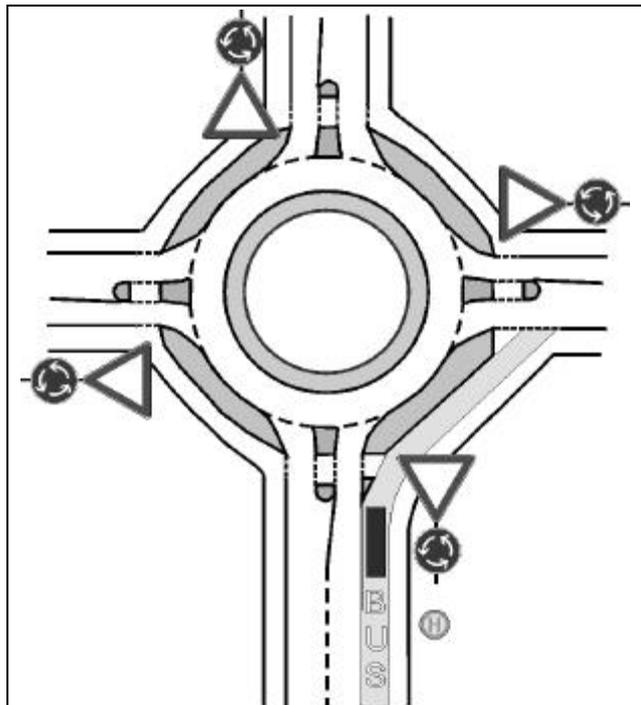


Abbildung 77: ÖV-Spur als Bypass für rechtsabbiegende Linienbusse

#### 5.4.3.3 Konzept: Haltestelle in der Kreisfahrbahn

An großen Kreisverkehren kann durch die Konzentration aller im Umfeld des Kreisverkehrs erforderlichen Haltestellen am Rand der Kreisfahrbahn eine ideale Umsteigehaltestelle eingerichtet werden.

<sup>54</sup> BRILON; BÄUMER, 2003



Abbildung 78: Haltestelle an der Kreisfahrbahn (Münster)

#### 5.4.4 Beschleunigungen in der Ausfahrt

Die Befahrung der Ausfahrt eines Kreisverkehrs ist für Linienbusse bei engen Radien problematisch. Zusätzlich können Beeinträchtigungen durch bevorrechtigt querende Fußgänger oder Radfahrer auftreten.

Maßnahmen zur schnellen und komfortablen Ausfahrt von Linienbussen sind:

- Aufpflasterungen zur Radienvergrößerung,
- Haltestelle in der Ausfahrt,
- ÖV-Spuren in der Ausfahrt und durch
- Sicherung der Ausfahrt vor Fußgängern und Radfahrern.

##### 5.4.4.1 Konzept: Radienvergrößerung

Durch die Vergrößerung des Ausfahrtradius lassen sich tangentialere Ausfahrten für Linienbusse und große Fahrzeuge realisieren.



Abbildung 79: Verbreiterung in Zufahrt zur Sicherstellung der Schleppkurven, Vergrößerung des Ausfahrtradius, gepflastert (Kreis Steinfurt)

Erforderliche Flächen für Fahrzeuge mit großen Schleppkurven und Militärfahrzeuge können durch Pflasterungen am Außenrand zusätzlich bereitge-

stellt werden ohne die geschwindigkeitsdämpfende Wirkung des Kreisverkehrs zu vermindern.

##### 5.4.4.2 Konzept: Haltestelle

Eine bessere Befahrbarkeit des Kreisverkehrs ist gegeben, wenn aus der Kreisfahrbahn tangential in die Haltestelle eingefahren werden kann.



Abbildung 80: Haltestelle in Ausfahrt, Zufahrt aus Kreisfahrbahn (Leverkusen)

Nachteilig für Fußgänger und Radfahrer ist dann jedoch die Querung von 2 Fahrstreifen in der Ausfahrt. PKW nutzen häufig den Haltestellenbereich zum beschleunigten, tangentialen Ausfahren aus der Kreisfahrbahn.

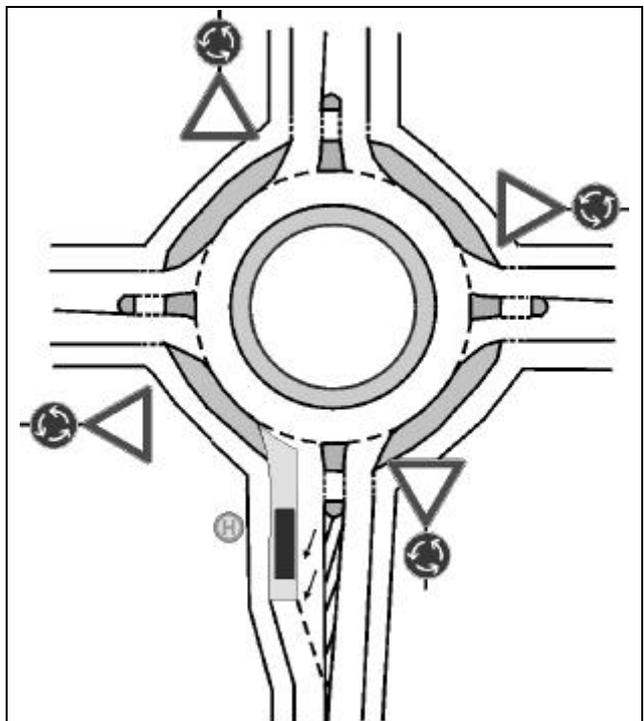


Abbildung 81: Haltestelle in der Ausfahrt mit Bevorrechtigung der ÖV-Fahrzeuge

Wird bei der Ausfahrt aus der Haltestelle der MIV dem ÖV untergeordnet, ergeben sich keine Fahrzeitverluste infolge Wiedereingliederung in den Verkehr (Abbildung 81).

### 5.4.4.3 Konzept: ÖV-Spur

Werden ÖV-Spuren direkt ab der Kreisfahrbahn in der Ausfahrt angelegt, wird der mögliche Ausfahrtradius der Busse größer, eine beschleunigte Ausfahrt wird möglich. Sie sollten i.A. rechts der MIV-Fahrspur liegen. Allerdings ist die Querung von 2 Fahrstreifen für Radfahrer und Fußgänger problematisch. Die Anlage eines FGÜ ist hier nach R-FGÜ<sup>55</sup> nicht möglich.

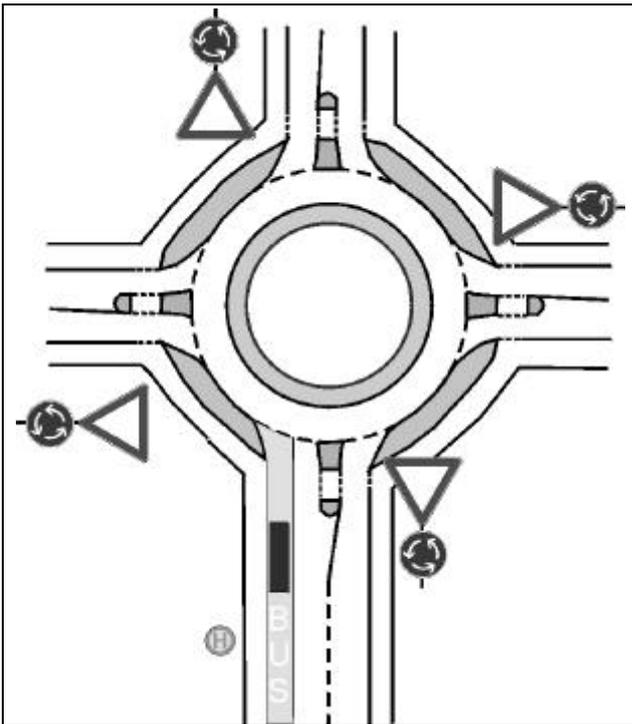


Abbildung 82: Bussonderspur ab Kreisfahrbahn

Im Allgemeinen werden Busspuren in Seitenlage nur im Einrichtungsverkehr befahren. In Wolfen wird eine Busspur tageszeitlich abhängig im Wechselrichtungsverkehr befahren.



Abbildung 83: Im Wechselrichtungsverkehr genutzte Busspur (Wolfen, vormittags)



Abbildung 84: Im Wechselrichtungsverkehr genutzte Busspur (Wolfen, nachmittags)

Durch die Nutzung der Busspur in Gegenrichtung kommt es zu erhöhten Wartezeiten und starken Irritationen im Kfz-Verkehr. Zusätzlich ist eine signalgeregelte Querung der KFZ-Ströme am anderen Ende der Busspur an einem signalisierten Knotenpunkt erforderlich.

### 5.4.4.4 Konzept: Querungssicherung

Insbesondere an Kreisverkehren in Innenstädten mit hohem Fußgängeranteil sind Behinderungen zwischen querenden Fußgängern und Fahrzeugen häufig (vgl. z.B. Münster, Ludgeriplatz, Ausfahrt Schorlemmer Straße: 30% aller Linienbusse werden beim Verlassen des Kreisverkehrs durch Fußgänger behindert). Wird die Fußgängerquerung bei Linienbussen verhindert, können Beschleunigungen bei der Ausfahrt erreicht werden.



Abbildung 85: Fußgängerquerung mit Lichtsignalanlage

Dies kann ggf. durch Signalisierung der Furt erreicht werden. Andererseits kann eine Furtsicherung die Verkehrssicherheit von Fußgänger, insbesondere von Schulkindern und Mobilitätsbehinderten verbessern (Abbildung 85).

<sup>55</sup> BMVBW, 2001

## 6 Bewertung von Beschleunigungsmaßnahmen an Kreisverkehren

### 6.1 Ermittlung von Beschleunigungspotentialen für Linienbusse

Die Ermittlung von Beschleunigungsmöglichkeiten für ÖV-Fahrten beruht auf dem Vergleich von beeinträchtigten und idealen Zuständen.

Verglichen werden:

- Fahrten von Linienbussen ohne Behinderungen durch andere Verkehrsteilnehmer mit
- Fahrten von Linienbussen, die in ihrer Fahrt beeinträchtigt wurden und Wartezeiten hatten.

Dabei sind ansonsten gleiche Randbedingungen erforderlich. Verglichen werden können z.B. nur Fahrten an baulich ähnlichen Kreisverkehren in einer Stadt, mit gleichem Fahrerkollektiv und ähnlicher Verkehrsbelastung und Verkehrsaufteilung. Da diese Randbedingungen nur selten gegeben sind, ist die Auswertung auf unterschiedlichen Fahrten an identischen Kreisverkehren zu reduzieren.

Ebenfalls verglichen werden

- Fahrten von Linienfahrzeugen an Kreisverkehren mit Beschleunigungsmaßnahmen und
- Fahrten an Kreisverkehren ohne Beschleunigungsmaßnahmen

Aus der Betrachtung der Beschleunigungspotentiale dieser unterschiedlichen Fahrten an identischen Kreisverkehren oder von Linienfahrten an baulich unterschiedlichen kleinen Kreisverkehren ergeben sich Erwartungswerte für zukünftige Anlagen.

#### 6.1.1 Gemeinsame MIV-ÖV Zufahrten

##### 6.1.1.1 Fahrzeitverluste

Die kürzeste Fahrzeit in der Zufahrt weist ein ÖV-Fahrzeug dann auf, wenn andere Verkehrsteilnehmer keine Behinderungen – weder in der Zufahrt noch bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn – verursachen.

Treten Behinderungen in den Zufahrten auf, entstehen hierdurch Wartezeiten, die die Fahrdauer in der Zufahrt verlängern. Ursachen können sein:

- vorausfahrende Fahrzeuge des MIV,

- vorausfahrende ÖV-Fahrzeuge z.B. beim Fahrgastwechsel,
- querende Fußgänger in der Zufahrt,
- Fahrzeuge im übergeordneten Strom auf der Kreisfahrbahn.

Die durch diese Behinderungen entstehende Wartezeit ergibt sich aus der Fahrzeit zwischen dem Erreichen der Position hinter dem letzten Fahrzeug in der Warteschlange bis zur Einfahrt in die Kreisfahrbahn unter Abzug der Fahrzeit ohne Behinderungen für diesen Streckenabschnitt.

Dabei werden 2 Wartezeiten unterschieden:

- Wartezeit in zurückliegenden Positionen und
- Wartezeit in erster Position.

#### Wartezeit in zurückliegenden Positionen

Sie beschreibt die Dauer vom Erreichen des Rückstauendes, der letzten Warteposition, bis zum Halt in erster Position, unmittelbar vor der Kreisfahrbahn. Diese Wartezeit wird durch vorausfahrende Fahrzeuge bestimmt. Relevant ist dabei die Verkehrsstärke in der Zufahrt, auf der Kreisfahrbahn und die Einschätzung der Verkehrssituation durch andere Verkehrsteilnehmer (Abbildung 86).

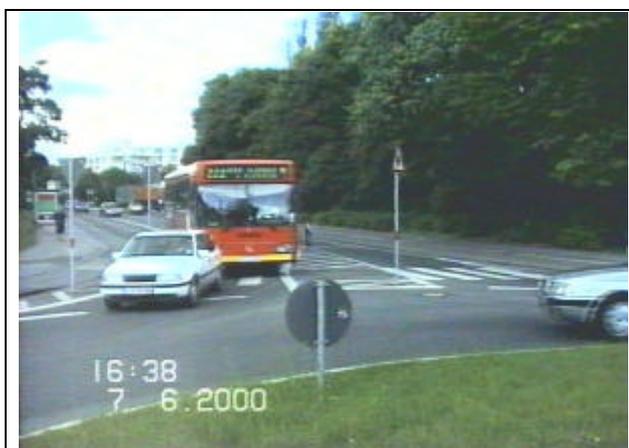


Abbildung 86: Bus wartet in zurückliegender Position

Wartezeiten in zurückliegenden Positionen treten dann auf, wenn vorausfahrende Fahrzeuge an der Einfahrt in die Kreisfahrbahn anhalten müssen und damit nachfolgende Fahrzeuge behindern.

Wartezeiten in der Zufahrt entstehen für Linienbusse ebenso wie für Pkw, wenn vorausfahrende Fahrzeuge einen Rückstau bilden. Beispielhaft wird in Abbildung 87 die Fahrt zweier Linienbusse ab einer vorgelagerten Haltestelle verglichen:

Im ersten Fall (7:35 Uhr) fährt der Bus aus der Haltestelle aus (linke Bildreihe). Während des Haltestellenaufenthaltes wird der Bus von vier Pkw überholt. Diese Fahrzeuge stauen sich im weiteren Verlauf der Zufahrt vor der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn auf. Der Linienbus wird durch diese Fahrzeuge behindert, es verlängert sich seine Fahrzeit.

Im 2. Fall (8:04 Uhr) erreicht der Bus ohne Behinderungen durch andere Fahrzeuge die Kreisfahrbahn und kann ohne Halt in den Kreisverkehr einfahren.



Abbildung 87: Vergleich zweier einfahrender Busse (links: Während des Haltestellenaufenthalts von Fahrzeugen überholter Bus muß an der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn warten; rechts: Bus kann unbehindert von anderen Fahrzeugen bis zur Kreisfahrbahn durchfahren)

Die Abbildung 88 stellt das Zeit-Weg-Diagramm der beiden Busse für ihre Fahrt zwischen Haltestelle und Kreisfahrbahn dar:

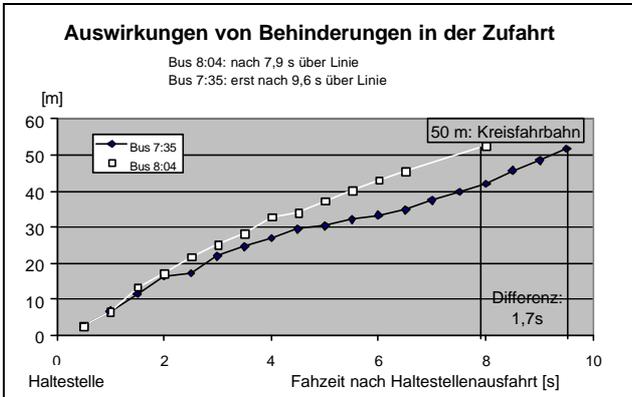


Abbildung 88: Fahrzeitenvergleich zweier Busse mit und ohne Behinderung

Bus 2 (8:04 Uhr, helle Linie) erreicht dabei die Kreisfahrbahn in 50m Entfernung deutlich schneller und mit einer gleichmäßigeren Fahrt als der durch MIV-Fahrzeuge beeinträchtigte Bus um 7:35 Uhr.

Die hier entstandene Behinderung hätte durch eine Kaphaltestelle mit Überholverbot vermieden werden können. Entstanden wären dann jedoch Wartezeiten für vier MIV-Fahrzeuge von erheblicher Dauer sowie ein verlängerter Rückstau hinter dem Linienbus.

**Wartezeit in erster Position**

Die Wartezeit in erster Position ist die Zeit, die ein einfahrendes Fahrzeugs im untergeordneten Strom der Zufahrt auf eine ausreichend große Zeit- bzw. Weglücke im vorfahrtberechtigten Hauptstrom auf der Kreisfahrbahn warten muss. Sie wird gemessen vom Stillstand des Fahrzeuges bis zur Einfahrt in die Kreisfahrbahn. Diese Wartezeit ist abhängig von der Verkehrsstärke der Kreisfahrbahn und der Einschätzung des jeweiligen Fahrzeugführers.



Abbildung 89: Bus wartet in 1. Position

Während dieser Wartezeit werden die Anzahl der Fahrzeuge im Hauptstrom sowie die Abstände dieser Fahrzeuge ermittelt. Fahrzeugführer der ausgewerteten Busse und Lkw mussten in über 80% aller Fahrten in einstreifigen Zufahrten kein Fahrzeug auf der Kreisfahrbahn passieren lassen, d.h. sie konnten die erste Lücke im übergeordneten Hauptstrom nutzen. Somit entstanden für mehr als 3/4 aller zufahrenden Busse und Lkw an einstreifigen Kreisverkehrszufahrten keine Wartezeiten in erster Position.

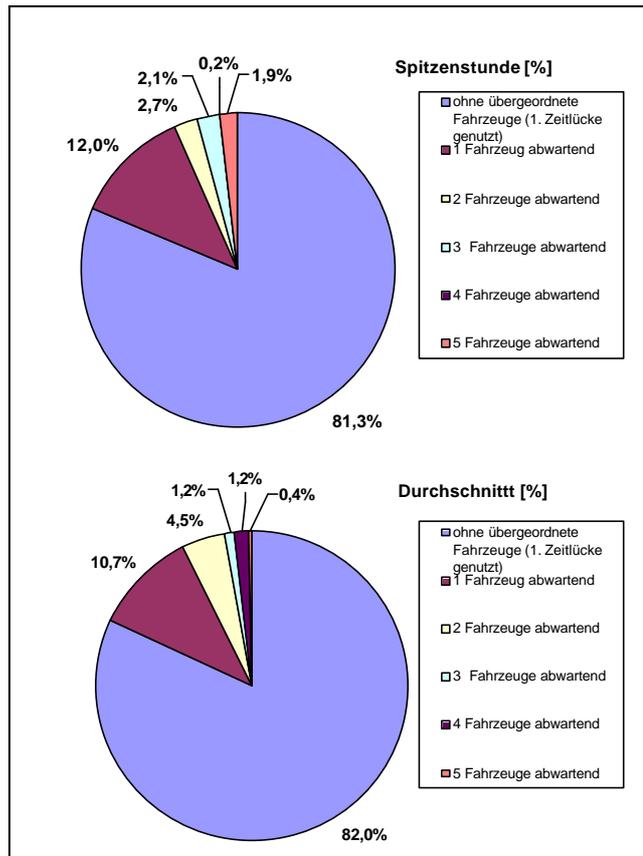


Abbildung 90: Zur Einfahrt genutzte Zeitlücke an einer einstreifigen Zufahrt: oben: jeweilige Spitzenstunde unten: Durchschnitt aller Stunden

Die Anzahl übergeordneter Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn, die ein einfahrendes Fahrzeug passieren lassen muss, differiert im Durchschnitt aller ausgewerteten Kreisverkehre kaum zwischen der Spitzenstunde und dem Durchschnitt aller Stunden. Allerdings zeigen sich in der Auswertung der sieben einzelnen einstreifigen Kreisverkehre mit einstreifigen Zufahrten Unterschiede zwischen Spitzenstunde und Durchschnitt:

Während an zwei Zufahrten in der Spitzenstunde weniger bevorrechtigte Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn fahren, ist an den anderen 5 Zufahrten das Gegenteil feststellbar: Während der Spitzenstunde mussten einfahrende Fahrzeuge mehr ü-

bergeordnete Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn passieren lassen als im Durchschnitt aller Stunden.

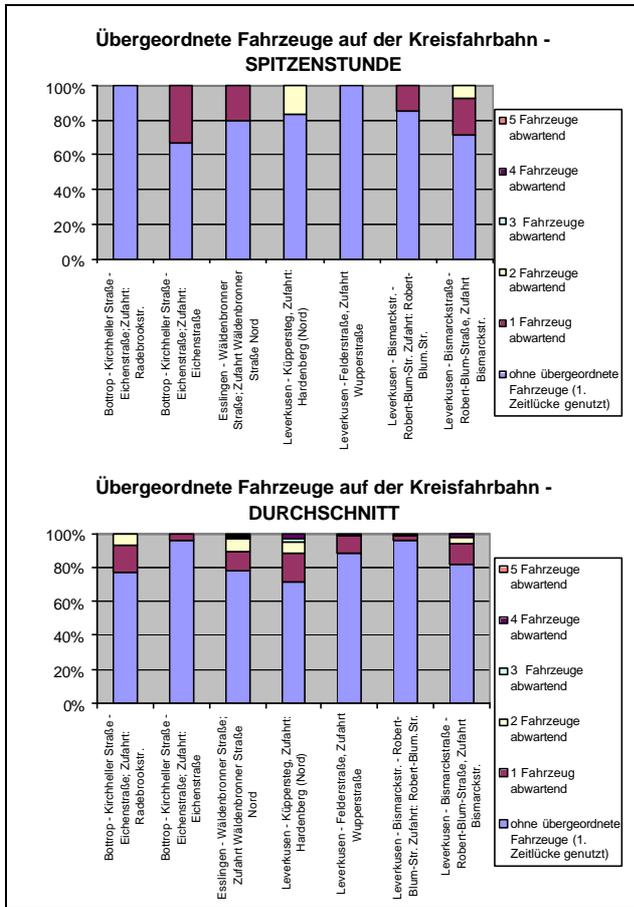


Abbildung 91: Anzahl der passierenden Fahrzeuge vor Einfahrt in die Kreisfahrbahn oben: jeweilige Spitzenstunde unten: Durchschnitt aller Nicht-Spitzenstunden (einstreifige Zufahrten)

Eine Abhängigkeit der genutzten Zeitlücken von der Verkehrsstärke in der übergeordneten Kreisfahrbahn zeigen folgende Abbildungen:

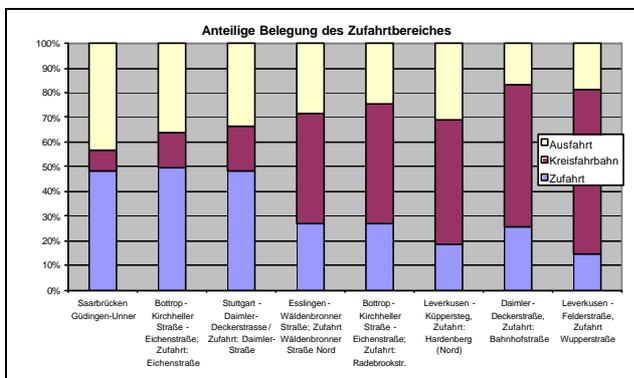


Abbildung 92: Prozentuale Verteilung der Fahrzeuge im Zufahrtbereich, nach Kreisverkehrsanteil

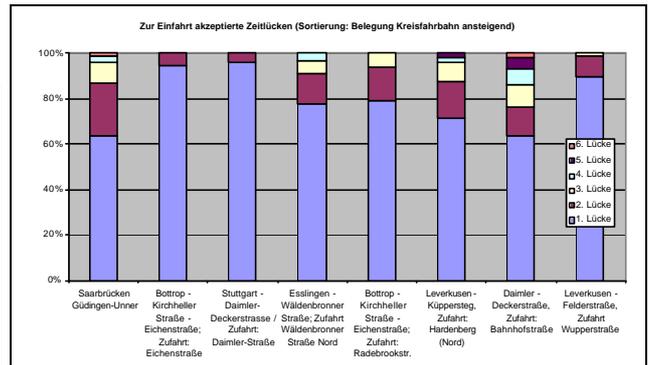


Abbildung 93: Zur Einfahrt genutzte Zeitlücken; nach Zufahrt

Bei steigender Belegung der Kreisfahrbahn (prozentualer Anteil im Kreis fahrender Fahrzeuge an allen Fahrzeugen im Zufahrtbereich, Abbildung 92, mittlerer Bereich) bleiben zunehmend mehr Lücken im Hauptstrom ungenutzt, siehe Abbildung 93 (Ausnahme Leverkusen- Felderstraße: sehr geringe Verkehrsstärke im gesamten Zufahrtbereich).

### 6.1.1.2 Fahrkomfortverluste

Der Fahrkomfort für Fahrgäste im Linienbus hängt bei der Fahrt über den Kreisverkehr von verschiedenen Faktoren ab:

- Geschwindigkeit bei der Einfahrt,
- Geschwindigkeit auf der Kreisfahrbahn,
- Kontinuität der Fahrt in Zufahrt und Kreisfahrbahn,
- Ablenkung der Fahrt von der Geradeausfahrt,
- Anzahl der Fahrtrichtungswechsel.

Zur Auswertung der Einflüsse dieser Faktoren auf den Fahrkomfort wurden Busse in den Zufahrten zu Kreisverkehren dokumentiert und analysiert.

Die Videoaufnahmen wurden unter Verwendung des VideoVerkehrsAnalyseProgramms ViVAtraffic® ausgewertet und anschließend per Standardsoftware weiterverarbeitet. Folgende Abbildung zeigt schematisch die Erfassung eines Linienfahrzeuges in der Zufahrt zu einem Kreisverkehr.

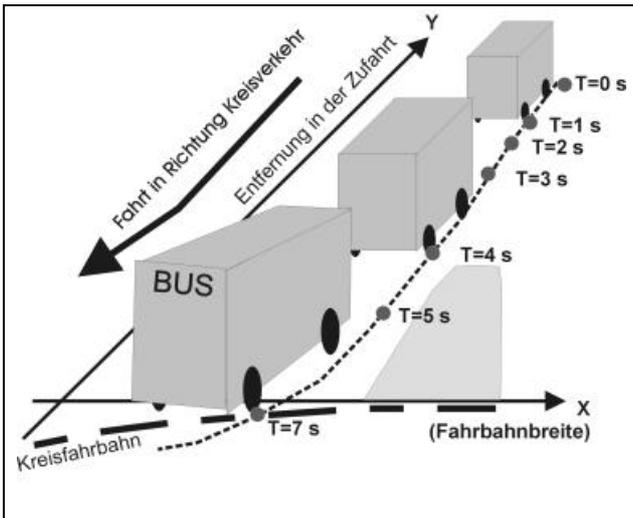


Abbildung 94: Analyse eines Busses in der Zufahrt

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch ausgewertete Zufahrten von Linienfahrzeugen zur Kreisfahrbahn. Deutlich wird, dass an dieser sehr breiten Zufahrt eine große seitliche Streuung der einzelnen Linienfahrten in der Zufahrt auftritt. Je geradliniger eine Fahrt jedoch ist, um so größer ist der Fahrkomfort für den Fahrgast.

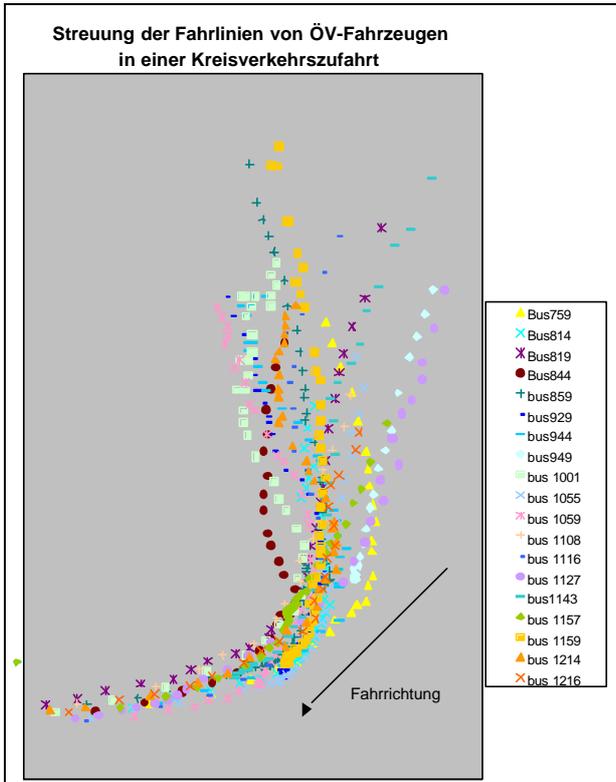


Abbildung 95: Unterschiedliche Anfahrten zum Kreisverkehr

Die Anfahrten zum Kreisverkehr unterscheiden sich erheblich. Sowohl die Geschwindigkeit als auch die Aufstellung des Fahrzeuges auf der Fahrbahn differieren bei den einzelnen Fahrten.

Die Auswertung der einzelnen Fahrlinien ermöglicht die Erfassung der unterschiedlichen Fahrzei-

ten und Fahrtverläufe. Abbildung 96 zeigt exemplarisch die verkehrsbedingten Schwankung der Fahrzeiten von 49 Bussen in einer Zufahrt.

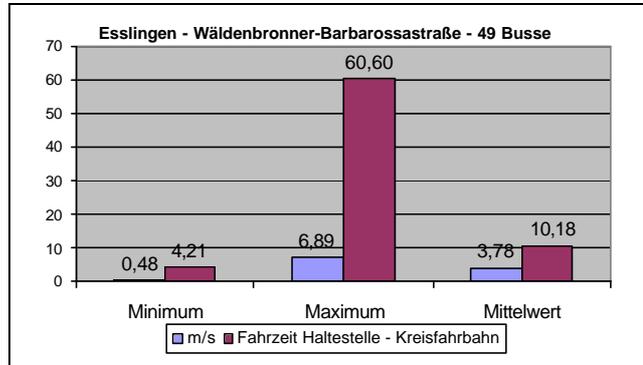


Abbildung 96: Unterschiedliche Fahrten in einer Zufahrt

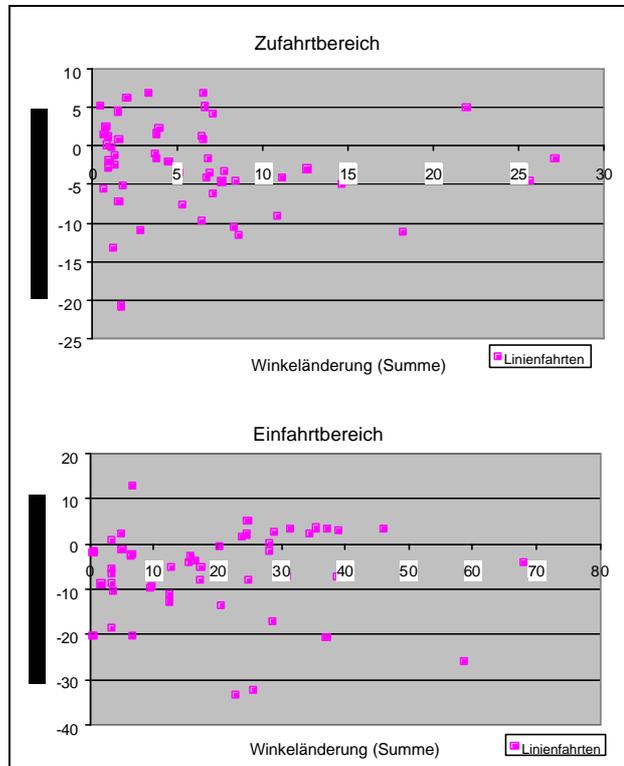


Abbildung 97: Vergleich von ÖV-Fahrten in der Zufahrt - Zufahrtbereich (oben) - Einfahrtbereich (unten)

Die Abbildungen zeigen, dass durch den sehr breiten Zufahrtbereich in dieser Zufahrt Fahrten mit großen absoluten Winkeländerungen aufgetreten sind. Damit ist eine erhöhte Quer-Beschleunigung (Summe der Quer-Beschleunigungen im Streckenabschnitt) des Fahrzeuges verbunden, wodurch Fahrkomfortverluste auftreten. Bei den sehr engen Zufahrten in Bottrop (3m) traten weniger Streuungen auf, wodurch die Fahrt gleichmäßiger und komfortabler war.

### 6.1.2 Getrennte IV- und ÖV-Zufahrten

An den Kreisverkehren in Wolfen sind ÖV-Spuren bis zur Kreisfahrbahn vorgezogen. Linienfahrzeuge werden bei der Zufahrt zum Kreisverkehr nicht durch MIV-Fahrzeuge beeinträchtigt.



Abbildung 98: Getrennte ÖV-IV-Zufahrten in Wolfen

Dadurch konnten in den relativ stark befahrenen Zufahrten nachweisbar Wartezeitvorteile des ÖV gegenüber dem MIV realisiert werden. Die Wirksamkeit dieser Beschleunigungsmaßnahme zeigte eine große Abhängigkeit von der Belastung der Zufahrt. Die Belastung der Kreisfahrbahn erwies sich als weniger relevant.

Zufahrt	Verkehrsstärke		vom Bus auf	Ø - War-
	Zufahrt	Kreisfahrbahn		
Thälmannstraße-Oppenheimer Straße Ost	2403	847	0	0
Thälmannstraße-Oppenheimer Straße West	2694	1102	6	2
Krondorfer Straße Zufahrt: Verbindungsstraße (9 – 14 Uhr)	3626	855	28	10,8

ÖV – Spur führt vom Kreisverkehr weg	Verkehrsstärke		ÖV-Fahrten mit Beeinträchtigende	Ø - Wartezeit je Linien-
	Zufahrt	Kreisfahrbahn		
Krondorfer Straße Zufahrt: Verbindungsstraße (14 – 19 Uhr)	2562	591	11 von 20	21

Tabelle 31: Linienlauf an separaten ÖV-Spuren

Separate Fahrstreifen in den Zufahrten können Wartezeitreduzierungen ermöglichen, wenn sie sinnvoll eingesetzt werden. Die parallele Führung führte allerdings in 10% der Linienfahrten zu gegenseitigen Behinderungen oder Irritationen zwischen Bus- und Pkw-Fahrern. Behinderungen ergaben sich dann, wenn der Pkw in erster Position auf die Einfahrt in die Kreisfahrbahn wartete, während sich der Bus auf der ÖV-Spur am Pkw, in dessen „Totem Winkel“, vorbeischoob. Bereits der zweite Pkw in der Zufahrt konnte den Bus sehen und gewährte dem Bus überwiegend Vorrang. Die Ursache ist offensichtlich das zu nahe Aufstellen der MIV-Fahrzeuge am Kreisverkehr und die Konzentration der Pkw-Fahrer auf den übergeordneten, von links kommenden Verkehr. Abhilfe könnte eine zurückversetzte Haltlinie ermöglichen.

<sup>56</sup> In den Nachmittagsstunden wird die Busspur am Kreisverkehr Wolfen – Krondorfer Straße vom Kreisverkehr weg befahren. Dadurch können Linienbusse in Richtung Kreisverkehr die ÖV-Spur nicht nutzen und werden bei der gemeinsamen Zufahrt mit IV-Fahrzeugen durch diese beeinträchtigt.

### 6.1.3 Kreisfahrbahn

Die Befahrung der Kreisfahrbahn erfolgt fahrgesammetrisch bedingt mit geringerer Geschwindigkeit als auf einer geraden Strecke.

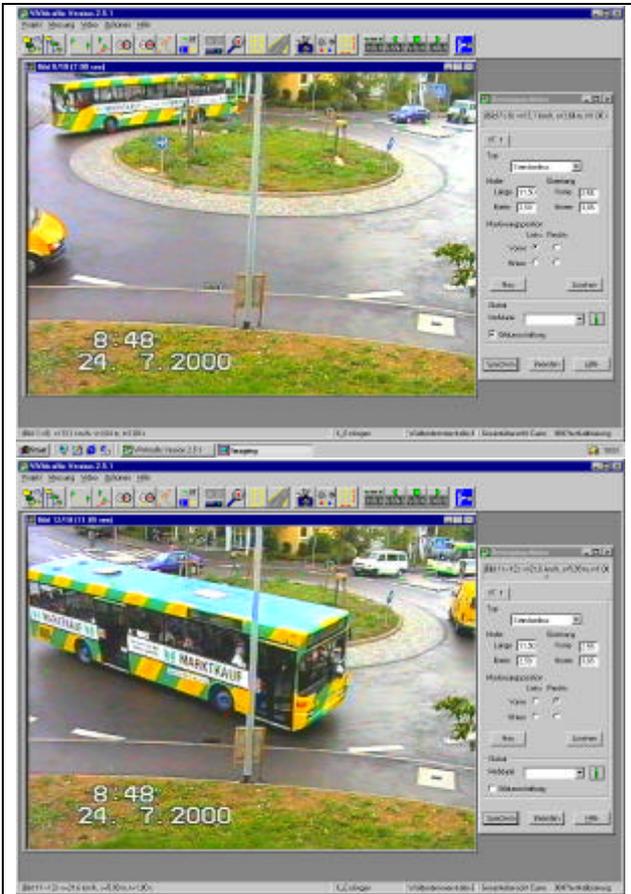


Abbildung 99: Detektion einer ÖV-Fahrt (Esslingen)

Bei der Auswertung der Fahrt auf der Kreisfahrbahn wurden die Geschwindigkeiten im Kreis, Richtungsänderungen und Beschleunigungen erfasst.

Gleichmäßige Fahrten mit wenig Lenkkorrekturen konnten beobachtet werden, wenn der Fahrzeugführer die Ausfahrt, z.B. beim Rechtsabbiegen, direkt einsehen konnte. Auch auf Teilabschnitten der Kreisfahrbahn, die der Fahrer bei der Einfahrt in den Kreis bereits erfassen konnte, war die Fahrt gleichmäßiger als auf den folgenden Teilabschnitten, die erst während der Kreisfahrt in den Blick des Fahrers gelangten.

Die ausgewerteten Kreisverkehre waren von Linienfahrzeugen, i. A. auch nach Mitteilungen der ÖV-Unternehmen, problemlos befahrbar (kleinster Durchmesser: 28m). Eingesetzt wurden sowohl Standard- als auch Gelenkbusse. 15m-Busse konnten nicht ausgewertet werden. Nach Erfahrungen der Hersteller und Betreiber ist bei deren Einsatz an Kreisverkehren eine vom Fahrzeugheck überschwenkbare Mittelinsel vorteilhaft.

### 6.2 Kreisverkehre mit Straßenbahnen

Bei der Führung von Straßenbahnen über Kreisverkehre wird eine Sicherung durch Lichtsignalanlagen empfohlen. Durch diese Sicherung ergeben sich für andere Verkehrsteilnehmer Wartezeiten. Die Wartezeiten in Relation zur Sperrzeit sowie in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke bietet Ansätze für Aussagen zur Entwicklung von Wartezeiten an lichtsignalgeregelten Kreisverkehren bei Priorisierungen für querende Linienfahrzeuge.



Abbildung 100: Haltender Bus vor Zweifeld-LSA im Kreisverkehr sperrt Ausfahrt

Nach Unfallauswertung erscheint die teilsignalisierte Führung von ÖV-Fahrzeugen als eine relativ sichere Führung an Kreisverkehren. An den untersuchten Kreisverkehren in Stuttgart wurden 1996 zusätzliche Signalgeber in Augenhöhe des Kfz-Verkehrs (Unterkante des Signalgebers ca: 1,20 m über der Fahrbahn) installiert. Dies hat sich positiv auf die Entwicklung der Unfallzahlen ausgewirkt:

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Unfälle mit Strab	4	0	1	1	1	1	3

Tabelle 32: Unfallrückgang durch zusätzliche Sicherung der Strab-Überfahrt (seit 1996)

Dabei hat sich gezeigt, dass die Signalisierung der Kreisfahrbahn bei querenden ÖV-Fahrzeugen durchaus ausreicht und bei ausreichend breiten Fahrbahnen durch Vorbeifahrt an wartenden Fahrzeugen eine Aufrechterhaltung einiger Fahrbeziehungen zulässt. Vollständige Sperrungen aller Zufahrten sind nicht erforderlich. Dies lässt den Schluss zu, dass eine „schlafende LSA“ auch für Linienbusverkehr geeignet ist. Somit könnten Linienbusse auf einstreifigen Zufahrten beschleunigt oder Linienbusse in Mittellage über die Kreisinsel (Abbildung 73) geführt werden. Dabei können weitere Fahrbeziehungen aufrecht erhalten bleiben, wenn die Kreisfahrbahn ausreichend breit ist.

## 7 Simulation des ÖPNV-Verkehrsablaufes an Kreisverkehren

### 7.1 Grundlagen und Einsatzfeld

Wirkungen von geplanten Maßnahmen können häufig nicht in der Realität erprobt werden. Daher werden für nicht umgesetzte Konzepte Simulationen eingesetzt, die den realen Verkehrsablauf darstellen sollen. Simulationen dienen in erster Linie zur Feststellung der relativen Veränderung der Qualität des Verkehrsablaufes zwischen dem Planungsnullfall und den simulierten Alternativen. Eine direkte Übertragbarkeit der Simulationsergebnisse auf reale Verhältnisse ist stets nur unter Vorbehalt möglich.

Simulationen können sehr viele unterschiedliche Maßnahmen und Parameter enthalten, die variiert werden können und zu unübersichtlich vielen ähnlichen Ergebnissen führen. Durch Beschränkung auf einige wesentliche Fälle werden vergleichbare Grundlagen geschaffen, die anschließend auf andere Lösungen übertragen werden können.

Simulationen von ÖV-Beschleunigungskonzepten für Busse an Kreisverkehren ermöglichen Aussagen über den Einfluss der Maßnahmen auf Halte, Wartezeiten oder Staulängen im MIV- und im Linienbusverkehr.

Bei Simulationen ist die Kalibrierung und Eichung des Simulationsprogramms an empirischen Daten bestehender Verkehrsanlagen erforderlich. Zur Simulation verwendet wurde das Programm VIS-SIM 3<sup>®</sup> der PTV-AG.

### 7.2 Eingangsdaten

Grundlage der Simulation ist ein Kreisverkehr gemäß Merkblatt zur Anlage von kleinen Kreisverkehren [FGSV, 1998]. Die geometrischen Daten wurden nach dem Merkblatt und der Analyse der empirisch untersuchten Kreisverkehre gewählt.

Kreisverkehr (in Anlehnung an FGSV, 1998)		
Innendurchmesser	[m]	17,5
Außendurchmesser	[m]	31
Fahrbahnbreite (Kreis)	[m]	6,75
Anzahl der Zufahrten	[-]	4
Knotenpunktzufahrt		
Fahstreifenbreite (Zufahrt)	[m]	3,25
Fahstreifenbreite (Ausfahrt)	[m]	3,50

Tabelle 33: Geometrische Daten des Kreisverkehrs in der Simulation

Simulationen können zur Nachbildung sehr vielfältiger Situationen dienen. Je detaillierter eine Simulation aufgebaut ist, desto genauer können Ergebnisse erzielt werden, die der Realität entsprechen. Allerdings sinkt mit zunehmender Detailliertheit die Allgemeingültigkeit und Übertragbarkeit der Aussagen. Daher müssen bei Simulationen Vereinfachungen gemacht werden, die ausreichend genaue Ergebnisse ermöglichen, ohne die Übertragbarkeit der Werte zu gefährden.

Für die Simulation wurden folgende Charakteristika zugrunde gelegt:

- Alle Zufahrten sind bezüglich der Fahrbahnbreiten, der Einfahrt- und Ausfahrtradien sowie der Fußgängerquerung gleich. Alle 4 Zufahrten besitzen eine Fußgängerfurt, keine Fußgängerüberwege. Die Verkehrsbelastungen sind für alle Zufahrten identisch, mit Ausnahme der Linienverkehre.
- Zusätzlich zum Kreisverkehr erfolgt die Simulation von 450m langen Streckenabschnitten vor und nach dem Kreisverkehr. Dadurch wird sowohl ein möglicher Rückstau vor dem Kreisverkehr als auch die Entzerrung der Fahrzeugpuls nach dem Kreisverkehr berücksichtigt.
- Der Linienverlauf in der Simulation führt in die gegenüberliegende Ausfahrt. Diese Linienführung in die gegenüberliegende Ausfahrt besteht an 53% der kleinen Kreisverkehre (Tabelle 4):

Öffentlicher Personen-Nahverkehr		
Zufahrten mit Linienverkehr	[-]	2
Linienrichtung	[-]	1: West-Ost 2: Ost-West
Taktzeit (Linienverkehr)	[min]	5

Tabelle 34: ÖPNV-Parameter in Simulation

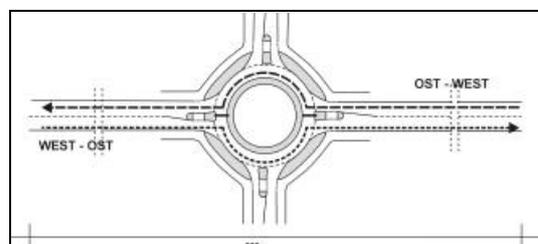


Abbildung 101: Linienverlauf in Ost-West bzw. West-Ost - Richtung.

Die Linienfahrzeuge verkehren im 5-Minuten-Takt. Der 5-Minuten-Takt stellt die geringste allgemein übliche Frequenz auf einer Linienstrecke dar. Dieser Takt ergibt sich i.A. nur durch Überlagerung mehrerer Linienläufe. Die Auswirkungen durch diese dichte Taktfolge verursachen die ungünstigsten Auswirkungen

für MIV-Verkehrsteilnehmer. Bei geringerer Taktfolge sinken die Beeinträchtigungen für MIV- und ggf. ÖV-Fahrzeuge.

- Die Eichung der Simulation erfolgte am Planungsnullfall anhand empirisch ermittelter Daten aus Kreisverkehren in Saarbrücken, Bottrop und Leverkusen, da diese dem simulierten Kreisverkehr am ähnlichsten waren. Eichungen wurden z.B. über die Geschwindigkeiten in Zufahrten und auf der Kreisfahrbahn sowie über die Akzeptanz von Zeitlücken im Hauptstrom vorgenommen.
- Es wurden verschiedene Alternativen mit geänderten Beschleunigungsansätzen bzw. baulichen Änderungen simuliert.

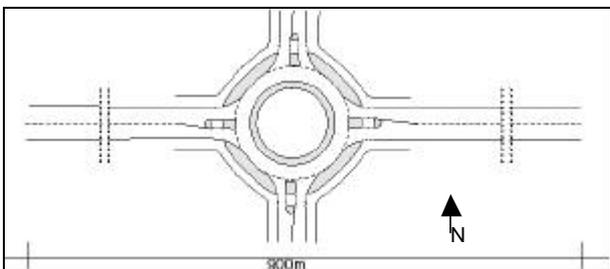


Abbildung 102: Planungsnullfall - Kreisverkehr ohne Priorisierungsmaßnahmen

Simulationen für den Planungsnullfall und die Alternativen mit Beschleunigungselementen beinhalten jeweils sieben Durchläufe mit geänderten Startbedingungen.

### 7.3 Verkehrszusammensetzung

Die Verkehrszusammensetzung innerhalb der Simulation basiert auf Auswertungen der empirisch ermittelten Daten:

- Die Belastung des Kreisverkehrs wurde stufenweise geändert: 300 - 400 - 500 - 600 Kfz je Stunde und Zufahrt. Daraus ergibt sich eine stündliche Gesamtbelastung von 1200 - 1600 - 2000 - 2400 KFZ über alle Zufahrten.
- Verteilung der Fahrtrichtungen der simulierten Einzelfahrzeuge (Pkw und Lkw):
  - 1/3 Rechtsabbieger,
  - 1/3 geradeaus,
  - 1/3 Linksabbieger.
- Die simulierte stündliche Verkehrsstärke basiert auf einem LKW-Anteil von 5%. In den Zufahrten mit Linienverkehr wird der Schwerverkehrsanteil um 12 Busse je Stunde erhöht.

Fahrzeugtyp	Anteil	Wunschgeschwindigkeit
Pkw	95%	45 – 50 km/h
Lkw	5%	45 – 50 km/h
Zusätzlich: Linienbusse	5 min-Takt	45 – 50 km/h

Tabelle 35: Verkehrsanteile in Simulation

- Fußgänger werden mit 50 Einheiten je Stunde und Knotenpunktarm angesetzt. Dabei wird angenommen, dass Fußgänger auf einer Furt geführt werden und von ausfahrenden Fahrzeugen als bevorzugt angesehen werden, sofern keine Lichtsignalregelung aktiv ist.

Durch die stufenweise Belastung können während eines Simulationslaufes Daten für verschiedene Spitzenstundenzustände und Schwachverkehrszeiten gewonnen werden. Der Systemausgleich innerhalb der Durchläufe sichert dabei gleiche Eingangsvoraussetzungen für die Simulationsschritte und die Berücksichtigung der eingefahrenen Fahrzeuge im Nachlauf. Systemtechnisch werden so mögliche Störeinflüsse durch nicht erzeugte Fahrzeuge in vorherigen Simulationsstufen verhindert. Eine kontinuierliche Zunahme der Verkehrsstärke, wie in der Realität zu beobachten, ist in diesem Simulationsverfahren nicht möglich, da die Ergebnisse durch systemtechnisch nicht erzeugte Fahrzeuge verfälscht würden.

Startzeit [s]	Endzeit [s]	Dauer [min]	Simulationsschritt
1	600	10	Initialisierung des Systems
601	4200	60	1200 Kfz/h
4201	4800	10	Systemausgleich
4801	8400	60	1600 Kfz/h
8401	9000	10	Systemausgleich
9001	12600	60	2000 Kfz/h
12601	13200	10	Systemausgleich
13201	16800	60	2400 Kfz/h
16801	17400	10	Systemausgleich / Nachlauf

Tabelle 36: Verkehrsstärke während der Simulation

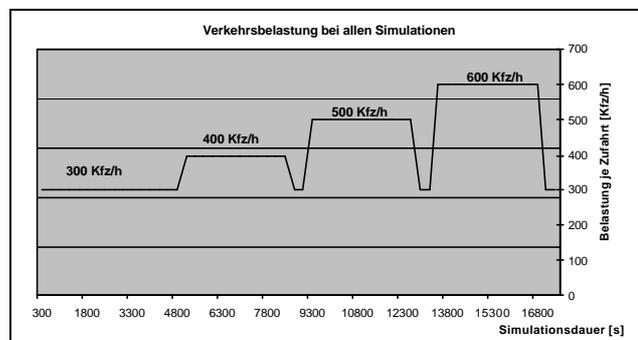


Abbildung 103 : Verkehrsstärke während der Simulation

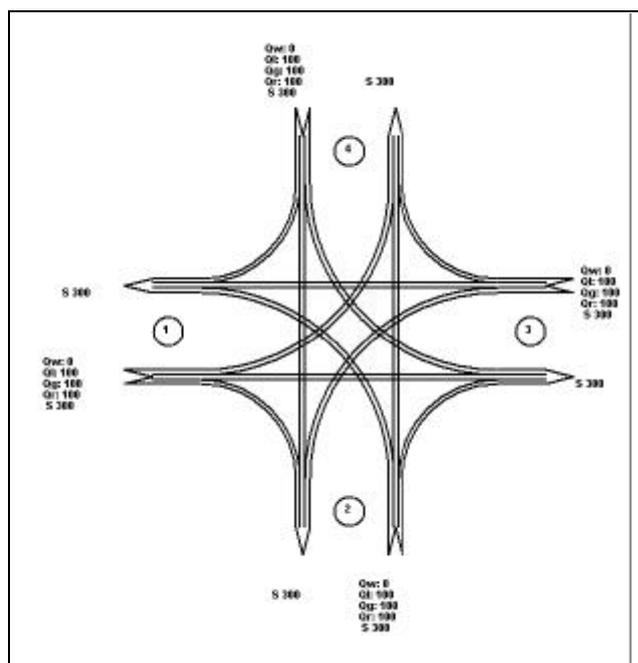


Abbildung 104: Verteilung der Verkehrsströme in der Simulation (Beispiel: 300 Kfz/h und Zufahrt, gleichverteilt in alle Richtungen)

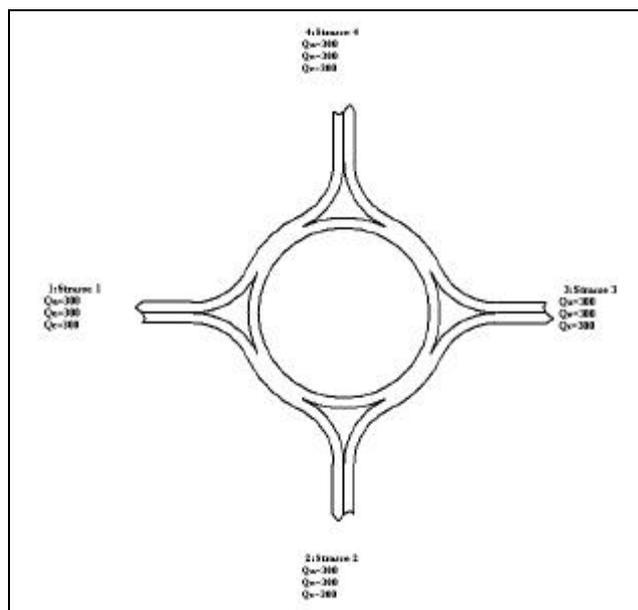


Abbildung 105: Verteilung der Verkehrsströme als Kreisverkehr

## 7.4 Simulierte Alternativen

Die gewählten Simulationalternativen sollen die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Beschleunigungskonzepte auf Grundlage der Verlustzeit, Anzahl der Halte und der Staulängen ermitteln.

Simuliert wurden Beschleunigungen in Zufahrt und Einfahrtbereich von Kreisverkehren (Alternativen 1 bis 3) sowie Auswirkungen durch geänderte Haltestellenformen in Zufahrten (Alternativen 4 bis 7).

### Alternative 0 – Nullfall –

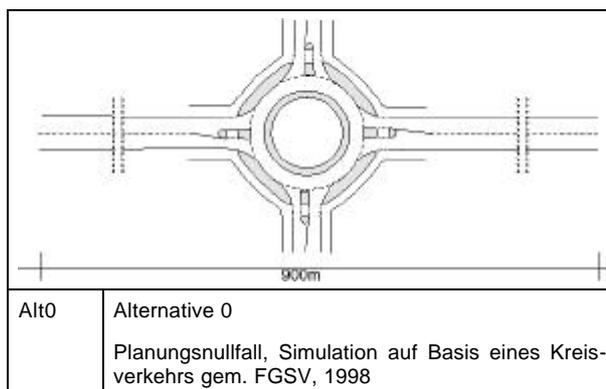


Abbildung 106: Alternative 0 (Planungsnullfall) - Kreisverkehr ohne Priorisierungen

Die Alternative 0 -Nullfall- dient der Kalibrierung. Zur Kalibrierung wurden Berechnungen der Leistungsfähigkeit nach dem Merkblatt für kleine Kreisverkehre<sup>57</sup> für die simulierten Belastungsstufen durchgeführt und die Simulationsparameter den Verlustzeiten und Rückstauwerten entsprechend modifiziert.

Im Planungsnullfall sind alle Einstellungen und Messquerschnitte sowie Geschwindigkeiten, Langsamfahrbereiche und Beschleunigungswerte implementiert. In den Alternativen 1 bis 7 wurden diese Grundeinstellungen beibehalten und lediglich die Priorisierungsmaßnahmen als Änderungen eingeführt.

### Alternativen 1 bis 3

Die Alternativen 1 bis 3 simulieren ÖV-Spuren als Beschleunigungsmaßnahmen in den Zufahrten und teilweise bei der Einfahrt der ÖV-Fahrzeuge in die Kreisfahrbahn. In den Simulation 1-3 wurden Haltestellenaufenthalte nicht berücksichtigt, da sie keine Auswirkungen auf die Verlustzeiten der Busse oder anderer Verkehrsströme haben.

<sup>57</sup> FGSV, 1998

### Alternative 1

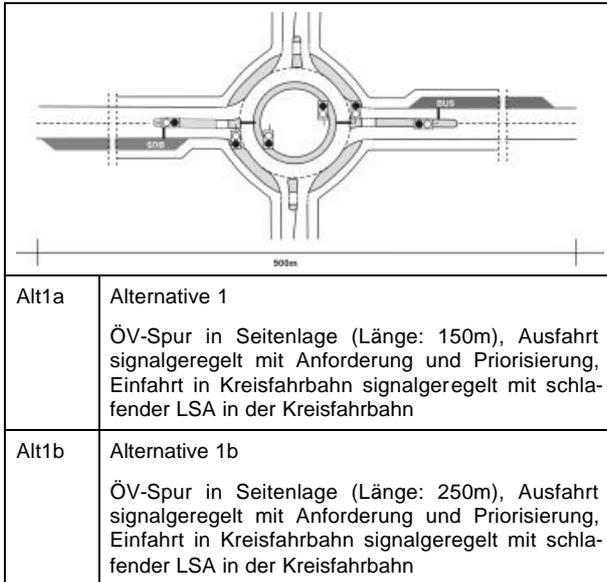


Abbildung 107: Alternative 1 - ÖV-Spur, mit LSA-Priorisierungen

### Maßnahmen

Die Alternative 1 stellt die Maximalvariante dar. Sie vereint alle Ansätze zur Beschleunigung eines Busses in der Zufahrt zu einem Kreisverkehr, einschließlich der Priorisierung bei der Einfahrt in den Kreisverkehr. Folgende Maßnahmen zur Beschleunigung werden dabei angewandt:

- ÖV-Spur in Seitenlage,
- LSA-geregelte priorisierte Ausfahrt aus ÖV-Spur und
- Priorisierung der Linienfahrzeuge bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn
- LSA-gesicherte Fußgängerfurt (in Abbildung 107 nicht dargestellt)

Die Simulation 1 gliedert sich in die Simulationen 1a und 1b. Bei den Varianten variiert die Länge der ÖV-Spur:

- 1a: ÖV-Spur: 150m lang
- 1b: ÖV-Spur: 250m lang.

Durch die ÖV-Spur in Seitenlage ist eine beschleunigte Fahrt für den ÖPNV in der Zufahrt möglich. Die Länge des Sonderfahrstreifens in Simulation 1a entspricht der Rückstaulänge, die in 95% aller Fälle bei Erreichen der Leistungsfähigkeit des Kreisverkehrs im Nullfall, ohne Änderungen für den ÖPNV, nach [FGSV, 1998] nicht überschritten wird. Bei Variante 1b entspricht die Länge des Sonderfahrstreifens dem Rückstau, der in 99% aller Fälle im Nullfall nicht überschritten wird. Der Fahrstreifen wird bei beiden Varianten vor der

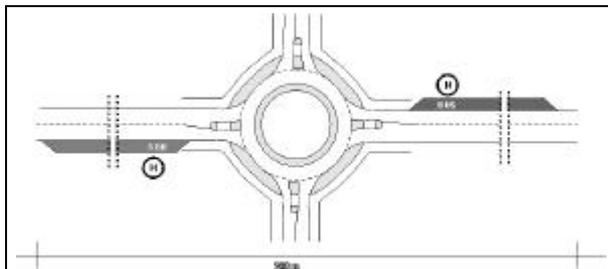
Fußgängerfurt eingezogen, so dass Fußgänger nur einen Fahrstreifen queren müssen.

Durch eine bedarfsgesteuerte Lichtsignalanlage ("Lückenampel" [VDV, 2000]) am Ende der ÖV-Spur kann der Linienverkehr priorisiert ausfahren. Der parallel fahrende MIV wird während der Ausfahrt des ÖV-Fahrzeuges signalgeregelt angehalten. Die Fußgängerfurt wird ebenfalls per LSA gesperrt. Die LSA in der gegenüberliegenden Zufahrt wird nicht angesteuert. Eine Regelung der Fußgängerfurt in der gegenüber liegenden Ausfahrt erfolgt nicht.

Die Anforderung der LSA-Freigabe erfolgt nach Anmeldung des Busses in der ÖV-Spur. Die Anforderung erfolgt zeitlich so, dass der Linienverkehr ohne Halt am Ende des Fahrstreifens eine Ausfahrtfreigabe aus der ÖV-Spur erhält. Der MIV wird vor dem Ende der ÖV-Spur in der Zufahrt durch eine Zweifeld-Lichtsignalanlage (Dunkel-Gelb-Rot) angehalten.

Bei Anmeldung eines Linienbusses wird zusätzlich zur Zufahrtregelung auch die Vorfahrtsituation an der Zufahrt auf die Kreisfahrbahn geändert: Durch eine Zweifeld-Lichtsignalanlage in der Kreisfahrbahn unterhalb der Zufahrt mit Linienverkehr wird der im Allgemeinen bevorrechtigte Verkehr auf der Kreisfahrbahn angehalten. Fahrzeuge, die sich in der Zufahrt befinden, können auf die Kreisfahrbahn einfahren. Der angemeldete Linienbus schließt sich diesen Fahrzeugen an. Während der Freigabezeit für die Fahrzeuge in der Zufahrt und für den Linienbus tritt zusätzlich eine Sicherung der Fußgängerfurt durch eine Lichtsignalanlage in Kraft. Nachdem der Linienbus in die Kreisfahrbahn eingefahren ist, wird die Signalanlage nach Abmeldung des Busses wieder Dunkel geschaltet. Die übliche Verkehrsregelung mit Bevorrechtigung des Verkehrs auf der Kreisfahrbahn tritt in Kraft.

## Alternative 2



Alt2a	<p>Alternative 2a</p> <p>ÖV-Spur in Seitenlage (Länge: 150m) mit Haltestelle am Fahrstreifenende, Ausfahrt mit Bevorrechtigung durch Haltestelle, Einfahrt ohne Priorisierung, keine Lichtsignalanlage vorhanden</p>
Alt2b	<p>Alternative 2b</p> <p>ÖV-Spur in Seitenlage (Länge: 250m) mit Haltestelle am Fahrstreifenende, Ausfahrt mit Bevorrechtigung durch Haltestelle, Einfahrt ohne Priorisierung, keine Lichtsignalanlage vorhanden</p>

Abbildung 108: Alternative 2 – ÖV-Spur, ohne LSA-Priorisierungen, Haltlinie verdeutlicht dem IV die Vorfahrt des ausfahrenden ÖV-Fahrzeuges.

## Maßnahmen

In der Alternative 2 wurde auf sämtliche LSA-geregelten Beschleunigungsmaßnahmen verzichtet. Berücksichtigt wurden folgende Beschleunigungsmaßnahmen:

- ÖV-Spur in Seitenlage und
- Bevorrechtigung für Linienfahrzeuge bei Ausfahrt aus einer Haltestelle gemäß StVO.

Die Simulation 2 gliedert sich analog der Simulation 1 in die Simulationen 2a und 2b:

- 2a: ÖV-Spur: 150m lang
- 2b: ÖV-Spur: 250m lang.

Die Einfahrt in die ÖV-Spur ist für den Linienbus auch bei Rückstau bei mittleren (Alternative 2a) bis hohen Verkehrsstärken (Alternative 2b) in der Zufahrt ohne zusätzliche Verlustzeiten möglich.

Die Ausfahrt aus dem Sonderfahrstreifen erfolgt aus einer Haltestelle. Hier ist dem Linienverkehr gem. §20, Abs. 5 StVO das Ausfahren aus Haltestellen zu ermöglichen. Die Ausfahrt erfolgt somit über eine Vorfahrtregelung, ohne Signaltechnik. Dabei wurden Missachtungen dieser Regelung bei 10% der MIV-Verkehrsteilnehmer berücksichtigt. Der Bus befährt die ÖV-Spur bis zu deren Ende, kurz vor der Fußgängerfurt. Bei Rückstaufreiheit in der Zufahrt fährt der Bus direkt aus dem Sonderfahrstreifen in die Zufahrt ein. Bei Rückstau ordnet sich der Linienverkehr am Ende des Sonderfahrstreifens in den MIV Rückstau ein.

Eine Beschleunigung für Linienfahrzeuge an der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn erfolgt nicht.

Die Haltestelle am Ende der Busspur ist erforderlich, um die Bevorrechtigung des Linienbusses bei der Ausfahrt aus der Busspur nach StVO sicher zu stellen.

Generell sind drei alternative Gestaltungen des Busspurenendes möglich, die alle eine priorisierte Ausfahrt des Linienfahrzeuges ermöglichen:

- Haltestelle am Ende der ÖV-Spur:

nach aktueller StVO ist Linienfahrzeugen bei der Ausfahrt aus einer Haltestelle die Wiedereingliederung in den Verkehrsfluss zu ermöglichen. Eine Haltestellenbedienung wird nicht zwingend gefordert, wird aber i.A. angenommen.

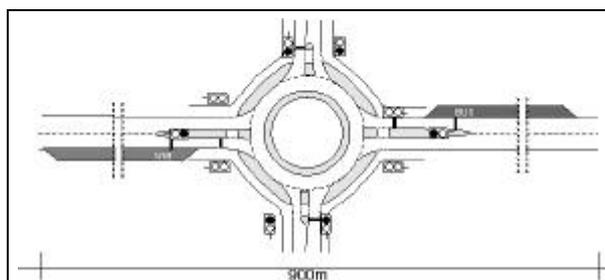
- Änderung der StVO:

wird durch eine StVO Änderung auch aus Busspuren ausfahrenden Linienfahrzeugen generell ein Vorrecht eingeräumt, so könnte auch ohne Haltestellenbedienung der Bus bevorrechtigt aus der Haltestelle ausfahren.

- Fahrstreifenreduktion des parallelen MIV-Fahrstreifens:

Wird statt der ÖV-Spur der MIV-Fahrstreifen eingezogen, können Linienbusse ohne Beeinträchtigungen bis zum Kreis fahren und verlassen die ÖV-Spur ohne Behinderungen durch MIV-Fahrzeuge (Abbildung 59).

## Alternative 3



Alt3a	<p>Alternative 3</p> <p>ÖV-Spur in Seitenlage (Länge: 150m), Ausfahrt signalgeregelt mit Anforderung und Priorisierung, Einfahrt in Kreisfahrbahn signalgeregelt mit schlafender LSA in allen Zufahrten</p>
Alt3b	<p>Alternative 3b</p> <p>ÖV-Spur in Seitenlage (Länge: 250m), Ausfahrt signalgeregelt mit Anforderung und Priorisierung, Einfahrt in Kreisfahrbahn signalgeregelt mit schlafender LSA in allen Zufahrten</p>

Abbildung 109: Alternative 3 - ÖV-Spur, mit LSA-Priorisierung

## Maßnahmen

Folgende Beschleunigungsmaßnahmen wurden implementiert:

- ÖV-Spur,
- signalregelte, priorisierte Ausfahrt aus ÖV-Spur und
- Priorisierung der Linienfahrzeuge bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn durch LSA in allen Zufahrten.

In der Alternative 3 sind Lichtsignalanlagen in allen Zufahrten installiert. Die Anforderung einer Freigabe durch ein Linienfahrzeug erfolgt in der ÖV-Spur, analog zu Alternative 1.

Die Simulation 3 gliedert sich in die Simulationen 3a und 3b. Es variiert die Länge der ÖV-Spur:

- 3a: ÖV-Spur: 150m lang
- 3b: ÖV-Spur: 250m lang

In Alternative 3 werden bei Anmeldung des Linienbusses an der Lichtsignalanlage zwei Priorisierungen eingeleitet:

- In der Zufahrt mit Linienverkehr werden MIV-Fahrzeuge vor dem Ende der ÖV-Spur durch eine bedarfsgesteuerte Lichtsignalanlage angehalten. Fußgänger erhalten ebenfalls ein Sperrsignal.
- In den drei anderen Zufahrten werden Fahrzeuge vor Einfahrt in die Kreisfahrbahn mittels bedarfsgesteuerter Lichtsignalanlage angehalten.

In der Kreisfahrbahn befindliche Fahrzeuge können die Kreisfahrbahn verlassen, bevor der Bus in die Kreisfahrbahn einfährt. Der Bus befindet sich dann als bevorrechtigtes Fahrzeug auf der Kreisfahrbahn. Im Kreisverkehr meldet sich der Bus wieder ab und alle Lichtsignalanlagen schalten wieder auf Dunkel. Die normale Vorfahrtregelung am Kreisverkehr tritt in Kraft.

## Alternativen 4 bis 7

Die Alternativen 4 bis 7 simulieren Verkehrsabläufe in Zufahrten und Kreisverkehren mit Änderungen bei den Haltestellen in den Zufahrten.

## Maßnahmen

- Haltestellen in der Linienzufahrt mit wechselnden Lagen und Gestalten:
  - Busbucht,
  - Buskap,

Entfernung zum Kreisverkehr jeweils 30m bzw. 150m.

Dabei werden die Auswirkungen der Haltestellenform Busbucht und Buskap auf den Verkehrsablauf am Kreisverkehr und in den Zufahrten beobachtet. Innerhalb der Simulationszeit ist eine feste Haltestellenaufenthaltsdauer von 20s eingerechnet. Bei den Auswertungen von Verlustzeit und Anzahl der Halte wird der Haltestellenaufenthalt nicht berücksichtigt. Somit bleibt die Vergleichbarkeit mit der Nullvariante, die ebenfalls keinen Haltestellenaufenthalt enthält, erhalten.

An Buskaps können zum Fahrgastwechsel haltende Linienfahrzeuge nicht überholt werden. Während der Fahrgastwechselzeit können sich vor dem Bus befindende Fahrzeuge in den Kreisverkehr einfahren. Dadurch wird sich die Verlustzeit für den Bus bei Erreichen des Rückstaus in der Zufahrt reduzieren. Im Idealfall beeinträchtigen keine weiteren Fahrzeuge den Bus in der Zufahrt. Entscheidend für die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist die Entfernung des Haltestellenkaps zum Kreisverkehr sowie die Verkehrsbelastung in der Zufahrt. Dabei kann die Haltestellenlage im Gegensatz zu anderen Anforderungen an Haltestellen (z.B. kurze Wegebeziehungen für Umsteiger) stehen.

## Alternative 4

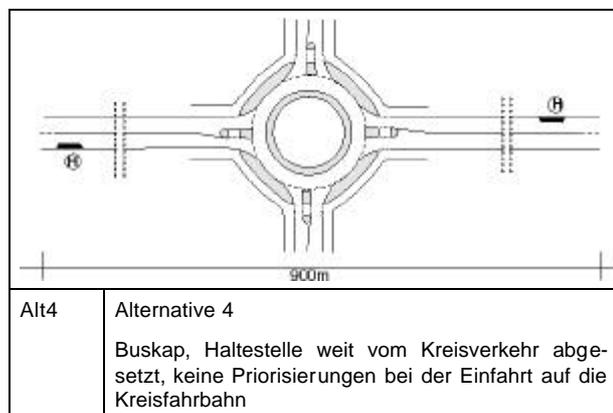


Abbildung 110: Alternative 4 - Kaphaltestelle vom Kreisverkehr entfernt

Die Alternative 4 simuliert den Verkehrsablauf an Kreisverkehren, in deren Zufahrt eine Haltestelle als Buskap ausgebildet ist. In Alternative 4 liegt das Kap so weit zurück, dass bei Rückstau in der Zufahrt in 95% der Fälle ein Anfahren der Haltestelle ohne vorherige Verlustzeiten möglich ist.

### Alternative 5

Die Alternative 5 simuliert den Verkehrsablauf an Kreisverkehren, in deren Zufahrt eine Haltestelle als Busbucht ausgebildet ist.

Bei der Simulation befindet sich an gleicher Stelle wie bei Simulation 4 statt des Kaps eine Haltestelle in Buchtform. Erwartet wird, dass sich Beeinträchtigungen für den MIV reduzieren sich jedoch für den Bus keine Beschleunigungen ergeben.

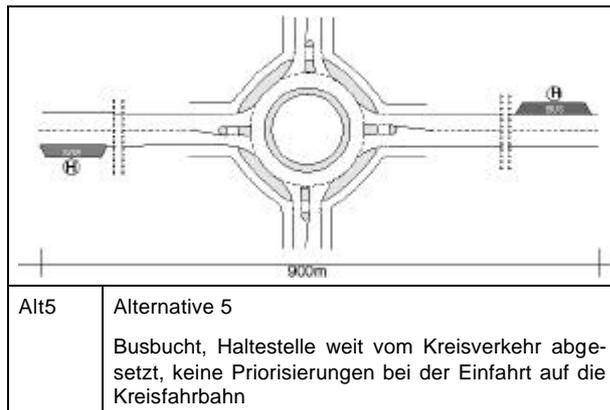


Abbildung 111: Alternative 5 - Buchthaltestelle vom Kreisverkehr entfernt

### Alternative 6

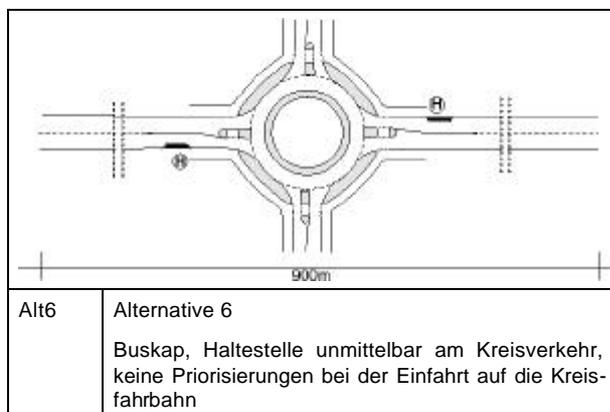


Abbildung 112: Alternative 6 -Kaphaltestelle nah am Kreisverkehr

Bei der Alternative 6 ist ähnlich der Alternative 4 eine Haltestelle in der Zufahrt als Buskap ausgebildet. Allerdings liegt diese Haltestelle unmittelbar vor der Fußgängerfurt in der Zufahrt am Kreisverkehr. Die Linienfahrzeuge werden in der Zufahrt wie MIV-Fahrzeuge geführt, während des Fahrgastwechsels können vor dem Bus befindliche Fahrzeuge in die Kreisfahrbahn einfahren.

### Alternative 7

Bei Alternative 7 ist unmittelbar vor der Fußgängerfurt, also an gleicher Stelle wie bei Alternative 6, eine Busbucht angelegt.

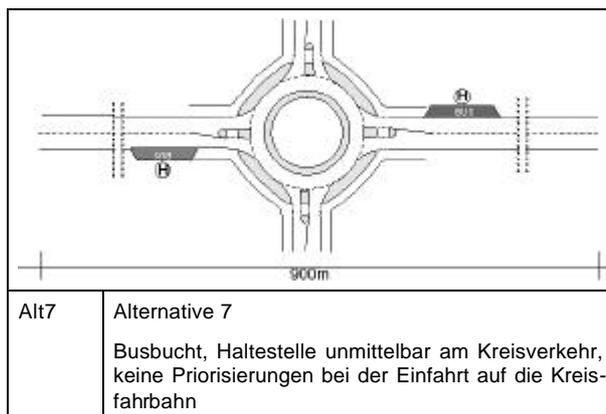


Abbildung 113: Alternative 7 - Buchthaltestelle nah am Kreisverkehr

Erwartet wird auch bei Alternative 7 gegenüber Alternative 6 keine ÖV-Reisezeitverkürzung sondern lediglich eine Reduzierung der Verlustzeit für MIV-Fahrzeuge. Ein Beispiel für diesen Haltestellentyp ist die Haltestelle Saarbrücken, Güdingen-Unner:



Abbildung 114: Bus fährt aus Haltestellenbucht (nah am Kreis) aus (Saarbrücken)

## 7.5 Auswertungen

Die Simulationssoftware VISSIM3<sup>®</sup> bietet u.a. die standardmäßige Auswertung der Parameter Reisezeit, Verlustzeit, Standzeit und Anzahl der Halte getrennt für MIV und ÖV-Fahrzeuge sowie der Staulänge an, die auch ausgewertet wurden. Aufgrund der Doppelgewichtung einiger Faktoren wurde die Auswertung auf die Parameter Verlustzeit, Anzahl der Halte und die Staulänge reduziert. Angaben zur Reisezeit, Standzeit etc. sind im Anhang dargestellt.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt getrennt für 3 Verkehrsströme:

- IV-Verkehr: IV-Fahrzeuge in der ÖV-Zufahrt: geradeaus fahrende Fahrzeuge parallel zur ÖV-Linienführung

- IV-Querverkehr: IV-Fahrzeuge in der NICHT-ÖV-Zufahrt: geradeaus fahrende Fahrzeuge quer zur ÖV-Linienführung
- ÖV-Verkehr: Linienfahrzeuge im Linienverlauf (geradeaus über Kreisverkehr hinweg), wenn vorhanden Fahrt über ÖV-Spur (Alternativen 1-3)

**Verlustzeiten**

Als Maß zur Beurteilung von Verkehrslösungen wird häufig die Wartezeit vor dem Knotenpunkt verwendet. Das Programm VISSIM verwendet diesen Parameter Wartezeit im Sinne der Warteschlangentheorie nicht. Im Rahmen der Simulation wird Verlustzeit als Differenz der Reisezeiten simulierter, durch andere Fahrzeuge beeinträchtigter Fahrten auf dem 900m langen Streckenabschnitt gegenüber idealen Fahrten ohne Beeinflussungen durch andere Fahrzeuge oder Lichtsignalanlagen verstanden. Als Reisezeiten werden Fahrzeiten zwischen 2 Messquerschnitten, in diesem Fall in 900m Abstand zueinander, verstanden. Bei allen Simulationen wurden die Verlustzeiten für den Individualverkehr (IV) und den öffentlichen Personennahverkehr (ÖV) ermittelt. Die beiden folgenden Abbildungen stellen die Entwicklung der Verlustzeit zwischen der Nullvariante und der Alternative 1a dar. Deutlich sichtbar ist die Reduzierung der Verlustzeit für ÖV-Fahrzeuge (dunkle Balken).

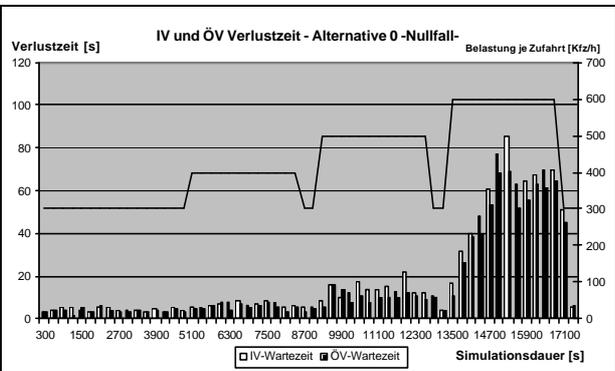


Abbildung 115: IV- und ÖV-Verlustzeiten, Alternative 0

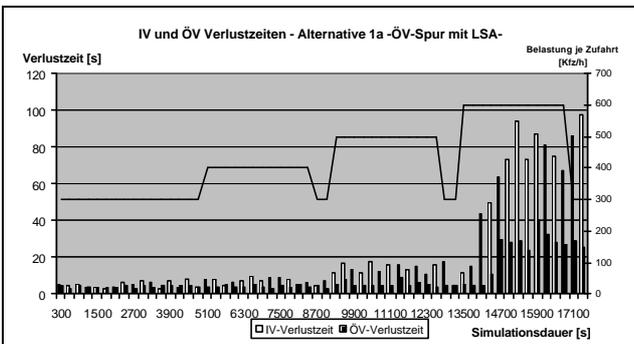


Abbildung 116: IV- und ÖV-Verlustzeiten, Alternative 1a

**Halte**

Die Gesamtzahl der Halte in einem Simulationsintervall ist ein Kriterium zur Bewertung der Verkehrsqualität. Dabei ist ein Halt simulationstechnisch als das Erreichen der Staudefinition definiert. Bei Unterschreiten einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 3 km/h wird dies als Halt erfasst.

**Staulängen**

Neben der Anzahl der Halte ist die mittlere Rückstaulänge in der Zufahrt ein wichtiges Merkmal bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit der Zufahrt. Daher werden die mittlere Rückstaulängen der Simulationen ebenfalls berücksichtigt.

**Fahrzeug- und streckenbezogene Auswertung**

Die Auswertung der Simulationen teilt sich in fahrzeug- und streckenbezogene Auswertungen:

	Fahrzeugbezogene Auswertungen	Streckenbezogene Auswertungen
Alternativen 1-3	Kapitel 7.5.1	Kapitel 7.5.2
Alternativen 4-7	Kapitel 7.6	

Tabelle 37: Übersicht über Simulationsauswertung

Die fahrzeugbezogenen Auswertungen berücksichtigen Veränderungen für das jeweilige Einzelfahrzeug zwischen der bewerteten Alternative und dem Planungsnullfall.

Die streckenbezogene Auswertung berücksichtigt Veränderungen auf dem simulierten Streckenabschnitt zwischen dem Nullfall und den simulierten Alternativen.

**7.5.1 Fahrzeugbezogene Auswertung der Simulationen 1 bis 3**

**7.5.1.1 IV-Verlustzeiten im ÖV-parallelen Verkehrsstrom**

Folgende Tabelle zeigt die Auswertungen der mittleren Verlustzeit je Fahrzeug im ÖV-parallelen Verkehrsstrom in den Zufahrten mit Linienverkehr der einzelnen Alternativen. Da die Geometrie des Kreisverkehrs gegenüber der Nullvariante unverändert ist, ergeben sich Schwankungen der Verlustzeit zwischen dem Nullfall und den priorisierten Alternativen im Wesentlichen durch Veränderungen in der Wartezeit in der Zufahrt vor Einfahrt in die Kreisfahrbahn.

IV-Verlustzeiten [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	4,27	6,89	13,98	57,79	0
Alternative 1a	4,61	7,50	14,67	53,96	+
Alternative 1b	4,34	6,98	12,68	34,71	++
Alternative 2a	4,09	7,20	13,80	59,06	0
Alternative 2b	4,08	7,28	13,19	57,15	0
Alternative 3a	8,48	12,25	21,49	89,55	--
Alternative 3b	8,40	12,45	21,17	86,64	--
Bewertung		Entwicklung der Verlustzeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 38: IV-Verlustzeiten (Alternativen 1-3)

Durch die Anlage einer Signalsteuerung nach Alternative 1 lassen sich deutliche Verlustzeitreduzierungen erreichen. Besonders in Kombination mit einer langen ÖV-Spur verstetigt sich der Verkehrsablauf auch für den MIV-Verkehr. Alternative 2 zeigt, dass durch eine ÖV-Spur keine Nachteile bezüglich der Verlustzeit für MIV-Fahrzeuge entstehen. Dies beruht auf der separaten Führung der Linienbusse. Dadurch entfallen in Alternative 2 die Fahrzeuglängen der „langen“ ÖV-Fahrzeuge, so dass geringere Rückstauungen entstehen als im Nullfall.

### 7.5.1.2 ÖV-Verlustzeiten

ÖV-Verlustzeiten sind Reisezeitverluste für ÖPNV-Fahrzeuge. Diese sollen durch Priorisierungsmaßnahmen reduziert werden. Folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Verlustzeiten für ÖV-Fahrzeuge:

ÖV-Verlustzeiten [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	3,79	5,64	10,21	50,16	0
Alternative 1a	3,90	4,37	4,91	15,92	+
Alternative 1b	3,79	4,08	4,30	5,67	++
Alternative 2a	3,52	5,39	8,42	25,27	+
Alternative 2b	3,65	5,90	8,00	18,47	+
Alternative 3a	3,71	3,87	4,00	26,17	+
Alternative 3b	3,72	3,84	4,05	16,54	+
Bewertung		Entwicklung der Verlustzeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 39: ÖV-Verlustzeiten (Alternativen 1-3)

Alle Beschleunigungsalternativen reduzieren die Verlustzeiten für ÖV-Fahrzeuge, zum Teil sogar erheblich. Ab 400 Kfz/h je Zufahrt wird der beschleunigende Einfluss der Priorisierungsmaßnahmen deutlich. Bei 500 Kfz/h je Zufahrt können die Verlustzeiten bereits halbiert werden. Bei Verkehrsstärken von 600 Kfz/h je Zufahrt werden die Verlustzeiten mindestens halbiert, bei den meisten Alternativen sogar um 2/3 reduziert. Alternative 1b zeigt sogar, dass ÖV-Verlustzeiten auf das Niveau einer Belastung von 400 Kfz/h je Zufahrt reduziert werden können.

Bei der Alternative 3 entstehen durch die Sperrung aller Zufahrten zum Kreisverkehr bei Linienbusanmeldung aufgrund der erforderlichen Räumzeiten sehr lange Sperrzeiten. Diese wirken sich auch in den ÖV-Zufahrten so stark aus, dass nachfolgende Linienbusse vor der Einfahrt in die ÖV-Spur stark beeinträchtigt werden und so ebenfalls Verlustzeiten für den ÖV entstehen.

### 7.5.1.3 IV-Verlustzeiten im Querverkehr

Die Verlustzeiten im Querverkehr verändern sich ebenfalls in Abhängigkeit von Simulationsalternative und Knotenpunkbelastung.

Unter Verlustzeit im Querverkehr werden Verluste für geradeaus fahrende Fahrzeuge in Zufahrten ohne ÖPNV verstanden.

IV-Verlustzeiten im Querverkehr [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	4,15	6,73	13,66	43,30	0
Alternative 1a	4,91	7,32	13,51	40,34	0
Alternative 1b	4,62	7,14	11,07	33,38	+
Alternative 2a	4,04	6,59	12,84	44,27	0
Alternative 2b	4,29	6,69	12,78	43,79	0
Alternative 3a	9,43	14,34	23,76	77,98	--
Alternative 3b	9,17	13,40	23,42	85,38	--
Bewertung		Entwicklung der Verlustzeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 40: IV-Verlustzeiten im Querverkehr (Alternativen 1-3)

Alternative 2 weist keine Auswirkungen für Fahrzeuge im Querverkehr auf. Die Alternative 1 kann u.U. geringe positive Auswirkungen haben, während die Alternative 3 zu deutlich ansteigenden Verlustzeiten im Querverkehr (Halte an LSA in allen Zufahrten) führt.

### 7.5.1.4 IV-Fahrzeughalte (Anzahl)

Neben der Verlustzeit spielt die Anzahl und Dauer der Halte eines Einzelfahrzeuges eine wesentliche Rolle bei der Bewertung von Leistungsfähigkeit und Fahrkomfort.

	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,22	0,38	0,85	4,21	0
Alternative 1a	0,23	0,45	0,91	3,63	+
Alternative 1b	0,22	0,39	0,84	2,85	++
Alternative 2a	0,20	0,39	0,90	4,59	0
Alternative 2b	0,20	0,41	0,77	4,39	0
Alternative 3a	0,51	0,78	1,43	7,22	--
Alternative 3b	0,50	0,72	1,51	7,07	--
Bewertung		Entwicklung der Halte pro Fahrzeug gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 41: IV-Halte (Alternativen 1-3)

Die Anzahl der Halte für MIV-Fahrzeuge wird bei ÖV-Beschleunigungen gemäß den Alternativen 1 und 2 nicht negativ bzw. sogar positiv beeinflusst. Alternative 3 hingegen beeinträchtigt die Fahrt der Einzelfahrzeuge so stark, dass eine annähernde Verdoppelung der Halte für MIV-Fahrzeuge erfolgt.

### 7.5.1.5 ÖV-Fahrzeughalte

Die Anzahl der Halte pro ÖV-Fahrzeug kann durch Beschleunigungsmaßnahmen, wie sie Grundlagen der drei simulierten Alternativen sind, deutlich reduziert werden.

ÖV-Halte [Halte/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,17	0,21	0,52	2,98	0
Alternative 1a	0,06	0,09	0,14	0,38	++
Alternative 1b	0,09	0,08	0,08	0,11	++
Alternative 2a	0,15	0,33	0,61	1,85	+
Alternative 2b	0,15	0,40	0,61	1,67	+
Alternative 3a	0,00	0,01	0,00	0,87	+ / ++
Alternative 3b	0,00	0,01	0,01	0,66	+ / ++
Bewertung		Entwicklung der Halte pro Fahrzeug gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 42: ÖV-Halte (Alternativen 1-3)

Bei Verkehrsstärken ab 600 Kfz/h je Zufahrt ist an Kreisverkehren ohne ÖV-Beschleunigung laut Simulation mit bis zu 3 Halten je Linienfahrzeugen zu rechnen (siehe Alternative 0). Dieser Wert zeigt den dringenden Handlungsbedarf zur Beschleunigung von ÖV-Fahrzeugen an kleinen Kreisverkehren mit solch hohen Belastungen.

Die Beschleunigung durch die bauliche Anlage einer ÖV-Spur führt annähernd zu einer Halbierung der Halte pro Fahrt. Weitere Beschleunigungen sind durch die Signalisierung gemäß Alternative 1 möglich. Durch die geringen Sperrzeiten ergibt sich nur ein kurzer Rückstau, der die Einfahrt in die 150 m lange ÖV-Spur (Alternative 1a) bedingt beeinträchtigt. Durch Anlage einer 250m langen MIV-Spur (Alternative 1b) kann sichergestellt werden, dass auch bei hohen Verkehrsstärken eine unbehinderte Einfahrt in die ÖV-Spur erfolgen kann.

Dies ist durch lange LSA-Sperrzeiten, verbunden mit langen Rückstauungen in der ÖV-Zufahrt bei den Alternativen 3a und 3b nicht zu garantieren, so dass sich hier zwischen den Simulationen mit langer und kurzer ÖV-Spur nicht so große Unterschiede ergeben wie bei Alternative 1.

Die Anzahl der Halte in Alternative 2 beruht im wesentlichen auf Halten vor dem Fußgängerüberweg

und an Halten vor der Einfahrt in die Kreisfahrbahn. Halte in der Zufahrt traten durch die Nutzung der ÖV-Spur nicht auf. Im Vergleich mit dem Nullfall zeigt sich, dass bis zu Verkehrsstärken von 500 Kfz/h je Zufahrt die Anzahl der Halte bei Alternative 2 insgesamt nicht reduziert werden kann, da die Halte am Fußgängerüberweg und an der Einfahrt in die Kreisfahrbahn in gleicher Anzahl existieren. Erst bei Verkehrsstärken von 600 Kfz/h je Zufahrt lässt sich die Zahl der Halte auf dem Linienweg durch den Wegfall der Halte in der Zufahrt (die im Nullfall beobachtet wurden und durch die Beschleunigungsmaßnahme gem. Alternative 2 entfallen) reduzieren.

### 7.5.1.6 IV-Fahrzeughalte im Querverkehr

IV-Halte im Querverkehr [Halte/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,20	0,31	0,76	3,08	0
Alternative 1a	0,28	0,41	0,81	2,41	+
Alternative 1b	0,27	0,41	0,69	2,62	+
Alternative 2a	0,19	0,31	0,73	3,25	0/-
Alternative 2b	0,19	0,32	0,69	3,23	0/-
Alternative 3a	0,54	0,91	1,64	6,31	--
Alternative 3b	0,54	0,84	1,57	7,05	--
Bewertung		Entwicklung der Halte im Querverkehr gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 43: IV-Halte im Querverkehr (Alternativen 1-3)

Die Anzahl der Halte der MIV-Fahrzeuge im Querverkehr wird durch ÖV-Beschleunigungen gemäß Alternative 2 nicht erhöht. Positiv, d.h. eine geringere Anzahl von Halten als in der Nullvariante, ist die Entwicklung für die Alternative 1. Eine deutliche Zunahme der Halte im Querverkehr ergibt sich durch eine Beschleunigung mittels Alternative 3, da diese Zufahrten von der Sperrung aller Zufahrten ebenfalls betroffen sind.

**7.5.1.7 Mittlere Staulängen in IV-Zufahrt**

Der Rückstau an einem Knotenpunkt, ermittelt durch die Staulängen in den Zufahrten, ist ein wichtiges Indiz zum Verkehrsablauf und stellt einen wesentlichen Aspekt bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage dar. Die Ermittlung der mittleren Staulängen basiert auf der Umrechnung der mittleren Anzahl von Fahrzeugen mit dem Längenfaktor 6 [m] als Fahrzeuglänge einschließlich Fahrzeugzwischenraum bei Kolonnenverkehr. Die Rückstauungen treten dabei in den Zufahrten, vor der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn auf.

mittlere Staulänge in ÖV-Zufahrt [m]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,50	1,93	10,32	54,54	0
Alternative 1a	2,57	5,71	18,46	(104,34)	(-)
Alternative 1b	2,42	5,04	12,08	50,92	0
Alternative 2a	0,46	3,04	11,96	60,50	0
Alternative 2b	0,29	2,57	9,39	53,93	0
Alternative 3a	12,75	20,58	39,38	131,08	--
Alternative 3b	12,82	20,50	40,68	129,71	--
Bewertung		Entwicklung der Staulänge gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 44: Mittlere Staulänge auf der IV-Spur in der Zufahrt mit Linienbusverkehr (Alternativen 1-3)

Die mittlere Staulänge in der Zufahrt mit ÖV-Linienverkehr liegt bei den Alternativen 1b, 2a und 2b auf ähnlichem Niveau wie im Nullfall. Hier sind kaum Nachteile zu verzeichnen. Tendenziell war allerdings mit der Verlagerung von 12 Linienbussen je Stunde und Fahrtrichtung aus der MIV-Spur auf die ÖV-Spur dieses Ergebnis zu erwarten. Bei der Alternative 1a, der kurzen ÖV-Spur mit LSA-Steuerung ist allerdings eine Zunahme der mittleren Rückstaulänge eingetreten, was jedoch auf eine Selbstblockade des Verkehrs auf der Kreisfahrbahn während zweier Simulationsläufe zurückzuführen ist. Ohne diese, in der Realität in dieser Form nicht vorkommende Blockade, ist mit einer Rückstaulänge entsprechend Alternative 1b zu rechnen. Bei Alternative 3 wirkt sich die aufwändige LSA-Steuerung sehr negativ auf die Rückstaulänge aus.

**7.5.1.8 Mittlere Staulängen im Querverkehr**

Auswirkungen auf den Querverkehr wurden bereits in den Verlustzeiten und den Halten deutlich. Auch die mittlere Staulänge im Querverkehr ändert sich durch die Beschleunigungsmaßnahmen:

mittlere Staulänge im Querverkehr [m]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,25	1,82	9,29	43,21	0
Alternative 1a	0,21	2,89	14,14	(72,18)	(-)
Alternative 1b	0,21	1,96	6,96	41,58	0
Alternative 2a	0,14	1,46	9,11	45,82	0
Alternative 2b	0,14	2,00	8,64	43,11	0
Alternative 3a	10,33	18,63	37,71	111,71	--
Alternative 3b	10,36	18,07	38,21	113,14	--
Bewertung		Entwicklung der Staulänge im Querverkehr gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 45: mittlere Staulänge im Querverkehr (Alternativen 1-3)

Parallel zur Anzahl der Halte entwickelt sich auch die Staulänge in den Zufahrten des Querverkehrs. Die Alternative 2 greift nicht in den Verkehrsablauf an der Kreisfahrbahn ein. Dementsprechend sind keine Auswirkungen zu verzeichnen. Die Alternative 1a führt zu Zunahmen der Rückstaulänge im Querverkehr, was wiederum auf eine Selbstblockade der Simulation zurückzuführen ist, wohingegen die Alternative 1b wieder das Niveau der Nullvariante erreicht. Nachteilig wirkt sich die Alternative 3 aus.

### 7.5.2 Streckenbezogene Auswertung der Alternativen 1 bis 3 -Fahrzeughalte je Stunde

Im Abschnitt 7.5.1 wurde die Auswertung der Simulation auf Grundlage der Mittelwerte der Messwerte für Einzelfahrzeuge vorgestellt. Im Folgenden werden die stundenbezogenen Messwerte ausgewertet.

Fahrzeughalte, Anfahren und Abbremsen gelten für Passanten und Anwohner als besonders störend. Daher sollten Maßnahmen zur ÖV-Beschleunigung keinen Anstieg der MIV-Halte hervorrufen.

Tabelle 46 und Tabelle 47 zeigen, dass die Alternativen 1 und 2 keine signifikant steigende Anzahl von MIV-Halten je Stunde, weder im linienparallelen Strom noch im Querverkehrstrom hervorrufen. Anders bei Beschleunigungen gemäß Alternative 3, hier steigt die Anzahl der Halte im linienparallelen MIV-Verkehr um ca. 54% und im Querverkehr um ca. 40%

#### 7.5.2.1 IV-Fahrzeughalte in ÖV Zufahrt

IV-Halte je Stunde [Anzahl/h]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	42,14	117,29	432,71	1998,00	0
Alternative 1a	69,29	162,71	435,86	1820,86	+
Alternative 1b	66,17	158,17	400,17	1631,83	+
Alternative 2a	44,14	123,86	436,57	2129,57	-
Alternative 2b	42,14	125,86	380,86	2166,14	-
Alternative 3a	191,50	367,00	865,83	2886,83	--
Alternative 3b	188,29	375,00	882,43	2921,71	--

Bewertung		Entwicklung der Summe aller Halte im Linienweg gegenüber dem Nullfall
++	sehr gut	deutliche Reduzierung
+	gut	(geringe) Reduzierung
0	befriedigend	keine Reduzierung
-	ausreichend	geringe Zunahme
--	mangelhaft	deutliche Zunahme

Tabelle 46: IV-Halte im Linienweg (Alternativen 1-3)

#### 7.5.2.2 IV-Fahrzeughalte im Querverkehr

IV-Halte je Stunde im Querverkehr [Anzahl/h]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	38,71	110,29	399,43	1657,86	0
Alternative 1a	38,29	109,71	366,86	1354,00	+
Alternative 1b	37,83	106,83	296,17	1396,00	+
Alternative 2a	35,00	106,71	383,29	1724,29	-
Alternative 2b	35,14	117,71	377,14	1689,57	0
Alternative 3a	186,67	399,00	902,17	2581,17	--
Alternative 3b	187,14	394,71	896,86	2661,43	--

Bewertung		Entwicklung der Summe aller Halte im Querverkehr gegenüber dem Nullfall
++	sehr gut	deutliche Reduzierung
+	gut	(geringe) Reduzierung
0	befriedigend	keine Reduzierung
-	ausreichend	geringe Zunahme
--	mangelhaft	deutliche Zunahme

Tabelle 47: IV-Halte im Querverkehr (Alternativen 1-3)

#### 7.5.2.3 ÖV-Halte im Linienverlauf

Ohne Beschleunigungen treten Halte von ÖV-Fahrzeugen in allen Bereichen des simulierten Streckennetzes auf: Im Rückstau in der Zufahrt, vor der Fußgängerfurt, bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn, im Kreis und vor der Fußgängerfurt in der Ausfahrt.

Durch Beschleunigungsmaßnahmen verändern sich sowohl die Anzahl der Halte als auch die Orte der Halte, wie Tabelle 48 zeigt. Dabei ist die Verteilung der Halte stark belastungsabhängig. Die veränderte Haltverteilung über alle Belastungsstufen stellen Tabelle 48 und Abbildung 117 dar.

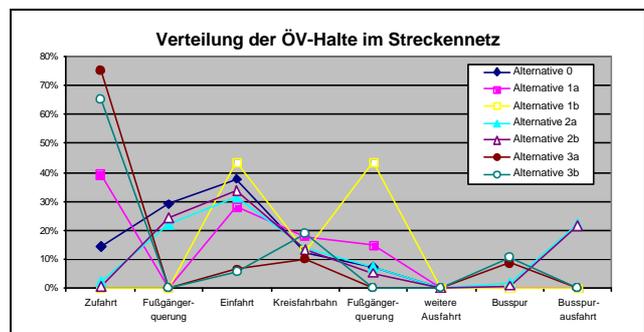


Abbildung 117: Verteilung der ÖV-Halte im Streckennetz

Orte der ÖV-Halte [Halte/4h]	mittlere Halte pro 4h	Zufahrt	Fußgängerquerung	Einfahrt	Kreis	Ausfahrt (Fußgänger)	ÖV-Spur	ÖV-Spur Ausfahrt
Alternative 0	18,25	2,64	5,29	6,86	2,18	1,29	-	-
	0	14%	29%	38%	12%	7%	-	-
Alternative 1a	5,82	2,29	0,00	1,64	1,04	0,86	0,00	0,00
	++	39%	0%	28%	18%	15%	0%	0%
Alternative 1b	2,46	0,00	0,00	1,07	0,32	1,07	0,00	0,00
	++	0%	0%	43%	14%	43%	0%	0%
Alternative 2a	23,46	0,57	5,14	7,29	3,18	1,64	0,43	5,21
	-	2%	22%	31%	14%	7%	2%	22%
Alternative 2b	23,96	0,14	5,86	8,07	3,18	1,29	0,21	5,21
	-	1%	24%	34%	13%	5%	1%	22%
Alternative 3a	3,25	2,43	0,00	0,21	0,32	0,00	0,29	0,00
	++	75%	0%	6%	10%	0%	9%	0%
Alternative 3b	1,32	0,86	0,00	0,07	0,25	0,00	0,14	0,00
	++	65%	0%	5%	19%	0%	11%	0%

Tabelle 48: Verteilung der ÖV-Halte auf die Linienstrecke (Alternative 1-3) absolut und prozentual, Mittelwerte

Alternative 1a (ÖV-Spur: 150m) weist eine Reduzierung der Halte um mehr als 66% im Vergleich mit der Nullvariante auf. 39% der verbleibenden Halte entstehen demnach in den Zufahrten, verursacht durch Rückstauungen bei hoher Knotenpunktbelastung, die eine Einfahrt in die ÖV-Spur verhindert. Halte an der Fußgängerfurt treten durch die signalregelte Furt nicht auf.

An der Einfahrt in die Kreisfahrbahn kann es zu Halten kommen, wenn für die ÖV-Fahrzeuge nicht ersichtlich ist, ob MIV-Fahrzeuge die geänderte Vorfahrtregelung durch die LSA erkennen und befolgen. Halte im Kreis werden durch vorausfahrende Fahrzeuge verursacht, die Fußgänger in der Ausfahrt queren lassen, wodurch ein Rückstau in der Kreisfahrbahn entsteht.

An der Fußgängerfurt in der Ausfahrt können Halte für ÖV-Fahrzeuge entstehen, wenn bevorrechtigte Fußgänger queren.

Alternative 1b weist durch die auf 250m verlängerte ÖV-Spur keine Halte im Bereich der Zufahrt mehr auf. Dementsprechend verteilen sich die verbleibenden Halte auf die Bereiche Einfahrt, Kreisfahrbahn und Ausfahrt, vor der Fußgängerfurt.

Die Beschleunigungsmaßnahmen von Alternative 2 beruhen auf rein baulichen Maßnahmen (ÖV-Spur, keine LSA). Die Anzahl der Halte entspricht in den Streckenabschnitten Fußgängerfurt in der Einfahrt, dem Einfahrtbereich selbst, dem Kreis

und dem Bereich der Ausfahrt in etwa den Halten in der Nullvariante. Lediglich in der Zufahrt entfallen die Halte durch die ÖV-Spur. Statt dessen treten nun Halte bei der Eingliederung der ÖV-Fahrzeuge in den MIV-Strom auf. Insgesamt erhöht sich die Zahl der Halte in 4 Stunden durch die nicht beschleunigte Ausfahrt aus der ÖV-Spur gegenüber der Nullvariante um ca. 30%.

### 7.5.3 Ergebnisse der zufahrtbezogenen Simulationen

#### Fahrzeugbezogene Auswertung

Die fahrzeugbezogene Auswertung berücksichtigt die Alternativen 1a, 1b, 2a, 2b, 3a und 3b unter individueller Betrachtung der Mittelwerte der Messgrößen für jedes einzelne Fahrzeug. Bei allen Simulationen sind Haltestellenaufenthalte von ÖV-Fahrzeugen nicht enthalten, da diese bei den Simulationen 1 bis 3 in der ÖV-Spur erfolgen würden und damit die Vergleichbarkeit mit der Nullvariante nicht gegeben wäre, bei der ebenfalls keine Haltestellenaufenthalte im betrachteten Streckenabschnitt simuliert wurden.

Dabei ergibt die Bewertung der Messgrößen im Vergleich mit dem Nullfall die in der Tabelle 49 dargestellten Ergebnisse.

#### Streckenbezogenen Auswertungen

Die streckenbezogenen Messwerte sind ebenfalls in der Tabelle 49 dargestellt. Die Auswertung zeigt für die Alternative 1 eine Verbesserung der untersuchten Messwerte „IV-Halte je Stunde“ im ÖV-parallel und im Querverkehr sowie für die Anzahl der ÖV-Halte im Vergleich mit der Nullvariante. Die Alternative 2 weist durchgehend ungünstigere Messwerte als in der Nullvariante auf. Die Alternative 3 weist zwar eine deutliche Reduzierung der Halte von ÖV-Fahrzeugen auf, allerdings sind die Messwerte der MIV-Halte je Stunde ungünstiger als bei der Nullvariante.

	IV-ÖV-Bewertung	IV-Wartezeiten [s/FZ]	ÖV-Wartezeiten [s/FZ]	IV-Wartezeiten im Querverkehr [s/FZ]	IV-Halte [Halte/FZ]	ÖV-Halte [Halte/FZ]	IV-Halte im Querverkehr [Halte/FZ]	mittlere Staulänge in ÖV-Zufahrt [m]	mittlere Staulänge im Querverkehr [m]	Fazit der fahrzeugbezogenen Auswertung					IV-Halte/h [Anzahl/h]	IV-Halte/h im Querverkehr [Anzahl/h]	ÖV-Halte [Halte/4h]	Fazit der streckenbezogenen Auswertung				
										++	+	0	-	--				++	+	0	-	--
Alternative 0	IV ÖV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Alternative 1a	IV ÖV	+	+	0	+	++	+	-	-	0	3	1	2	0	+	+	++	1	2	0	0	0
Alternative 1b	IV ÖV	++	++	+	++	++	+	0	0	2	2	2	0	0	+	+	++	1	2	0	0	0
Alternative 2a	IV ÖV	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0	6	0	0	-	-	-	0	0	0	3	0
Alternative 2b	IV ÖV	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0	6	0	0	-	0	-	0	0	1	2	0
Alternative 3a	IV ÖV	--	+	--	--	+ / ++	--	--	--	0	0	0	0	6	--	--	++	1	0	0	0	2
Alternative 3b	IV ÖV	--	+	--	--	+ / ++	--	--	--	0	0	0	0	6	--	--	++	1	0	0	0	2
Bewertung		Bewertung der Alternative gegenüber dem Nullfall																				
++	sehr gut	deutliche Verbesserung																				
+	gut	(geringe) Verbesserung																				
0	befriedigend	keine Verbesserung																				
-	ausreichend	geringe Verschlechterung																				
--	mangelhaft	deutliche Verschlechterung																				

Tabelle 49: Auswertung der fahrzeug- und streckenbezogenen Messwerte

## Allgemein

Simulationen laufen stets unter definierten Randbedingungen ab. Daher sind auch die Ergebnisse nicht willkürlich übertragbar. Aufgezeigt werden jedoch prinzipielle Lösungsansätze und deren relative Auswirkungen zwischen untersuchten Alternativen (auch der Nullalternative).

Die Auswertung der einzelnen Simulationsparameter zeigt, dass alle Beschleunigungsmaßnahmen in den für den ÖV-Linienverkehr relevanten Messgrößen ÖV-Verlustzeit und Anzahl der ÖV-Halte bessere Werte als der Nullfall aufweisen.

Damit wird deutlich, dass ÖV-Beschleunigungskonzepte für Linienfahrzeuge auch an Kreisverkehren durchaus wirksam sind.

Durch geeignete Beschleunigungsmaßnahmen sollten allerdings andere Verkehrsarten nicht unverhältnismäßig benachteiligt werden. Die Alternative 3 (ÖV-Spur und Lichtsignalanlage in allen Kreiszufahrten) kann diesen Anspruch nicht erfüllen. Sie führt zwar bei allen ÖV relevanten Messgrößen zu guten bis sehr guten Ergebnissen, benachteiligt allerdings alle anderen Verkehre deutlich.

Die Alternative 2 (ÖV-Spur mit Bevorrechtigung bei der Ausfahrt vor dem MIV, ohne Priorisierung bei

der Ausfahrt aus der Zufahrt in die Kreisfahrbahn) führt zu einem flüssigeren Verkehrsablauf in der Zufahrt, insbesondere bei hohen Verkehrsstärken. Die Berücksichtigung querender Fußgänger in der Zufahrt und die fehlende Priorisierung bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn führen allerdings zu nicht optimalen Beschleunigungswerten. Nachteile für andere Verkehrsteilnehmer treten bei Variante 2 dagegen nur sehr gering auf. Sie bietet sich als bauliche Lösung ohne Einsatz von Lichtsignalsteuertechnik an. Nachteilig ist hierbei die mangelhafte Berücksichtigung der Vorfahrt der Linienbusse bei der Ausfahrt aus der Haltestelle. Eine Verbesserung dieser Situation kann bei der Alternative 2 durch den Einsatz des Beschleunigungskonzeptes 5.4.1.1.C erreicht werden, wobei sich nicht der Bus in den IV-Strom einsortiert, sondern der IV-Verkehrsstrom in die Verlängerung der Busspur einfährt (Abbildung 118).



Abbildung 118: Eingezogene IV-Spur, Fortführung der ÖV-Spur

Die Alternative 1, bestehend aus ÖV-Spur, Lückenampel bei Einfahrt in die MIV-Spur, signalregelter Fußgängerfurt und Lückenampel an der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn, liefert im Vergleich zur Nullvariante deutliche Verbesserungen. Die Vorteile ergeben sich bereits bei Alternative 1a (150m ÖV-Spur). Durch eine Verlängerung auf 250m (Alternative 2b) kann zu Spitzenzeiten eine nochmalige Verbesserung erzielt werden.

Die Alternative 1 bietet sich dementsprechend als beste Lösung bei hoher ÖV-Frequenz und hohen Anforderungen an Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit im ÖV-Verkehr unter Vermeidung von Benachteiligungen für den MIV-Verkehr an. Allerdings ist der Aufwand erheblich. Neben den baulichen Maßnahmen der ÖV-Spuren in den Zufahrten sind Lichtsignalanlagen zur Sicherung der Ausfahrt aus der Haltestelle, zur Sicherung der Fußgängerfurt und zur Priorisierung der Einfahrt in die Kreisfahrbahn erforderlich. Somit ist diese Alternative wirtschaftlich mit hohen Risiken verbunden.

Die Alternative 2 weist ebenfalls gute Beschleunigungswirkungen für die Fahrzeuge des ÖPNV auf, ohne den MIV zu benachteiligen. Bei dieser Variante der ÖPNV-Beschleunigung kann auf Lichtsignalanlagen verzichtet werden, was zu einer sehr wirtschaftlichen ÖPNV-Beschleunigung führt.

Die Variante 1 könnte durch zusätzliche Installation einer Lichtsignalanlage aus der Variante 2 entwickelt werden.

## 7.6 ÖV-Beschleunigung durch Haltestellenwahl – Alternativen 4 bis 7

Auch durch die Wahl von Typ und Lage der Haltestelle treten Veränderungen im Verkehrsablauf auf. Die Simulation von 4 Alternativen der Haltestellenanordnung (Alternativen 4 bis 7) sollen Unterschiede und Vor- bzw. Nachteile für den ÖV und MIV verdeutlichen.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Alternativen 1 bis 3 mit den Ergebnissen 4 bis 7 ist nicht zulässig, da durch die Einbeziehung der Haltestellenaufenthaltszeit in den Alternativen 4 bis 7 andere Randbedingungen zugrunde gelegt wurden.

### 7.6.1 Alternative Haltestellenlage

Alternative 4 und Alternative 6 simulieren den Verkehrsablauf an Kaphaltestellen. Die Haltestelle befindet sich bei Alternative 4 150m vom Kreisverkehr entfernt. Damit liegt sie außerhalb der Rückstaulänge beim Erreichen der Leistungsfähigkeit des Kreisverkehrs im Nullfall, ohne weitere Beschleunigungsmaßnahmen. Bei Alternative 6 befindet sich die Kaphaltestelle unmittelbar vor der Fußgängerfurt.

Die Alternativen 5 und 7 beruhen auf Haltestellen in Buchtförmigkeit. Die Haltestelle liegt bei Alternative 5 ebenso wie bei Alternative 4 150m vom Kreisverkehr entfernt, während die Haltestelle bei Alternative 7 direkt vor dem Kreisverkehr angeordnet ist.

Bewertung 600 KFZ/h je Zufahrt	IV -ÖV - Bewertung	IV-Verlustzeiten [s/FZ]	ÖV-Verlustzeiten [s/FZ]	IV-Verlustzeiten im Querverkehr [s/FZ]	IV-Halte [Halte/FZ]	ÖV-Halte [Halte/FZ]	IV-Halte im Querverkehr [Halte/FZ]	mittlere Staulänge in ÖV-Zufahrt [m]	mittlere Staulänge im Querverkehr [m]	Fazit der Auswertung			
										++	+	0	--
Alternative 0	IV ÖV	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6 2	0 0	0 0	0 0
Alternative 4 - KAP 150m	IV ÖV	- +	- -	- -	- ++	- -	- -	- -	0 1	0 1	0 0	6 0	0 0
Alternative 5 - BUCHT 150m	IV ÖV	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 2	6 0	0 0	0 0
Alternative 6 - KAP am Kreis	IV ÖV	-- --	+ --	-- -	+ -	-- -	+ -	0 0	3 0	0 0	0 1	0 1	3 1
Alternative 7 - BUCHT am Kreis	IV ÖV	0 +	+ -	- +	0 +	- -	0 -	0 0	1 2	3 0	2 0	0 0	0 0
Bewertung		Bewertung der Alternative gegenüber dem Nullfall											
++		sehr gut											
+		gut											
0		befriedigend											
-		ausreichend											
--		mangelhaft											
		deutliche Verbesserung											
		(geringe) Verbesserung											
		keine Verbesserung											
		geringe Verschlechterung											
		deutliche Verschlechterung											

Tabelle 50 Simulationsauswertung Alternativen 4 bis 7

Die Auswertungen der Simulationen 4 bis 7 zeigen, dass durch geänderte Haltestellenanordnungen im Vorlauf auf einen Knotenpunkt Veränderungen im Verkehrsablauf eintreten. Tabelle 50 stellt die Simulationsergebnisse für die Belastungsstufe 600 Kfz/h je Zufahrt dar.

In den Simulationen der 4, 5, 6 und 7 sind planmäßige Halte (konstant 20s) von Linienfahrzeugen an Haltestellen enthalten. Die Bewertung erfolgt getrennt für die MIV-relevanten und ÖV-relevanten Parameter. Bei den ÖV-relevanten Parametern Verlustzeit und ÖV-Halte sind die Haltestellenaufenthaltszeit sowie der Haltestellenhalt unberücksichtigt. Die oben dargestellten Änderungen der Fahrzeit resultieren also aus der Fahrt im Linienverlauf, nicht aus dem Haltestellenaufenthalt. Dadurch ist eine Vergleichbarkeit mit dem Nullfall gegeben, in dem keine Haltestelle berücksichtigt ist.

Die Alternative 4 weist bei Belastungen ab 600 Kfz/h je Zufahrt positive Auswirkungen für die ÖV-relevanten Parameter auf. Die Anzahl der ÖV-Halte in der Zufahrt kann gegenüber dem Nullfall

reduziert werden, die ÖV-Reisezeiten und die ÖV-Verlustzeiten reduzieren sich ebenfalls. Die ÖV-Standzeiten verändern sich gegenüber der Nullvariante nicht. Die MIV-relevanten Faktoren dagegen verschlechtern sich gegenüber der Nullvariante. Somit bietet die Alternative 4 (Kaphaltestelle in 150m Entfernung vom Kreis) die besten Bedingungen aller Alternativen für den ÖPNV, jedoch ungünstige Bedingungen für den MIV. Die Alternative 4 ist allerdings als Verknüpfungshaltestelle mit im Querverkehr verkehrenden ÖV-Linien auf Grund langer Wege ungeeignet.

Bei der Alternative 5 (Busbucht in 150m Entfernung zum Kreisverkehr) sind Verbesserungen des Verkehrsablaufes gegenüber der Nullvariante nicht zu erwarten. Die Alternative 5 stellt keine Beschleunigung der ÖV-Fahrt dar, hat aber auch nur geringe Auswirkungen auf den MIV-Verkehr.

Die Alternative 6 (Buskap am Kreisverkehr) kann die Vorteile der Kaphaltestelle für die ÖV-Fahrzeuge, wie sie in Alternative 4 deutlich wurden, nicht umsetzen. Die ÖV-relevanten Parameter ÖV-Reisezeit und ÖV-Verlustzeit verschlechtern sich deutlich, die Anzahl der Halte pro Fahrzeug nimmt auch zu. Auch im MIV-Verkehr verschlechtern sich die Reisezeiten und erhöhen sich die Verlustzeiten. Durch den Aufenthalt des ÖV-Fahrzeugs an der Haltestelle verlängert sich der Rückstau, so dass Behinderungen auch noch für das folgende ÖV-Fahrzeug möglich sind (Aufschaukeleffekt).

Die Alternative 7 (Busbucht am Kreisverkehr) hat in der Simulation reduzierte ÖV-Verlustzeiten und ÖV-Halte ergeben. Negative Auswirkungen für den MIV sind gegenüber der Nullvariante gering bzw. nicht vorhanden.

## 7.6.2 Ergebnisse der haltestellenabhängigen Auswertungen

In den Simulationen hat sich gezeigt, dass die Wahl der Haltestelle, Typ und Lage, je nach Belastung der Verkehrsanlage starke Schwankungen der untersuchten MIV- und ÖV-relevanten Parameter verursacht.

Die Auswertung hat ergeben, dass bei geringen Verkehrsstärken von bis zu 300 Kfz/h je Zufahrt keine Unterschiede im Verkehrsablauf für ÖPNV-Fahrzeuge entstehen. Bei 400 bis 500 Kfz/h je Zufahrt ergeben sich deutliche Vorteile für Kaphaltestellen. Erst bei Verkehrsstärken von 600 Kfz/h je Zufahrt zeigt die Kaphaltestelle in 150 Entfernung (Alternative 4) ihre deutlichen Vorzüge. Gegenüber den anderen Varianten weist sie klare Vorteile auf.

Die Auswertung der MIV-relevanten Parameter zeigt hingegen über alle Belastungsstufen deutliche Vorteile für die Buchthaltestellen.

Eine Zusammenführung MIV- und ÖV-relevanter Parameter ist aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung nicht zielführend.

### 7.6.3 Auswirkungen geänderter Parameter

#### 10-Minuten Takt

Der in der Simulation verwendete 5-Minuten-Takt stellt eine sehr enge Fahrzeugfolge von Linienbussen dar. In der Simulation konnte beobachtet werden, dass Linienbusse sich so häufig im Verkehrsstrom bewegten, dass sie ähnliche Fahrzeiten und Fahrzeitschwankungen wie MIV-Fahrzeuge aufwiesen (vgl. Abbildung 119).

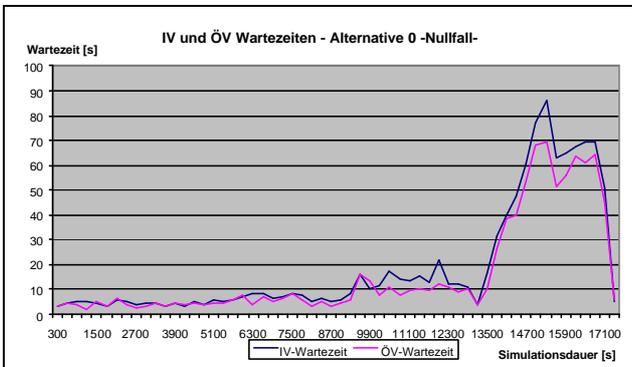


Abbildung 119: Verlustzeiten im Nullfall (5-Minuten-Takt) für IV- und ÖV-Fahrzeuge

Verkehren Linienbusse im 10-Minuten-Takt, sind die Verlustzeiten von MIV- und ÖV-Fahrzeugen deutlich unterschiedlicher. Bedingt wird dies auch durch die Reduzierung der Busse von 12 auf 6 je Stunde. Zwischen zwei ÖV-Fahrten kann sich die Situation am Kreisverkehr durch Schwankungen der Verkehrsstärke zufahrender Fahrzeuge verändern. Dadurch ergibt sich ein insgesamt geringeres Verlustzeitniveau und deutlich geringere ÖV-Verlustzeiten im Vergleich zu den MIV-Verlustzeiten, wie Abbildung 120 und Tabelle 51 zeigen.

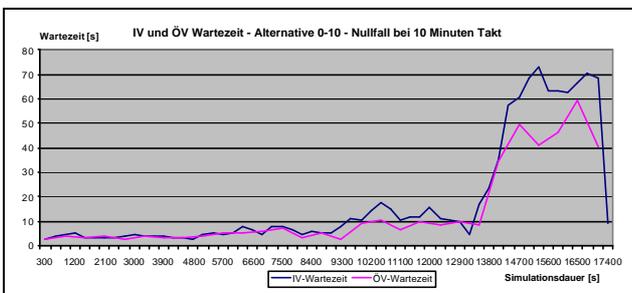


Abbildung 120: Verlustzeit im Nullfall mit 10-Minuten Takt

Belastung	IV-Verlustzeiten [s]		ÖV-Verlustzeiten [s]	
	IV-Verlustzeit Alt 0 – 5 min- Takt	IV-Verlustzeit Alt 0 – 10 min Takt	ÖV-Verlustzeit Alt 0 – 5 min Takt	ÖV-Verlustzeit Alt 0 – 10min Takt
300	4,3	4,0	3,8	3,6
400	6,8	6,0	5,6	5,1
500	13,8	12,4	10,2	7,9
600	57,8	55,1	50,1	39,9

Tabelle 51: mittlere Verlustzeiten je Fahrt für iv- und ÖV-Fahrten bei Linienverkehr im 5 bzw. 10 Minuten-Takt

Bei Belastungen bis zu 400 Kfz/h je Zufahrt ergeben sich quasi keine Unterschiede in der Verlustzeit je Fahrzeug für MIV und ÖV-Fahrzeuge, auch nicht in Abhängigkeit der Taktfolge. Ab 500 Kfz/h je Zufahrt sind Unterschiede sowohl zwischen MIV und ÖV-Fahrzeugen, als auch in Abhängigkeit von der Taktfolge zu erkennen. Die Verlustzeit für ÖV-Fahrzeuge reduziert sich demnach bei 50%-iger Reduzierung der Taktfolge um 28%. Veränderungen im MIV sind marginal und auf das Fehlen von 6 Linienbussen je Stunde zurückzuführen.

#### Über Eck-Linienerkehr

An 53% der kleinen Kreisverkehre verlaufen Linienfahrten geradeaus. 8% der Kreisverkehre werden zu Wendezwecken am Liniende befahren, Beschleunigungen sind in diesen Fällen nicht erforderlich. Somit treten an 39% der Kreisverkehre Über-Eck Linienverbindungen auf:

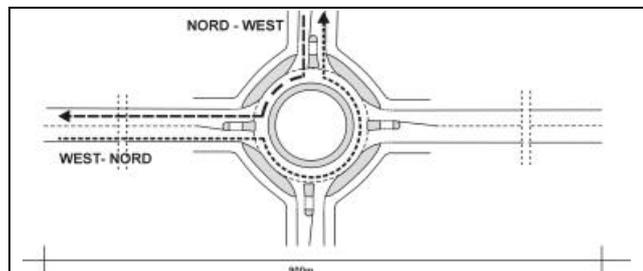


Abbildung 121: Über-Eck- Linienerkehr in Nord-West bzw. West-Nord Richtung

In der vorliegenden Simulation wurde die diagonale Querung der Kreisverkehre als die am häufigsten vorkommende ÖV-Fahrbeziehung untersucht. Dabei hat sich ergeben, dass Verlustzeiten an Kreisverkehren, also Beeinträchtigungen der idealen Fahrt, in allen Bereichen des Kreisverkehrs auftreten können, in der Zufahrt, an der Fußgängerfurt, bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn, auf der Kreisfahrbahn vor nachfolgenden Ausfahrten und beim Verlassen des Kreisverkehrs an der dortigen Fußgängerfurt.

Verläuft eine ÖV-Linie nicht diagonal, sondern abbiegend, ergeben sich folgende Änderungen:

Linienverlauf geradeaus: Es wird in die 2. Ausfahrt ausgefahren. Eine Zufahrt wird vorfahrtsberechtigigt

passiert, auf der Kreisfahrbahn können Behinderungen durch vorausfahrende Fahrzeuge entstehen, die an der zu passierenden Ausfahrt ausfahren wollen und dabei durch z.B. querende Fußgänger behindert werden.

Linienverlauf rechtsabbiegend: Die Fahrtstrecke auf der Fahrbahn reduziert sich um 50%. Es wird in die unmittelbar folgende Ausfahrt ausgefahren. Behinderungen an anderen, zu passierenden Ausfahrten entfallen.

Linienverlauf linksabbiegend: Es wird in die 3. Ausfahrt ausgefahren. Zwei Zufahrten werden vorfahrtberechtigt passiert, auf der Kreisfahrbahn können an zwei Ausfahrten Behinderungen durch vorausfahrende Fahrzeuge entstehen, die an den zu passierenden Ausfahrten ausfahren wollen und dabei durch z.B. querende Fußgänger behindert werden.

Auf einem Linienverlauf (Hin- und Rückrichtung) werden sowohl bei diagonaler Querung als auch bei abknickender Führung 2 Ausfahrten passiert, in die die Linienfahrzeuge nicht ausfahren. Somit entstehen an zwei Ausfahrten möglicherweise Beeinträchtigungen durch vorausfahrende, abbiegende Fahrzeuge. Generell ist der Verkehr auf der Kreisfahrbahn jedoch vorfahrtberechtigt, wenn diese Ausfahrten passiert werden. Somit ergeben sich bei gemeinsamer Betrachtung der Hin- und Rückfahrt im Mittel keine Änderungen zwischen diagonaler und abknickender ÖV-Führung, wenn die Möglichkeit einer direkten Bypassführung für den Rechtsabbieger nicht berücksichtigt wird.

Bei getrennter Betrachtung der Rechts- und Linksabbiegevorgänge ergeben sich allerdings Unterschiede:

Bei rechtsabbiegender Führung reduziert sich nach Tabelle 48 die Anzahl der Halte um die Halte vor einer nicht genutzten Ausfahrt (ca. 10%), dementsprechend auch die Verlustzeit. Bei einer Bypassführung für den Rechtsabbieger ergeben sich selbstverständlich noch weitere Beschleunigungspotentiale.

Bei linksabbiegender Führung erhöht sich die Zahl der Halte entsprechend um 10%. Dies trifft allerdings nur bei identischer Verteilung aller Verkehrsströme zu, wie dies in der Simulation berücksichtigt wurde. Bei geänderten Verkehrsströmen, insbesondere bei geänderter Fußgängerstärke, können Halte und Verlustzeiten differieren.

## 7.7 Allgemeine Ergebnisse der Simulation des Verkehrsablaufs an Kreisverkehren

Die Simulation auf Basis eines „idealen“ kleinen Kreisverkehrs gemäß Merkblatt zur Anlage von kleinen Kreisverkehren [FGSV, 1998] hat gezeigt, dass Beschleunigungsmaßnahmen für ÖV-Fahrzeuge an Kreisverkehren zu positiven Ergebnissen führen. Dazu eignen sich bauliche Maßnahmen, signaltechnische Maßnahmen und Maßnahmen zur Steuerung des ÖV-Fahrtablaufs.

Die Simulationsergebnisse sind unter definierten Randbedingungen (Kreisaußendurchmesser, Ein- bzw. Ausfahrtradien etc) entstanden. Sie zeigen relative Veränderungen zwischen einzelnen Simulationsalternativen. Unter anderen Randbedingungen können ggf. abweichende Ergebnisse entstehen.

Die Simulationen zeigen aber auch, dass die simulierten Alternativen erst bei hohen Verkehrsstärken der Verkehrsanlagen zu Beschleunigungen im Verkehrsablauf führen. Bei Verkehrsstärken bis 400 Kfz/h je Zufahrt sind keine Beschleunigungen zu erwarten. Beschleunigungsmaßnahmen sind also bei geringen Verkehrsstärken nicht erforderlich und eher ungünstig. Vielmehr verschlechtern sich die Messwerte gegenüber dem unbeschleunigten Nullfall. Erst ab Verkehrsstärken von 500 Kfz/h je Zufahrt wirken sich die meisten Alternativen positiv auf ÖV-Fahrten aus. Bei Verkehrsstärken über 600 Kfz/h je Zufahrt ergeben sich gegenüber dem Nullfall die größten Beschleunigungspotentiale.

Die Anlage einer ÖV-Spur in Seitenlage als bauliche Beschleunigungsmaßnahme gemäss Alternative 2 kann je nach Verkehrsstärke, Spurlänge und ÖV-Fahrzeugfolge eine z.T. erhebliche Verbesserung der ÖV-relevanten Messwerte ohne negative Auswirkungen für den MIV erreichen. Durch diese Beschleunigungsmaßnahme wird ein MIV-Rückstau in der Zufahrt umfahren, so dass sich die Verlustzeiten für ÖV-Fahrzeuge um bis zu 2/3 gegenüber dem Nullfall reduzieren lassen. Diese Beschleunigungsmaßnahme wirkt nur in der Zufahrt zum Kreisverkehr und hat keine beschleunigende Wirkung an der Einfahrt in die Kreisfahrbahn.

Beispiele dieser Lösung sind z.B. Kreisverkehre in Leverkusen, Wolfen, Münster und Lübeck.

In Münster und Lübeck sind zweistreifige Zufahrten zu zweistreifigen Kreisverkehren in eine MIV und eine ÖV-Spur umgewidmet worden, um den in Alternative 2 beschriebenen Beschleunigungseffekt zu nutzen. In Leverkusen sind ebenfalls zweistreifige Zufahrten zu einer Kreuzung bei der Umgestaltung zu einem Kreisverkehr in getrennte MIV- und ÖV-Spuren umgewidmet worden, allerdings

endet hier die MIV-Spur in Höhe einer Haltestelle in einer Fahrstreifenreduzierung, so dass nur ein Fahrstreifen zur Kreisfahrbahn führt. In Wolfen sind MIV-parallele ÖV-Spuren bis zur einstreifigen Kreisfahrbahn durchgezogen worden.

Die Alternativen 1 und 3 sind Lösungen baulicher Beschleunigungsmaßnahmen in Kombination mit signalgeregelten Beschleunigungen. ÖV-Spuren in den Zufahrten werden ergänzt durch geänderte Vorfahrtregelungen auf der Kreisfahrbahn und in den Zufahrten. Alternative 1 kann durch kurze Signalsperzeiten und verhältnismäßig geringe Eingriffe in den Verkehrsablauf auf der Kreisfahrbahn positive Ergebnisse sowohl für den ÖV als auch für den MIV aufweisen.

Die Alternative 3 greift in die Regelung des Verkehrsablaufes aller Zufahrten ein. Somit lässt sich eine komplett freie Kreisfahrbahn mit Bevorrechtigung des ÖV an der Fußgängerfurt der Zufahrt, an der Einfahrt in die Kreisfahrbahn, auf der Kreisfahrbahn sowie bei der Ausfahrt und an der Fußgängerfurt der Ausfahrt erreichen. Dies führt zu guten Messwerten für die ÖV-Fahrten, jedoch zu unverhältnismäßig hohen Beeinträchtigungen für andere Verkehrsteilnehmer.

Die geeignete Wahl von Haltestellentyp und -lage hat deutliche Auswirkungen auf den Verkehrsablauf am Kreisverkehr. Existieren keine ÖV-Linien im Querverkehr, erweist sich die Alternative 4, Kaphaltestelle in einer Entfernung zum Kreisverkehr, die bei 95% aller Rückstauungen am Kreisverkehr nicht überstaut wird (in der Simulation bei 150 m Entfernung), bei hohen Verkehrsstärken als die Haltestellenform mit den geringsten Beeinträchtigungen. Während der Haltestellenaufenthaltszeit des ÖV-Fahrzeugs reduziert sich der Rückstau in der Zufahrt, so dass im Idealfall nach dem Haltestellenaufenthalt ohne weiteren verkehrsbedingten Halt bis zur Fußgängerfurt gefahren werden kann. Dagegen zeigt die Kaphaltestelle nahe an der Kreisfahrbahn, Alternative 6, keine positiven Auswirkungen, da die ÖV-Fahrzeuge in der Zufahrt nicht beschleunigt werden und weitere Verlustzeiten für den MIV hinter dem haltenden ÖV-Fahrzeug entstehen.

## 8 Teilautomatische Auswertung von Einfahrtvorgängen zu kleinen Kreisverkehren

Die Videotechnik bietet seit Jahren die Grundlage für reproduzierbare Aussagen zu Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit. Ein führendes System ist dabei das vom Fachgebiet Verkehrswesen der Universität Kaiserslautern und der GVA<sup>58</sup> entwickelte System ViVAtraffic®. Die Auswertung des aufgezeichneten realen Verkehrsgeschehens ermöglicht Aussagen zu Fahrtverlauf, Reisezeiten, zurückgelegten Wegstrecken und Interaktionen zwischen Fahrzeugen.

Setzte man das System bisher vorrangig zur Ermittlung von Verkehrsbelastungen mittels automatischer Fahrzeugzählung und der Verkehrssicherheitsanalyse ein, wurde im Rahmen dieser Arbeit das System zur Ermittlung von Grenz- und Folgezeitlücken an Kreisverkehren und damit zur Leistungsfähigkeitsanalyse eingesetzt.

### 8.1 Technische Grundlagen von ViVAtraffic®

Das VerkehrsAnalyse-System ViVAtraffic® ermöglicht die Analyse beliebiger Verkehrssituationen aus Videoaufnahmen. Die Komponenten des Systems lassen sich in die Teile Videosystem, Frame-Grabber, PC-Hardware und PC-Software gliedern.

Das Videosystem (Kamera und Recorder) bestimmt die Bildqualität der Aufnahmen. Je höher die Auflösung des Systems, desto besser sind Objekte, Punkte, etc. bei der Auswertung zu markieren. Derzeit wird das S-VHS-System eingesetzt.

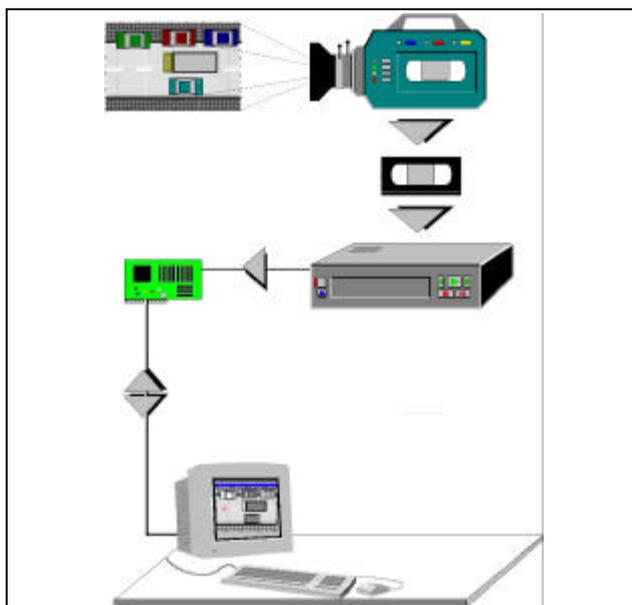


Abbildung 122: ViVAtraffic®-Systemaufbau: Videokamera, Videorecorder, Frame-Grabber und PC.

Die Hardware besteht aus einem aktuellen PC mit Pentium-Prozessor, einer schnellen Grafikkarte und einem großen Monitor. Hinzu kommt ein Frame-Grabber zur Wiedergabe und Auswertung der S-VHS-Aufnahmen. Die Software besteht aus dem Betriebssystem Windows NT und ViVAtraffic®.

Ein projektives Modell bildet die mathematische Grundlage des Systems. Durch dieses Modell kann einem Punkt auf dem Bildschirm der entsprechende Punkt auf der Straße zugeordnet werden. Somit sind alle Punkte auf der Straßenebene, die im Videobild zu sehen sind, bekannt.

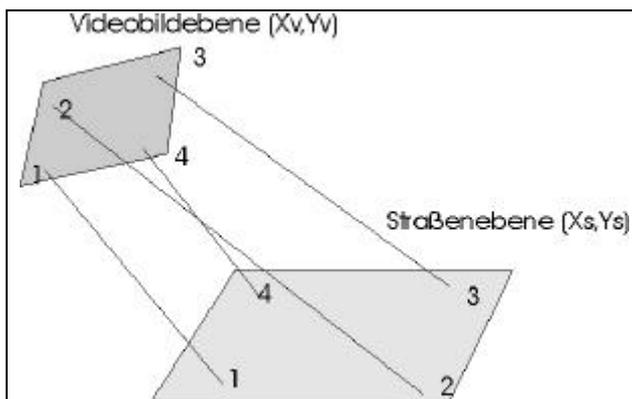


Abbildung 123: Projektives Modell und Bestimmungsgleichungen für die Umrechnung zwischen Videobildkoordinaten  $(x_v, y_v)$  und Straßenkoordinaten  $(x_s, y_s)$ .

Als Voraussetzung für die Anwendung dieses Modells müssen lediglich vier Punkte auf der Straße bekannt und auf dem Bildschirm zu erkennen sein, deren Lage zueinander exakt bekannt ist. Sind diese Punkte in der Straßenebene und in der Videoebene bekannt, so sind auch die Ebenen zueinander bekannt (kalibriert).

<sup>58</sup> ViVAtraffic, GVA Gesellschaft für Verkehrsanalyse, Kaiserslautern

Nach der Kalibrierung ist das System einsatzbereit, Realdaten in Videodaten zu übertragen. Das System ermöglicht nun die Analyse des realen Verkehrsablaufes unter Laborbedingungen. Die Übertragung der analogen Videobilder erfolgt mittels Frame-Grabber in digital auswertbare Bilder. Die relevanten Bildinformationen werden mittels Markierung aus den Digitalbildern gewonnen. Das System rechnet die am Bildschirm markierten Punkte in Realkoordinaten um und ermittelt anschließend die gewünschten Daten (interaktiv).

Die gewonnenen Daten können z.B. über Tabellenkalkulationsprogramme statistisch ausgewertet und in aussagekräftige Diagramme umgesetzt werden.

Über die Auswertung von Einzelwerten an einzelnen Querschnitten, wie Geschwindigkeitsauswertungen und Verkehrszählungen, hinaus bietet ViVAtraffic® die Möglichkeit, das Verkehrsverhalten bereichsweise zu analysieren.

Im vorliegenden Einsatzbereich wurden Fahrzeuge über einen längeren Zeitraum in den einzelnen Bildern detektiert. Dabei werden Sequenzen aus mehreren Bildern gespeichert, welche die gewünschte Situation/Bewegung umfassen. Anschließend werden die zu untersuchenden Verkehrsteilnehmer mittels eines mausgesteuerten Fadenkreuzes markiert. Die so ermittelten Positionen werden dann als zusammengehöriger Datensatz gespeichert und können ausgewertet werden. Über diese Berechnung der Bildinformationen und die Umsetzung in ViVAtraffic® ist z.B. die Erstellung von Bewegungslinien möglich.

Durch die Erfassung von Bewegungslinien können nicht nur Daten an bestimmten Stellen erhoben, sondern das Verkehrsverhalten in seinem Ablauf bestimmt und analysiert werden. Anwendungsbeispiele sind: Verkehrsverhalten von Kfz in Annäherung an Querungsstellen, Querungsverhalten der Fußgängerinnen und Fußgänger, Wirkung von Markierungen zur Geschwindigkeitsdämpfung, Beschleunigungsverhalten, Verkehrssicherheitsbetrachtungen, Ermittlung von kapazitätsrelevanten Parametern.

## 8.2 Ermittlung der Kapazität von Zufahrten an kleinen Kreisverkehren

Die Kapazität von Zufahrten zu Kreisverkehren ist abhängig von der Anzahl der Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn. Die Ermittlung der Kapazität erfolgte bisher nach den zwei Ansätzen mittels empirischer Erhebung und mittels Ermittlung von Grenz- und Folgezeitlücken. Berücksichtigt werden dabei die drei Verkehrsströme: Einfahrer, Ausfahrer und Kreisfahrer.

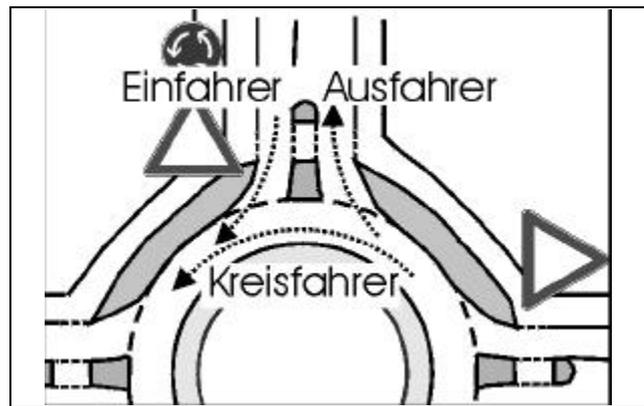


Abbildung 124: Einfahrer, Ausfahrer und Kreisfahrer an Kreisverkehrszufahrten

### 8.2.1 Bisherige Videoerhebungen

Bisher werden empirische Erhebungen mittels analoger Videotechnik durchgeführt und anschließend manuell ausgewertet. In die Videoaufnahme wird ein Timecode-Signal eingeblendet, um Zeiterfassungen zu ermöglichen. Bei der Auswertung realer Zufahrten zu Kreisverkehren werden Fahrzeuge in Zufahrt und Kreisfahrbahn gezählt. Da die Kapazität, die maximale Leistungsfähigkeit der Zufahrt, nur dann auftritt, wenn die Zufahrt sehr stark frequentiert wird, was an vielen Kreisverkehren nur in wenigen Minuten am Tag auftritt, werden bisher bei ständigem Rückstau in der Zufahrt Zählungen in 1-Minuten-Intervallen durchgeführt, da selten längere Zeiträume mit ständigem Rückstau beobachtet werden. Dabei ist natürlich nur eine ungenaue Zählung der Fahrzeuge durchzuführen, so dass keine exakten Daten erhoben werden können.

Je Fahrzeug werden 3 Zeiten ermittelt:

- Ankunft am Ende der Warteschlange (Schwellwert Langsamfahrt - „SWL“)
- Erreichen der 1. Warteposition („1.WP“)
- Einfahrt in den Kreisverkehr („E“)

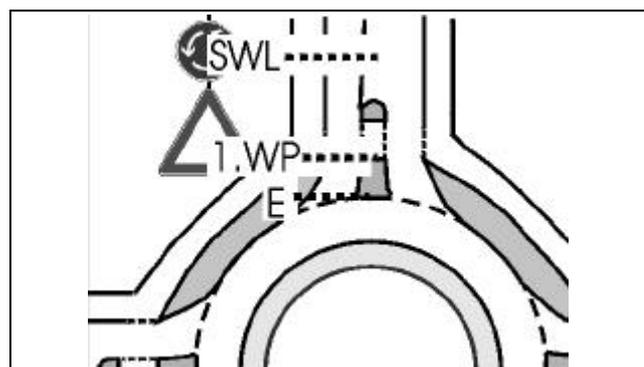


Abbildung 125: Ermittlung der 3 Zeitpunkte der Fahrzeugüberfahrt

Durch die Differenzbildung („1.WP“-„SWL“) wird die Fahrzeit vom Rückstauende bis zur ersten Warteposition ermittelt, mittels der Differenz („E“-„1.WP“) wird die Fahrzeit zwischen der Einfahrt in die Kreisfahrbahn („E“) und dem Erreichen der ersten Warteposition („1.WP“) ermittelt und aus der Differenz („E“-„SWL“) wird die Fahrzeit vom Rückstauende bis zur Einfahrt in den Kreisverkehr ermittelt. Die Zeitermittlung erfolgt bei manueller Auswertung am Bildschirm indem die Zeiten der während der Videoaufzeichnung eingeblendeten Timecode-Signale beim Erreichen der 3 kritischen Bereiche („SWL“, „1.WP“, „E“) abgelesen und in die Auswertesoftware übertragen werden.

### 8.2.2 Grenz- und Folgezeitlücken

Ein berechnungstheoretischer Ansatz basiert auf der Ermittlung von Grenz- und Folgezeitlücken in den Verkehrsströmen. Als praktikablen Ansatz empfiehlt WEINERT<sup>59</sup> das Maximum-Likelihood-Verfahren nach Troutbeck.

Durch die Bestimmung des komplexen Verkehrsablaufes von einfahrenden Fahrzeugen und auf der Kreisfahrbahn fahrenden Fahrzeugen durch die Folgezeitlücken in der Einfahrt und die abgelehnten und angenommenen Zeitlücken im Hauptstrom ist eine chronologische vollständige Beschreibung des Realablaufes möglich. Damit lassen sich empirisch ermittelte Zeiten zu Kapazitätsaussagen zusammenstellen.

Als Folgezeitlücke wird die Zeit zwischen 2 nacheinander aus einer Zufahrt in die Kreisfahrbahn einfahrenden Fahrzeugen bezeichnet.

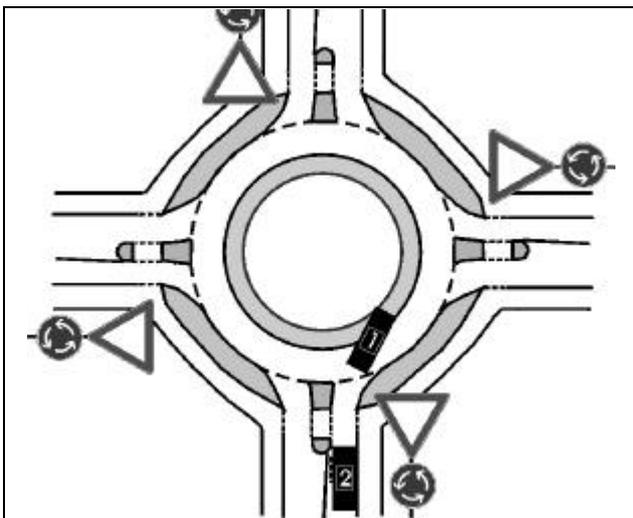


Abbildung 126: Folgezeitlücke zwischen zwei Fahrzeugen aus der Zufahrt

Abgelehnte Zeitlücken im Hauptstrom sind Lücken zwischen zwei Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn, die von einem Einfahrer nicht zur Einfahrt aus der Einfahrt in die Kreisfahrbahn genutzt werden konnten. Eine angenommene Zeitlücke im Hauptstrom ist eine Zeitlücke zwischen 2 Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn, die von einem Einfahrer zur Einfahrt auf die Kreisfahrbahn genutzt werden konnte. Aus der Verteilung der angenommenen und abgelehnten Zeitlücken im Hauptstrom wird die theoretische Grenzzeitlücke ermittelt:

*„Die Grenzzeitlückenverteilung einer Fahrerpopulation liegt, wenn man davon ausgeht, dass jeder Nebenstromfahrer  $i$  eine Grenzzeitlücke  $t_{g,i}$  hat, die zwischen seiner größten abgelehnten und seiner angenommenem Lücke liegt, zwischen den Verteilungsfunktionen der angenommenen und der größten abgelehnten Lücke aller Fahrer<sup>60</sup>.“*

Weinert entwickelt 3 Fälle, denen ein Nebenstromfahrer bei der Ermittlung der Grenzzeitlücke zugeordnet werden kann:

Sie verwendet dabei die Begriffe „lag“ und „gap“.

Als „lag“ definiert sie eine Restzeitlücke, die bei Ankunft eines einfahrenden Fahrzeuges an der Kreisfahrbahn entsteht. D.h. ein zuvor auf der Kreisfahrbahn fahrender Kreisfahrer wird nicht berücksichtigt, da keine Zusammenhänge zwischen den Fahrten bestehen.

Als „gap“ wird eine „echte“ Zeitlücke im Hauptstrom bezeichnet. D.h. ein zufahrendes Fahrzeug muss in 1. Warteposition ein bevorrechtigtes Fahrzeug auf der Kreisfahrbahn passieren lassen. Die anschließend auf der Kreisfahrbahn entstehende Lücke zwischen dem vorausfahrenden und dem nachfolgenden Fahrzeug ist die erste „gap“. Kann diese Lücke zur Einfahrt genutzt werden, ist dies die einzige „gap“ des Fahrzeuges  $i$ . Kann sie dagegen nicht zur Einfahrt genutzt werden, handelt es sich um eine abgelehnte „gap“. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis eine „gap“ angenommen wird.

<sup>59</sup> WEINERT, 2001

<sup>60</sup> WEINERT, 2001

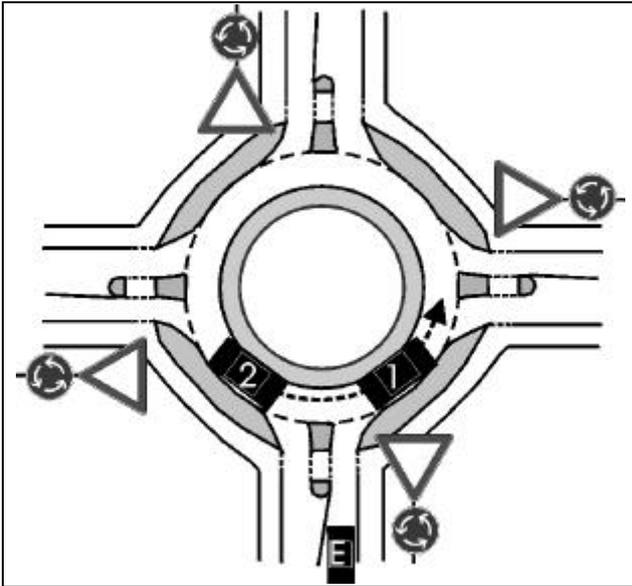


Abbildung 127: Zeitlücke im Hauptstrom zwischen zwei Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn

Die drei Fälle unterteilt Weinert wie folgt:

- A. „Ein Fahrer, der bereits die Restzeitlücke annehmen konnte, hat keine Lücke abgelehnt.
  - a.1: Dann wird die angenommene „lag“ nicht in den Datensatz aufgenommen, oder
  - a.2: Die abgelehnte Lücke wird als 0 definiert. Die angenommene ist die „lag“.
- B. Ein Fahrer hat die „lag“ abgelehnt und die erste „gap“ angenommen. Von diesem Fahrer könnten eine abgelehnte Lücke, die „lag“ und eine angenommene Lücke, die „gap“, gewertet werden.
- C. Ein Fahrer hat die „lag“ und mindestens die erste „gap“ abgelehnt, bevor er eine „gap“ angenommen hat.
  - C.1 Von diesem Fahrer wird nur eine abgelehnte Lücke berücksichtigt. Es wird die größte abgelehnte Lücke gewertet.
    - C.1.1 Diese kann den Wert der „lag“ oder einer „gap“ haben, je nachdem, welche dieser Lücken die größte war, die der betrachtete Fahrer abgelehnt hat. Die angenommene Lücke ist durch die angenommene „gap“ gegeben.
    - C.1.2 Die „lag“ wird nicht gewertet. Nur die „gaps“ werden registriert. Dann sind sowohl die größte abgelehnte als auch die angenommene Lücke des Fahrers „gap“.
    - C.2 Es werden alle beobachteten Lücken, die dieser Fahrer abgelehnt hat gewertet. Auf diese Weise ergibt es  $n > 1$  abgelehnte

Lücken und eine angenommene Lücke für diesen Fahrer...“<sup>61</sup>

Aufgrund des unterstellten konsistenten Verhaltens der Verkehrsteilnehmer (die akzeptierte Zeitlücke ist größer als alle zuvor abgelehnten Zeitlücken), verwirft WEINERT den Ansatz C2 als irrelevant.

$$G = 3600 * \left(1 - \frac{t_{\min} * q_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_z}{t_f} * e^{-\frac{q_k}{3600} * \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min}\right)}$$

mit:

G	=	Grundkapazität der Zufahrt
$q_k$	=	Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn
$n_k$	=	Anzahl der Fahrstreifen auf der Kreisfahrbahn
$n_e$	=	Anzahl der Fahrstreifen in der Zufahrt
$t_g$	=	Grenzzeitlücke
$t_f$	=	Folgezeitlücke
$t_{\min}$	=	Mindestzeitlücke zwischen den Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn

Dabei sollen folgende Werte verwendet werden:

$t_g$	=	4,1 s
$t_f$	=	2,9 s
$t_{\min}$	=	2,1 s

Abbildung 128: Kapazität einer Kreisverkehrszufahrt

Die aktuelle Berechnungsformel der Leistungsfähigkeit an kleinen Kreisverkehren basiert auf Untersuchungen von Brilon/Bondzio/Wu, die auch Grundlage der Kapazitätsberechnungen im HBS 2001 sind.

### 8.2.3 Kapazitätsermittlung mittels Videoanalyzesystem ViVAtraffic®

Das bisherige Verfahren der empirischen Kapazitätsbestimmung ist auf Grund des erforderlichen 1-Minuten-Rückstaus sowie der Problematik der Zählung der Fahrzeuge sehr ungenau. Bei der Ermittlung der Grenz- und Folgezeiten für das Verfahren nach Wu wurden die Werte  $t_g$ ,  $t_f$  und  $t_{\min}$  durch Annäherung der berechneten Werte an die Realwerte ermittelt, sodass auch hier Ungenauigkeiten auftreten. Grundlage beider Verfahren ist die manuelle Auswertung von Videobildern. Aus den Videobildern ist allerdings die exakte Ermittlung der Grenz- und Folgezeiten ohne ein Videoauswerteprogramm nicht möglich.

Durch den Einsatz des Videoauswertesystems ViVAtraffic® ist es nun möglich, exakte Auswertungen der real beobachteten Szenen unter Laborbedingungen durchzuführen.

Ausgehend von der Ermittlung von Bewegungsprofilen der Verkehrsteilnehmer wurden diese in Beziehung zueinander gesetzt.

<sup>61</sup> WEINERT, 2001

Damit lassen sich Geschwindigkeiten, Abstände und Reihenfolgen der Fahrzeuge ermitteln. Zur exakten Berechnung des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern untereinander wurde das Programm KLAUS (**K**reisverkehr-**L**eistungs-fähigkeits-**A**USwertung) entwickelt. Es ermöglicht über die Ermittlung der Beziehungen verschiedener Verkehrsteilnehmer die Berechnung von Grenz- und Folgezeitlücken. Diese dienen als Eingangsparameter zur Berechnung der Leistungsfähigkeit. Die Ermittlung der „gap“ und „lag“ erfolgt mittels ViVAtraffic® und dem Programm KLAUS.

KLAUS ermittelt alle Zeiten, die einzelne Einfahrvorgänge in die Kreisfahrbahn innerhalb einer Sequenz beschreiben. Dabei ist die Art der ausgewerteten Fahrzeuge nicht entscheidend. Es können sowohl Pkw, als auch Busse oder Lastwagen bei ihrer Einfahrt in den Kreisverkehr beschrieben werden.

Durch die Auswertung der exakt ermittelten Bewegungslinien können nun die Ergebnisse von Sequenzen mit Linienbussen, Sequenzen mit Lastwagen und Sequenzen ohne Busse und Lastwagen getrennt ausgewertet und gegenübergestellt werden.

Somit sind detaillierte Aussagen zur Kapazität von Kreisverkehren in Abhängigkeit des Schwerverkehrsanteils oder in Abhängigkeit der Häufigkeit von Linienfahrten möglich.

### 8.3 KLAUS

Die Berechnung der Kapazität von Zufahrten beruht auf der Belegung der Konfliktfläche durch Fahrzeuge aus den beiden Strömen der Einfahrer und der Kreisfahrer. Der Belegungsgrad der Konfliktflächen wird durch die Auswertung der Bewegungslinien von Fahrzeugen, wie sie von ViVAtraffic® zur Verfügung gestellt werden, errechnet. Dies geschieht mittels des EDV-Programms KLAUS.

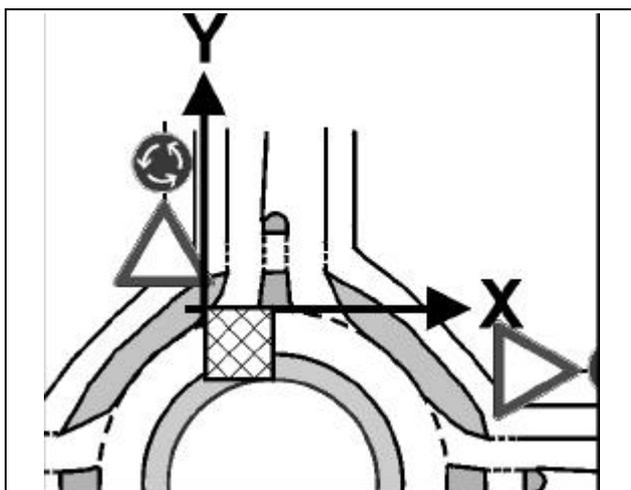


Abbildung 129: Konfliktbereich zwischen einmündenden und Kreisfahrenden Fahrzeugen

Der Konfliktbereich in Abbildung 129 zeigt, welcher Bereich von Fahrzeugen aus der Zufahrt und der Kreisfahrbahn nur nacheinander befahren werden kann. Das Koordinatensystem symbolisiert die Übertragung der Realdaten mittels ViVAtraffic® auf die Videoebene und sichert die Auswertbarkeit.

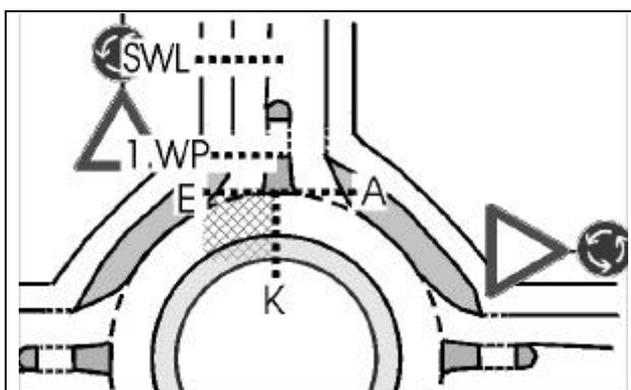


Abbildung 130: Definition des Konfliktbereiches über die Konfliktlinien K (Kreisfahrbahn) und E (Einfahrt); A (Ausfahrt) zur Erfassung ausfahrender Fahrzeuge, Konfliktlinie SWL (Schwellwert Langsamfahrt) zur Ermittlung der Reduzierung der Geschwindigkeit bei der Annäherung in der Zufahrt (variabel); Konfliktlinie 1.WP zur Bestimmung der Einfahrt in die 1. Warteposition

Die Befahrung des Konfliktbereiches setzt die Einfahrt in diesen voraus. Durch die Auswertung der Bewegungslinien zufahrender Fahrzeuge und der

Überschreitung der Konfliktlinie K bei Kreisfahrern und der Konfliktlinie E bei Einfahrern lässt sich die exakte Reihenfolge der Befahrung des Konfliktbereiches festlegen. An diesen Konfliktlinien findet dann auch die Messung von Grenz- und Folgezeitlücken statt.

Der Quelltext des Programms KLAUS befindet sich im Anhang.

### 8.3.1 Beschreibung von KLAUS

Das Programm KLAUS basiert auf der Auswertung von Sequenzen des Verkehrsablaufes.

Eine Sequenz umfasst stets eine Anzahl von Fahrzeugen, die sich im Bereich einer Einfahrt in den Kreisverkehr gegenseitig beeinflussen. Dies können Einfahrer, Ausfahrer und Kreisfahrer sein.

- Eine Sequenz beginnt mit einem Kreisfahrer und dessen Einfahrt in den Konfliktbereich.
- Eine Sequenz endet mit einem Kreisfahrer oder einem Ausfahrer.
- Zwischen Sequenzbeginn und Sequenzende werden alle den Konfliktbereich befahrenden Fahrzeuge erfasst.
- Die Fahrzeuge werden den 3 Typen Kreisfahrer, Ausfahrer und Einfahrer zugeordnet und gezählt.

Insgesamt ist die Sequenz nicht zeitabhängig sondern ereignisabhängig. Während der Auswertung wird parallel eine Zählung der Fahrzeuge sowie eine Ermittlung der Folgezeitlücken und der abgelehnten und angenommenen Zeitlücken im Hauptstrom durchgeführt. Es werden auch mehrere Kreisfahrer betrachtet, wenn Zeitlücken im Hauptstrom von Einfahrern abgelehnt werden.

#### Verkehrszählung

Alle Fahrzeuge einer Sequenz werden getrennt nach Einfahrern, Ausfahrern und Kreisfahrern gezählt. Die übliche Einheit zur Kapazitätsberechnung ist [FZ pro Stunde (FZ/h)]. Da die ausgewerteten Sequenzen unterschiedlich lang sind, allerdings deutlich kürzer als eine Stunde, wird eine Hochrechnung der Auswertung durchgeführt.

$$E = E_S * z \quad [\text{Fz/h}]$$

$$K = K_S * z \quad [\text{Fz/h}]$$

$$A = A_S * z \quad [\text{Fz/h}]$$

mit:

$$z = 3600 / t_S$$

z Sequenzen/h

$t_S$  Sequenzzeit

E, K, A: Einfahrer, Kreisfahrer, Ausfahrer je Stunde [Fz/h]

$E_S, K_S, A_S$ : Einfahrer, Kreisfahrer, Ausfahrer je Sequenz [Fz/Sequenz]

Gleichung 10: Sequenzbelastung

Wird eine Sequenz durch einen Kreisfahrer beendet, wird dieses Fahrzeug nicht mitgezählt, da es bereits die folgende Sequenz eröffnet und daher zu Doppelzählungen führen würde.

Durch die Umrechnung auf Stundenwerte ist die Anwendung der Formeln des HBS<sup>62</sup> weiterhin möglich.

#### Ermittlung von Grenz- und Folgezeitlücken

Durch die Auswertung der Bewegungen der Fahrzeuge mittels Bewegungslinien ist eine zeitlich detaillierte Angabe über den Standort jedes beobachteten Fahrzeuges möglich. In Abhängigkeit der gefangenen Bilder pro Sekunde (üblich: 4 Bilder pro Sekunde) ist mittels Interpolation jederzeit eine genaue Berechnung des aktuellen Standortes des auszuwertenden Fahrzeuges möglich.

Die Kapazitätsberechnung nach dem Modell der Grenz- und Folgezeitlücken setzt die Kenntnis der exakten angenommenen und abgelehnten Zeitlücken im übergeordneten Fahrzeugstrom sowie der Folgezeiten voraus. Diese werden an den Konfliktlinien aus den Bewegungslinien ermittelt.

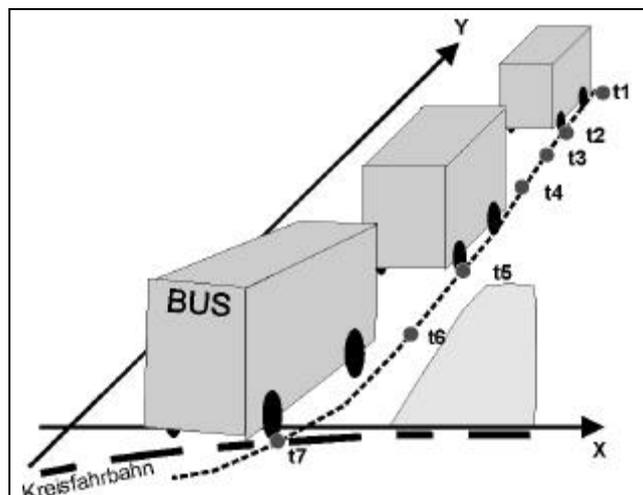


Abbildung 131: Erstellung einer Bewegungslinie aus Einzelbildern

<sup>62</sup> FGSV, 2001

Die Folgezeitlücke wird ermittelt aus der Zeitspanne, die sich durch zwei nachfolgende Fahrzeuge in der Zufahrt beim Überfahren der Konfliktlinie E ergibt.

Die Grenzzeitlücke ist die theoretisch akzeptierte Zeitlücke eines individuellen Nebenstromfahrzeuges zwischen zwei auf der Kreisfahrbahn fahrenden Hauptstromfahrzeugen.

Die Ermittlung der „lag“ und „gap“ erfolgt mittels ViVAtraffic® und dem Programm KLAUS wie folgt:

„lag“

Die Restzeitlücke „lag“ wird aus dem Vergleich der Einfahrt in die Kreisfahrbahn und der Überfahrt eines Kreisfahrers über die Konfliktlinie K für den Fall ermittelt, dass der Einfahrer ohne Behinderungen in die Kreisfahrbahn einfahren konnte.

„gap“

Muss der Einfahrer aufgrund eines bevorrechtigten Fahrzeuges auf der Kreisfahrbahn anhalten, und kann somit die „lag“ nicht nutzen, so bilden dieser und der nachfolgende Kreisfahrer eine „gap“. Diese wird aus der Überfahrt der beiden Kreisfahrer über die Konfliktlinie K errechnet.

Hat der Einfahrer diese Zeitlücke angenommen, d.h. der Einfahrer fährt über die Konfliktlinie „E“ bevor der zweite Kreisfahrer über die Konfliktlinie „K“ fährt, so ist das die angenommene „gap“.

Fährt der zweite Kreisfahrer jedoch vor dem Einfahrer in die Konfliktfläche ein, d.h. der Einfahrer überfährt die Konfliktlinie „E“ erst nachdem der Kreisfahrer die Konfliktlinie „K“ überfährt, hat der Einfahrer die Zeitlücke, die „gap“, abgelehnt. Dies wiederholt sich, bis eine „gap“ vom Einfahrer angenommen wird.

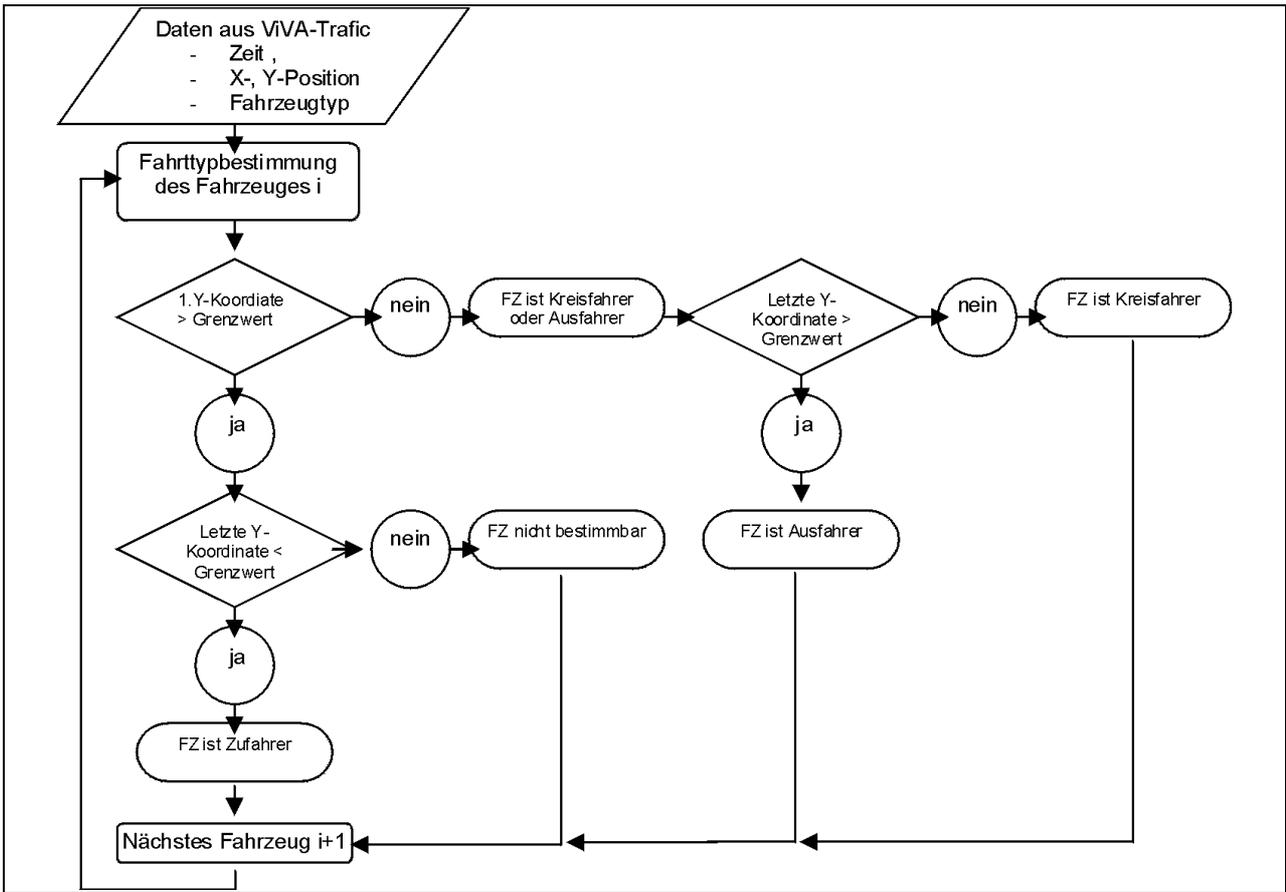


Abbildung 132: Identifikation eines Fahrzeuges aus den VIVAtraffic® c Bewegungsdaten

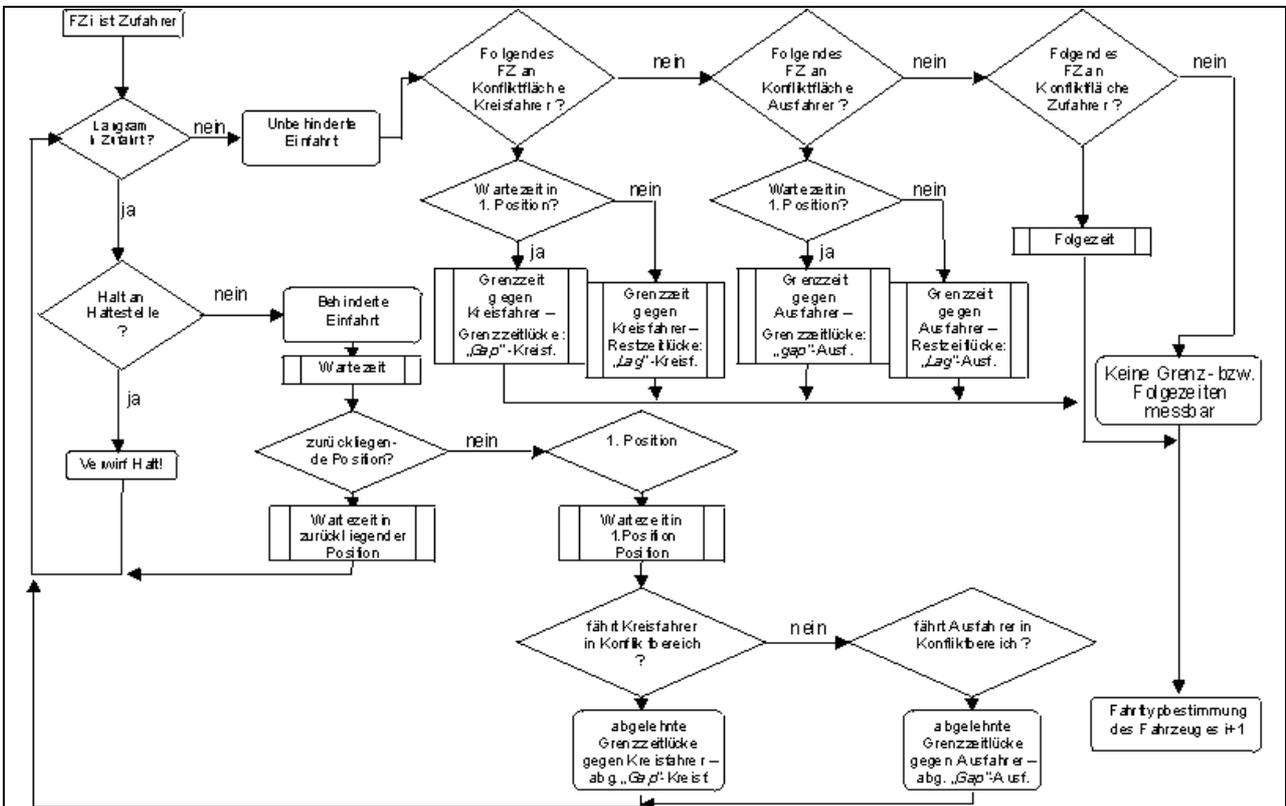


Abbildung 133: Berechnungsschemata zur Erfassung von Reisezeiten, Wartezeiten, Grenz- und Folgezeitlücken.

Aus den Bewegungsdaten der einzelnen Fahrzeuge einer Sequenz werden Beziehungen zwischen den Fahrzeugen ermittelt.

Aus den Bewegungsdaten der Einfahrer werden 3 Zeitpunkte (siehe Abbildung 130) ermittelt:

1. Reduzierung der Geschwindigkeit unter einen Schwellwert („SWL“)
2. Zeitpunkt des Erreichens der 1. Warteposition („1.WP“)
3. Einfahrt in den Kreisverkehr („E“)

Mittels dieser 3 Zeiten kann die Fahrt des Fahrzeuges in der Zufahrt beschrieben werden.

Bei Rückstaufreiheit in der Zufahrt wird das Fahrzeug seine Geschwindigkeit langsam reduzieren und mit verminderter Geschwindigkeit in die Kreisfahrbahn einfahren. Eine Reduzierung der Geschwindigkeit unter den Schwellwert findet nicht statt, ein Zeitpunkt „SWL“ kann nicht erhoben werden.

Der Zeitpunkt „1.WP“ erfasst die Ankunft des Fahrzeuges an der 1. Warteposition (6 m vor der Kreisfahrbahn – eine Fahrzeuglänge).

Der Zeitpunkt „E“ erfasst die Einfahrt in die Kreisfahrbahn.

Trifft das zufahrende Fahrzeug auf einen Rückstau in der Zufahrt, entstehen Wartezeiten. Diese berechnen sich aus der Fahrzeit zwischen den einzelnen Messpunkten und dem Vergleich mit einer „idealen Fahrt“.

Wartezeiten in zurückliegenden Positionen ergeben sich, wenn das zufahrende Fahrzeug auf einen Rückstau trifft. Entstehen ab dem Erreichen der Position hinter dem letzten Fahrzeug in der Warteschlange (Verringerung der Geschwindigkeit unter einen Schwellwert („SWL“) und dem Erreichen der 1. Warteposition („1.WP“)

Muss das einfahrende Fahrzeug nun übergeordneten Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn Vorfahrt einräumen, so entsteht eine Wartezeit an 1. Position. Diese errechnet sich aus der Zeit des Erreichens der 1. Warteposition („1.WP“) und der Einfahrt in den Kreisbereich („E“).

Insgesamt berechnet KLAUS elf Werte zur Ermittlung von Fahrzeugfolgen am Konfliktbereich und 3 Zeitpunkte für einfahrende Fahrzeuge:

1. SWL – Erreichen des Schwellwertes für verminderte Fahrzeuggeschwindigkeit bei der Einfahrt
2. 1. WP – Zeitpunkt des Erreichens der 1. Warteposition
3. Überfahrt über die Konfliktlinie „E“

4. Folgezeit Einfahrer
5. „lag“ – Kreisfahrer
6. „lag“ – Ausfahrer
7. „gap“ abgelehnt – Kreisfahrer
8. „gap“ abgelehnt – Ausfahrer
9. „gap“ angenommen – Kreisfahrer
10. „gap“ angenommen – Ausfahrer
11. TB- Folgezeit Kreisfahrer

Für Ausfahrer und Kreisfahrer wird jeweils eine Zeit ermittelt:

12. Ausfahrer: Überfahrt über Konfliktlinie „A“
13. Kreisfahrer: Überfahrt über Konfliktlinie „K“

Die Auswertung dieser Zeiten ermöglicht die für die Berechnung der Kapazität der Knotenzufahrt erforderlichen Werte.

In folgender Abbildung sind die Bewegungslinien beobachteter und ausgewerteter Fahrzeuge einer Zufahrt dargestellt. Die Konfliktlinien „E“, „A“ und „K“ stellen die Bereiche dar, die den Konfliktbereich eröffnen und an denen die Zeitpunkte der Einfahrt in den Konfliktbereich bestimmt werden.

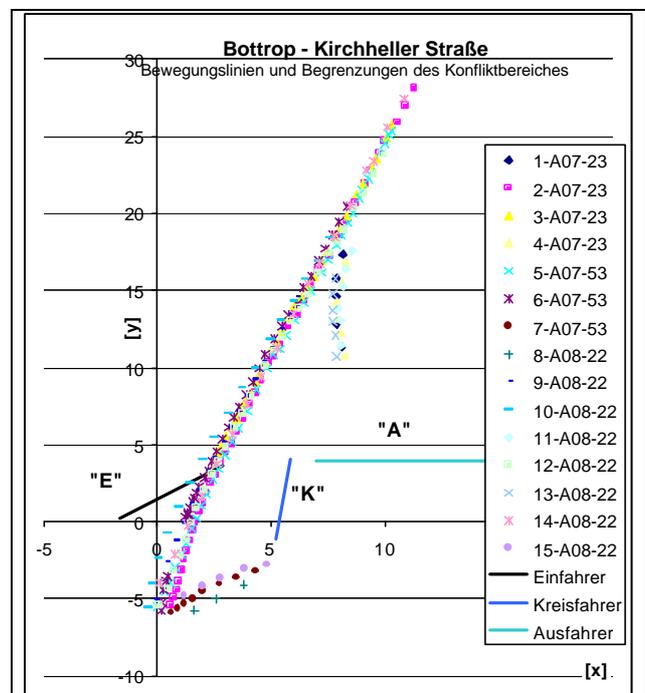


Abbildung 134: Bewegungslinien von Einfahrern, Kreisfahrern und Ausfahrern (mit Konfliktlinien „E“, „K“ und „A“)

Alle Berechnungen von Zwischenzeiten, Grenz- und Folgezeiten basieren auf der Ermittlung der Konfliktlinienüberfahrzeiten.

1. SWL- Schwellwert „Langsamfahrt“  
Zeitpunkt und Ort des Unterschreitens eines Grenzwertes zum Erkennen einer verlangsamten Fahrt als Indiz für Einflüsse durch andere Verkehrsteilnehmer.
2. Erreichen „1. WP“  
Überfahrt der 6m (eine Fahrzeuglänge) zurückversetzten Konfliktlinie „1. Warteposition“ – Ende der Wartezeit in den zurückliegenden Positionen – Beginn der Wartezeit in 1. Warteposition.
3. Überfahrt über die Konfliktlinie „E“  
Ermittlung des Zeitpunktes der Einfahrt eines Einfahrers aus der Zufahrt auf die Kreisfahrbahn
4. Folgezeit Einfahrer  
Gebildet wird die Zeitdifferenz der Überfahrt der Konfliktlinien „E“ von 2 unmittelbar nachfolgenden Fahrzeugen in einer Zufahrt
5. „lag“-Kreisfahrer  
Zeitdifferenz zwischen der Überfahrt der Konfliktlinie „E“ eines Einfahrers und der Überfahrt der Konfliktlinie „K“ des unmittelbar nachfolgenden Fahrzeuges auf der Kreisfahrbahn. – vor dem Einfahrer befinden sich keine Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn.
6. „lag“-Ausfahrer  
Zeitdifferenz zwischen der Überfahrt der Konfliktlinie „E“ eines Einfahrers und der Überfahrt der Konfliktlinie „A“ des unmittelbar nachfolgenden Fahrzeuges das ausfährt. – vor dem Einfahrer befinden sich keine Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn.
7. „gap“- abgelehnt – Kreisfahrer
  - a. 1. abgelehnte Lücke  
Zeitdifferenz zwischen Erreichen der Konfliktlinie „1.WP“ eines einfahrenden Fahrzeuges, das zum Stehen kommt, und der Überfahrt eines Kreisfahrers über die Linie „K“
  - b. folgende abgelehnte Lücken  
Zeitdifferenz zwischen 2 unmittelbar nachfolgenden Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn bei der Überfahrt über die Konfliktlinie „K“
8. „gap“- abgelehnte Lücke Ausfahrer
  - a. 1. abgelehnte Lücke  
Zeitdifferenz zwischen Erreichen der Konfliktlinie „1.WP“ eines einfahrenden Fahrzeuges, das zum Stehen kommt, und der Überfahrt eines Ausfahrers über die Linie „A“
  - b. folgende abgelehnte Lücken  
Zeitdifferenz zwischen 2 unmittelbar nachfolgenden Fahrzeugen, die aus der Kreisfahrbahn in die Ausfahrt ausfahren, ermittelt durch Überfahrt über die Konfliktlinie „A“
9. „gap“-angenommen Kreisfahrer  
Zeitdifferenz zwischen Überfahrt der Konfliktli-

nie „E“ eines einfahrenden Fahrzeuges und der Überfahrt eines Kreisfahrers über die Linie „K“

10. „gap“-angenommen Ausfahrer  
Zeitdifferenz zwischen Überfahrt der Konfliktlinie „E“ eines einfahrenden Fahrzeuges und der Überfahrt eines Ausfahrers über die Linie „A“
11. TB – Folgezeit – Kreisfahrer  
Zeitdifferenz zwischen 2 unmittelbar nachfolgenden Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn bei der Überfahrt über die Konfliktlinie „K“
12. Überfahrt über die Konfliktlinie „A“  
Ermittlung des Zeitpunktes des Verlassens der Kreisfahrbahn eines Ausfahrers in die Ausfahrt
13. Überfahrt der Konfliktlinie „K“  
Ermittlung des Zeitpunktes der Einfahrt eines Kreisfahrers in den Konfliktbereich „Kreisfahrbahn-Zufahrt“

### 8.3.2 Vergleich manuelle Auswertung - KLAUS

Die klassische Auswertung der Videoaufnahmen vollzieht sich in der manuellen Auswertung der aufgenommenen Bilder durch geschultes Personal am Bildschirm. Dabei wird Bild für Bild ausgewertet, ob z.B. ein Fahrzeug einen Einfahrtbereich (d.h. eine Linie) überfahren hat oder nicht.

Dieser Einfahrtbereich wird allerdings am Monitor definiert. Eine reale Einfahrtlinie aus der Praxis (eine Linie in der Zufahrt) existiert nicht. Somit kommt es stets zu Ungenauigkeiten, da das reale 3-D Verkehrsgeschehen auf der Straße in der Auswertung auf eine 2-D Ebene am Monitor reduziert wird.



Abbildung 135: Stuttgart, Kreisverkehr Daimlerstraße - Deckerstraße, Zufahrt Bahnhofstraße - Original



Abbildung 136: Stuttgart, Kreisverkehr Daimlerstraße - Deckerstraße, Zufahrt Bahnhofstraße – Linien für manuelle Bildschirmauswertung

Der Ansatz von Klaus basiert auf der Auswertung der real mittels ViVAtraffic® ermittelten Bewegungslinien. Daher ist die Problematik der Auswertung von Realdaten am Videobildschirm reduziert.

Ein Vergleich der manuellen Auswertung mit der ViVAtraffic® basierten Ermittlung mittels KLAUS bestätigt die Zuverlässigkeit der Methode exemplarisch am Beispiel des Kreisverkehrs in Bottrop. Da dieser Kreisverkehr nicht vollständig einsehbar ist, bietet die Anwendung von KLAUS die einzige Möglichkeit der vollständigen Erfassung des Verkehrsablaufes.

	Manuelle Videoauswertung	KLAUS
Erfasste Fahrzeuge	58	58
Richtig erkannte Fahrtrichtungen	58	58 (100%)
Ermittlung der Kontaktlinienüberfahrt möglich	Nur bei Einfahrern und Kreisfahrern (Ausfahrer waren im Bild nicht erfassbar)	Alle; Ausfahrer wurden aus der Geometrie errechnet
Richtige Reihenfolge der Konfliktlinien-Überfahrt	Nicht eindeutig zu erkennen Ausfahrerüberfahrt nicht im Bild	Alle
min. Folgezeit	3,767	
Grenzzeit/Kreisfahrer	2,145	
Grenzzeit/Ausfahrer	0,403	
Folgezeit/Kreisfahrer	18,519	
Kreisfahrer/Stunde	242	
Einfahrer/Stunde	571	

Tabelle 52: Auswertung Bottrop, Kirchheller Straße-Eichenstraße, Zufahrt Eichenstraße, Kamera B



Abbildung 137: Auswertung der Zufahrt Bottrop, Kirchheller Straße

Die Tabelle 52 zeigt, dass selbst unter der ungünstigen Kameraeinstellung, durch die ausfahrende Fahrzeuge nicht bei der Überfahrt der Konfliktlinie „A“ beobachtet werden konnten, eine vollständige richtige Zuordnungen von Fahrzeugtyp und Fahrzeugfolge möglich war.

\$Version ViVAtraffic® 2.5.1							
\$Titel A08-52							
\$Projekt K_Bottrop							
\$Standort Kirchhellenerstr - Eichenstr							
\$Kalibrierung CAM B Eichenstraße							
\$Messung A08-52							
\$Erstellungsdatum 11 September 2002							
T	0	0,2	0,5	0,8	1	1,2	1,5
X	4,3	3,3	2,4	1,4	0,6	?	?
Y	-3	-3,5	-4,1	-4,9	-5,7	?	?
VT		PKWM	VL	3,7	1,8	0,9	1,1
X	?	?	?	?	?	?	?
Y	?	?	?	?	?	?	?
VT		BUS	HL	12	2,5	2,6	3,1
X	?	?	?	?	?	?	?
Y	?	?	?	?	?	?	?
VT		PKWM	HL	3,7	1,8	0,9	1,1
X	?	?	?	?	?	?	?
Y	?	?	?	?	?	?	?
VT		PKWM	VL	3,7	1,8	0,9	1,1

Tabelle 53: Daten der Bewegungslinie für Sequenz Bus 8:52 Uhr (Auszug)

Die obige Tabelle zeigt einen Auszug aus den Originaldaten der Bewegungslinien von ViVAtraffic®. In der Datei werden 4 Fahrzeuge erfasst: 3 Pkw (PKWM) und ein Bus (BUS). Die Bewegungslinien setzen sich zusammen aus einem Zeitwert (T), X-Koordinaten (X), Y-Koordinaten (Y) sowie einer Zeile mit Daten zum Fahrzeug (VT).

Zusammenfassung f.A08-52.bew				
FZ Nr.	1	2	3	4
FZ Typ	PKWM	BUS	PKWM	PKWM
Fahrtrichtung	Kreis- fahrer	Einfahrer	Einfahrer	Kreisfahrer
Automatische Auswertung mit KLAUS				
Konfliktbereich Einfahrt [s]	-0,399	8,912	14,44	18,12
Differenz [s]		9,311	5,528	3,68
Manuelle Auswertung				
Bild Nr:	12	51	73	86
entsp.: [s] <sup>63</sup>	3	12,75	18,25	21,5
Differenz [s]		9,75	5,5	3,25
Vergleich Automatische Auswertung / Manuelle Auswertung				
Differenz [s]		0,439	0,028	0,43
Bewertung		ok	ok	ok

Tabelle 54: Vergleich manueller und automatischer Auswertung der Sequenz mit dem Linienbus um 8:52 Uhr

Der Vergleich der automatischen Auswertung der Bewegungslinien mittels KLAUS und der manuellen Auswertung am Bildschirm beruht auf der Auswertung der 4 Fahrzeuge:

1. PKW, Kreisfahrer
2. Bus, Einfahrer
3. Pkw, Einfahrer
4. Pkw, Kreisfahrer

In der manuellen Auswertung wird das Bild, in dem das Fahrzeug die (am Monitor mittels Klebeband dargestellte) Konfliktlinie überfährt, erfasst. Aus der Differenz der Bildnummern werden dann die Zwischenzeiten ermittelt.

Für die 4 Fahrzeuge wird die jeweilige Einfahrt in den Konfliktbereich durch KLAUS automatisch ermittelt. Die Differenzen der Einfahrzeiten werden berechnet und bilden anschließend die Grundlage zur Berechnung von „gap“ und „lag“.

Die Differenz der beiden Auswertemethoden zeigt, dass eine maximale Abweichung von 0,43 Sekunden festgestellt wurde. Diese beruht z.B. auf einer nicht exakten Ermittlung der Überfahrt der Konfliktlinie, wenn diese zwischen 2 Bildern erfolgt.

Somit liefert die automatische Auswertung durch Interpolation stets exaktere Ergebnisse als die manuelle Auswertung.

<sup>63</sup> Umrechnung der Bilddifferenzen in Zeiten, differierende Zahlen basieren auf unterschiedlichem Erfassungsbeginn der Sequenz



Bild 12 – Kreisfahrer (FZ1)



Bild 51 – Einfahrer (BUS, FZ2)



Bild 73 – Einfahrer (FZ3)

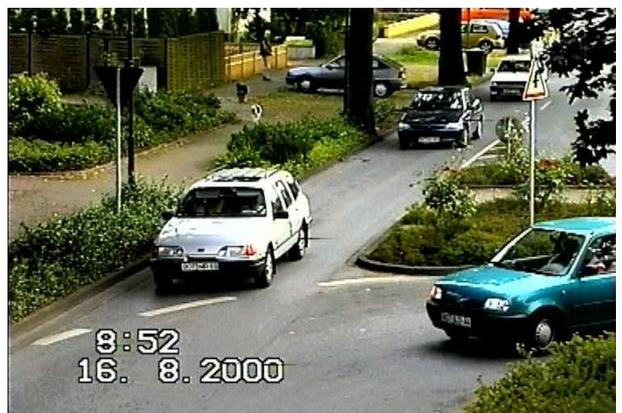


Bild 86 – Kreisfahrer (FZ4)

Abbildung 138: Auswertung einer Sequenz

Ein weiterer Vorteil ist die mögliche Extrapolation von Bewegungslinien von Fahrzeugen.

Kann auf Grund der ungünstigen Kameraposition (wie auch bei der vorliegenden Auswertung) die Überfahrt über eine Konfliktlinie (hier die Ausfahrt) nicht im Bild festgehalten werden, so kann aus der Geometrie der Zufahrt auch ein Fahrzeug, das nur in einem von der Konfliktlinie entfernt liegenden Teilbereich im Bild zu sehen ist, noch ausgewertet werden. Dies ist mit der manuellen Auswertung nicht möglich.

## 9 Zusammenfassung

### 9.1 Allgemeines

Kreisverkehrsplätze sind „in“<sup>64</sup>, die „Straßenbauer haben den Dreh raus“<sup>65</sup>.

Der Kreisverkehr ermöglicht eine einfache und übersichtliche Verkehrsführung mit wenigen Konfliktpunkten. Positiv für Kreisverkehre werden

- geringe Wartezeiten,
- hohe Verkehrssicherheit,
- niedrige Geschwindigkeiten

bewertet. Damit eignen sich Kreisverkehre in besonderer Form für den Individualverkehr.

Verkehren ÖPNV-Fahrzeuge regelmäßig nach Fahrplan über Kreisverkehre, ergeben sich geänderte Anforderungen: Bei hohen Verkehrsstärken können Verlustzeiten entstehen, die den Fahrtablauf der ÖV-Fahrzeuge und damit den Fahrplan erheblich stören können.

In den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass Möglichkeiten bestehen, diese Behinderungen auf dem Linienweg zu reduzieren. Sowohl die empirische Auswertung bestehender Kreisverkehre als auch die Simulation diverser Alternativen hat dies bestätigt.

Zur Beschleunigung von ÖV-Fahrzeugen an Kreisverkehren sind mehrere Ansätze möglich:

- Durch bauliche Maßnahmen wie z.B. ÖV-Spuren in den Zufahrten können Behinderungen in den Zufahrten reduziert werden,
- Signalisierungen der Kreisfahrbahn ermöglichen eine beeinträchtigungsfreie Einfahrt des ÖV-Fahrzeuges in die Kreisfahrbahn,
- Signalisierte Führungen von ÖV-Spuren über Mittelinseln verringern Reisezeitverluste und verbessern den Fahrkomfort,
- Einsehbare Zufahrten und Ausfahrten verbessern den Fahrkomfort,
- Kreisaußendurchmesser von 28m sichern i.a. die Befahrbarkeit für Standartlinienbusse
- Zusätzliche gepflasterte Flächen als Eckausrundungen ermöglichen tangentialere Zufahrten und Ausfahrten für Linienbusse an Kreisverkehren,
- etc.

Allerdings hat sich auch gezeigt, dass bei geringen Verkehrsbelastungen keine Beschleunigungsmaßnahmen erforderlich sind, da Beeinträchtigungen im Nullfall, also ohne Maßnahmen nicht existent oder sehr selten sind. Dann steht der Aufwand für Beschleunigungsmaßnahmen z.B. von gesonderten ÖV-Spuren in keiner Relation zur beschleunigenden Wirkung. Bei höherer Belastung der Zufahrt ermöglicht die ÖV-Spur dagegen hervorragende Beschleunigungen gegenüber dem nicht-beschleunigten Vorher-Zustand, aber auch gegenüber den MIV-Fahrzeugen im gleichen Verkehrsstrom.

Aus den empirischen Untersuchungen wird dieser Eindruck ebenfalls gestützt. Der Verkehrsablauf an Zufahrten mit ÖV-Spuren in den Zufahrten ist flüssig, Halte von ÖV-Fahrzeugen traten nur in 20% der ausgewerteten ÖV-Fahrten auf.

Allerdings zeigen die Auswertungen der Kreisverkehre mit ÖV-Spur bis zur einstreifigen Kreisfahrbahn (Beispiele in Wolfen), dass Irritationen zwischen gleichzeitig zufahrenden MIV und ÖV Fahrzeugen möglich sind, wenn der Bus in zeitlicher Reihenfolge nach dem MIV-Fahrzeug die Einfahrt erreicht und im „Toten Winkel“ des MIV-Fahrzeuges steht. Sobald das MIV-Fahrzeug nach dem bereits wartenden ÖV-Fahrzeug die Kreisfahrbahn erreicht hatte, wurde dem ÖV i.a. Vorrang gewährt.

Keine Konflikte wurden dagegen bei „KREIFAS-Kreisverkehr mit eingezogener Fahrspur“ beobachtet. Hierbei endet die ÖV-Spur ca. 20 bis 30m vor dem Kreisverkehr, ggf. an einer Haltestelle. Anschließend wird diese Fahrspur als normaler Fahrstreifen fortgeführt. Die MIV-Fahrspur endet auf gleicher Höhe mit der ÖV-Spur in einer Fahrstreifenreduktion. Somit müssen MIV-Fahrzeuge den Fahrstreifen wechseln, während der ÖV geradeaus weiterfahren kann.

Diese Lösung kann den ÖV zwar nicht in die 1. Warteposition in der Zufahrt führen, aber bei längeren Rückstauungen (mehr als 5 MIV-Fahrzeuge, ca. 30m) sind Wartezeitreduzierungen möglich.

Weitere Vorteile zeichnen diese Lösung gegenüber der zweistreifigen Zufahrt aus:

- die Einfahrtbereiche ändern sich gegenüber heutigen Gestaltungen entsprechend dem Merkblatt für kleine Kreisverkehre nicht bzw. kaum,
- vorhandene Einfahrtradien werden beibehalten,
- Übersichtlichkeit und Begreifbarkeit sowohl der Kreisverkehrsanlage als solcher als auch der Zufahrt bleiben erhalten,

<sup>64</sup> BEIER, MUTSCHLER, 1995

<sup>65</sup> ROHLOFF, 1995

- Fußgänger und Radfahrer queren nur einen Fahrstreifen in der Zufahrt,
- die geschwindigkeitsdämpfende Wirkung der Kreisverkehre bleibt erhalten und
- bei Umbauten bleibt der Fahrbahnrand der Zufahrt sowie der Bereich der Kreisinsel i.a. erhalten. Änderungen ergeben sich für den Bereich der Ausfahrt und des fortführenden Fahrstreifens in der Ausfahrt (Versatz um ca. eine Fahrstreifenbreite).

Nachteilig für den MIV ist allerdings der erforderliche Fahrstreifenwechsel in der Zufahrt.

Als Beschleunigungsmöglichkeit bei der Einfahrt bietet sich die „schlafende LSA“ an. Der Vorrang auf der Kreisfahrbahn wird aufgehoben, die Zufahrt mit Linienbus oder Straßenbahn erhält solange Vorrang, bis das angemeldete ÖV-Fahrzeug die Kreisfahrbahn erreicht hat. Diese Variante hat auch in der Simulation ihre beschleunigende Wirkung mit relativ geringen Nachteilen für den MIV gezeigt. Somit können Linienbusse sowohl in die Kreisfahrbahn eingebracht werden, als auch sicher und schnell (bei Signalisierung von 2 Überfahrten) über die Kreismittelinsel geführt werden. Bei Einsatz von Signalanlagen zur ÖV-Beschleunigung sollten die Querungsstellen für Fußgänger und Radfahrer einbezogen werden.

Diese Signalisierung ist auch in Kombination mit „KREIFAS“ möglich und bringt weitere Vorteile bei der Einfahrt der ÖV-Fahrzeuge auf die Kreisfahrbahn.

Das EDV-Programm KLAUS ermöglicht die Ermittlung von erforderlichen Daten zur Kapazitätsberechnung an Kreisverkehren und Einmündungen aus Videobildern mittels ViVAtraffic®.

Somit steht ein geeignetes Instrument zur Verfügung, Daten zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit schnell und unproblematisch zu erheben.

Der Kreisverkehr wird auch zukünftig seine Bedeutung als sichere Knotenpunktform behalten und sogar verstärken. Mit den richtigen Maßnahmen kann auch der ÖPNV sicher, schnell und fahrplangetreu über diese Kreisverkehre geführt werden.

## 9.2 Beschleunigungen für Straßenbahn- und Stadtbahnverkehr

Die Führung von Straßenbahn- und Stadtbahnverkehr an Kreisverkehren erfordert besondere Sorgfalt. Zu unterscheiden sind Straßen- und Stadtbahnen nach BO-Strab<sup>66</sup> von nach EBO<sup>67</sup> mit we-

sentlich höheren Geschwindigkeiten, die nicht Kreisverkehr-kompatibel sind.

Die Führung von Straßen und Stadtbahnen an Kreisverkehren ist aufgrund der geringen Geschwindigkeit und der Anhaltebereitschaft unsignalisiert vorfahrtgeregelt möglich. Besser bewährt hat sich die Führung von Stadtbahnen über die Kreisinsel von Kreisverkehren mittels bedarfsgesteuerter signaltechnischer Sicherung durch zweifeldrige Signalgeber (Dunkel-Gelb-Rot). Die Führung von Schienenverkehr über Minikreisverkehre ist nicht zulässig.

Die signaltechnische Sicherung erfolgt in der Regel durch die Sperrung aller Knotenpunktzufahrten bei der Annäherung einer Bahn (Abbildung 139). Diese Lösung bietet die größte Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer. Sie ist bei Außendurchmessern unter 35 m und bei hoher Geschwindigkeit bei der Kreisüberfahrt anzuwenden.

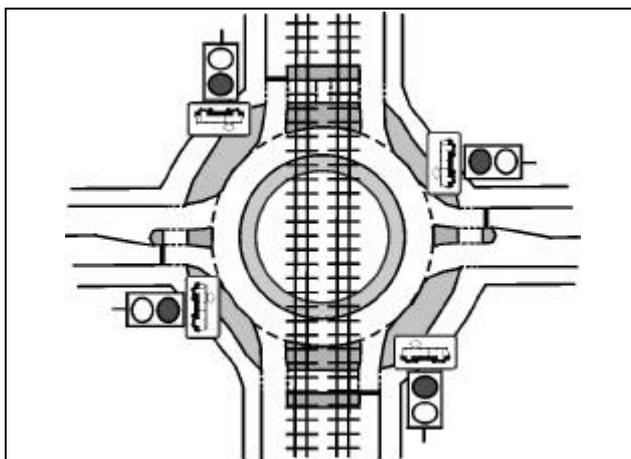


Abbildung 139: Straßenbahnführung an kleinen Kreisverkehren mit Mittelinselquerung und Sperrung aller Zufahrten

Bei einem Außendurchmesser von mehr als 35 m und geringen Geschwindigkeiten bei der Kreisüberfahrt kann die signaltechnische Sicherung der Überfahrt der Kreisfahrbahn über den Gleisbereich ausreichen (Abbildung 140). Eine Wiederholung der Signale durch zusätzliche Signalgeber auf der Kreisinsel in ca. 1,20 m Höhe hat sich bewährt. Eine Schrankenanlage zur Sicherung der Überfahrt ist nicht erforderlich.

<sup>66</sup> BMV, 1987

<sup>67</sup> EBO, 1967

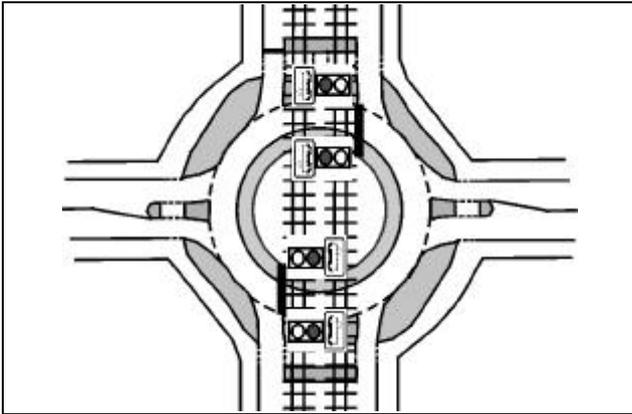


Abbildung 140: Straßenbahnführung über kleine Kreisverkehre, Sperrung der Kreisfahrbahn

Durch die Lichtsignalanlage tritt eine Verringerung der Kapazität für den Kraftfahrzeugverkehr ein. Dessen Auswirkungen sollen im Planungsprozess sorgfältig geprüft werden. Im Einzelfall ist die Aufrechterhaltung einzelner Fahrbeziehungen, beispielsweise über Bypässe oder breite Kreisfahrbahnen möglich.

Haltestellen der Schienenfahrzeuge auf der Kreisinsel sind zu vermeiden.

### 9.3 Beschleunigungen für Linienbusverkehr

Das Befahren eines Kreisverkehrs mit Linienbussen kann für stehende Fahrgäste infolge des zweifachen Richtungswechsels und der Querneigung zur Kurvenaußenseite einen vergleichsweise geringen Fahrkomfort mit sich bringen. Um die Befahrbarkeit eines Kreisverkehrs für Linienbusse zu erleichtern, sollen beim Entwurf keine Mindestmaße verwendet werden. Die Überprüfung der Befahrbarkeit mit Schleppkurven ist erforderlich. Kreisfahrbahnen mit Außendurchmessern ab 28 m sichern im Allgemeinen eine gute Befahrbarkeit des Kreisverkehrs für Standard-Linienbusse.

Die Zweckmäßigkeit eines gepflasterten Innenringes ist bei regelmäßigem Linienbusverkehr zu prüfen. Der Fahrkomfort kann für die Fahrgäste verbessert werden, wenn auf den baulich gestalteten Innenring zugunsten einer Markierung verzichtet wird. Minikreisverkehre müssen mit einer überfahrbaren Kreisinsel ausgeführt werden. Auf den Höhenunterschied zwischen Kreisfahrbahn und Kreisinsel von ca. 4 cm soll dabei auch nicht verzichtet werden, wenn sie regelmäßig von Linienbussen befahren werden. Auf eine kalottenartige Überhöhung der Mittelinsel ist zu verzichten.

Das Befahren eines Kreisverkehrs mit Linienbussen führt im Vergleich zu Knotenpunkten, an denen der Linienbus bevorrechtigt ist, in der Regel zu

einer verlängerten Fahrzeit. Durch Beschleunigungsmaßnahmen in den Zufahrten können diese Fahrzeitverlängerungen reduziert werden. Bauliche und betriebliche Maßnahmen wie Busfahrstreifen oder geeignete Haltestellentypen und -lagen ermöglichen ÖPNV-Beschleunigungen in den Zufahrten.

Maßnahmen zur Reduzierung von Fahrzeitverlusten in der Zufahrt sind bei Linienbussen nur unter bestimmten Voraussetzungen erforderlich. Erst ab einem Sättigungsgrad von 0,65 bringen Busspuren deutliche Reduzierungen der Reisezeit und der Anzahl der Halte vor dem Knotenpunktbereich. Bei geringerer Belastung sind keine relevanten Fahrzeitgewinne feststellbar.

Im folgenden werden Varianten zur Beschleunigung von Linienbussen an Kreisverkehren aufgezeigt. Dabei werden Haltestellenanordnungen und ÖV-Spuren vorgestellt.

#### 9.3.1 Haltestellen für Linienbusse

Haltestellen für Linienbusse können unmittelbar vor oder hinter dem Kreisverkehr angelegt werden.

- Haltestellen in einstreifigen Zufahrten

Bei der Lage der Haltestelle vor dem Kreisverkehr (Abbildung 141) sind in einstreifigen Zufahrten Haltestellen am Fahrbahnrand (Kaphaltestelle) oder Haltestellenbuchten möglich.

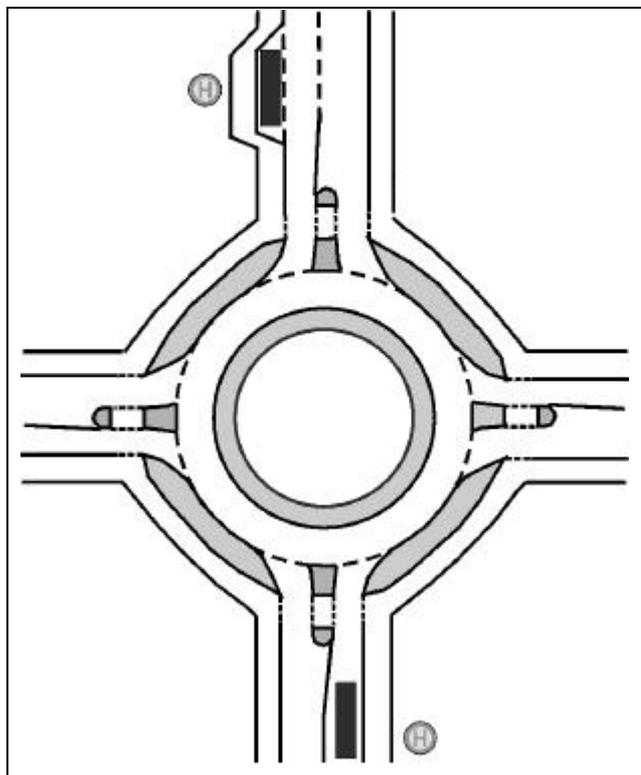


Abbildung 141: Haltestellenlage und Haltestellenausbildungen an Kreisverkehrszufahrten (oben: Bucht, unten: Kap)

Zum Schutz der ein- und aussteigenden Fahrgäste ist eine räumlich enge Zuordnung zu den über die Fahrbahnteiler geführten Überquerungsmöglichkeiten sinnvoll. Bei Kap-Haltestellen wird ein Überholen des Linienbusses unmittelbar vor dem Kreisverkehr ausgeschlossen (Einsatzgrenzen vgl. EAHV). Es ist im Einzelfall zu überprüfen, ob die zeitweise Sperrung der Fahrbahn durch den haltenden Bus aus Gründen der Kapazität hingenommen werden kann.

Ist eine unmittelbare Zuordnung der Haltestelle zum Kreisverkehr entbehrlich, kann zur Beschleunigung des Linienbusses eine abgesetzte Kap-Haltestelle (Entfernung in Abhängigkeit vom mittleren Rückstau in der Kreisverkehrszufahrt) sinnvoll sein. Während der Haltestellenbedienung kann ein vor dem Bus liegender Rückstau in der Zufahrt abgebaut werden, wenn nachfolgende Fahrzeuge am Überholen des Busses an der Haltestelle (Überholverbot, Warnblinken des Busses) gehindert werden.

Die Haltestelle für den Linienbus kann auch in einer Busbucht in der Zufahrt zum Kreisverkehr angelegt werden. Der Halteplatz muss dann jedoch so weit zurück verlegt werden, dass die Sicht der Kraftfahrer auf den Fußgängerüberweg oder eine Radfahrerfurt gewahrt bleibt.

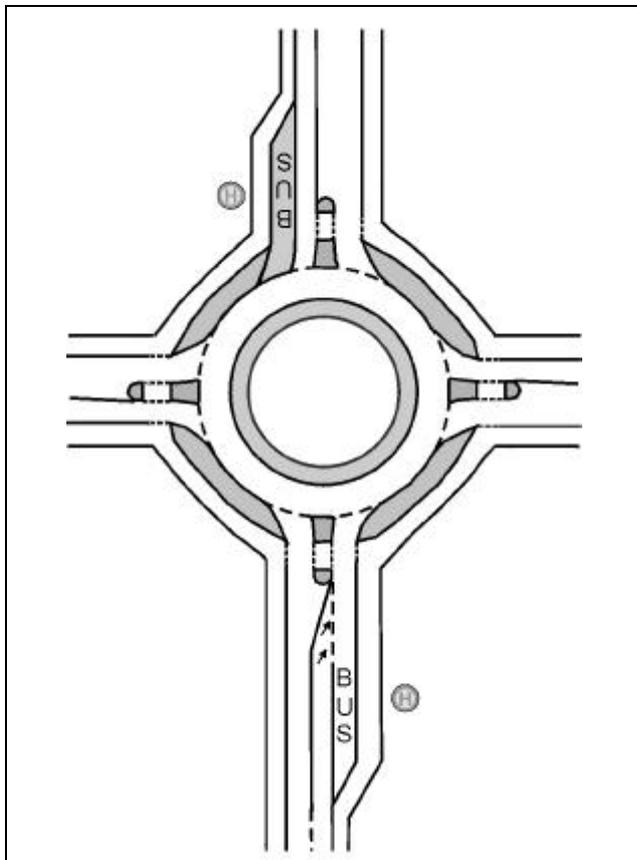


Abbildung 142: Haltestellenlage und Halstellenausgestaltung an Kreisverkehrszufahrten, Haltestelle mit Einfahrt in die Kreisfahrbahn (oben); KREIFAS-

Haltestelle in Kreisverkehrszufahrt mit eingezogener Fahrspur für den Kraftfahrzeugverkehr (unten)

Abbildung 142 zeigt zwei Alternativen zur Haltestellenlage an kleinen Kreisverkehren. Die obere Variante zeigt eine Busbucht, die bis zur Kreisfahrbahn verlängert wurde. Hier ergeben sich ggf. Schwierigkeiten für querende Radfahrer und Fußgänger beim Queren von zwei Fahrstreifen.

Im unteren Teil der Abbildung 142 wird die KREIFAS-Lösung angewandt. Dabei kann der Kraftfahrzeugverkehr während der Haltestellenbedienung den Bus passieren. Nach der Haltestellenbedienung kann der Bus bevorrechtigt aus der Haltestelle ausfahren und in den Kreisverkehr einfahren. Durch die Fahrstreifenreduzierung ist der Kraftfahrzeugverkehr gegenüber dem Bus wartepflichtig.

Die im folgenden dargestellten „KREIFAS - Kreisverkehr mit eingezogenem Fahrstreifen“ Entwürfe kombinieren die Vorteile von Kap-Haltestellen und Busbuchten. Die unterschiedlichen Lösungen können unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Situation (Gestalt und Verkehrsgeschehen) differieren. Die Maße für Verzierungen etc. entstanden durch Anlehnung an aktuelle Empfehlungen (z.B. EAHV etc.). Dabei ermöglichen längere Verzierungsgebiete komfortablere Fahrten, erfordern allerdings zusätzliche Flächen.

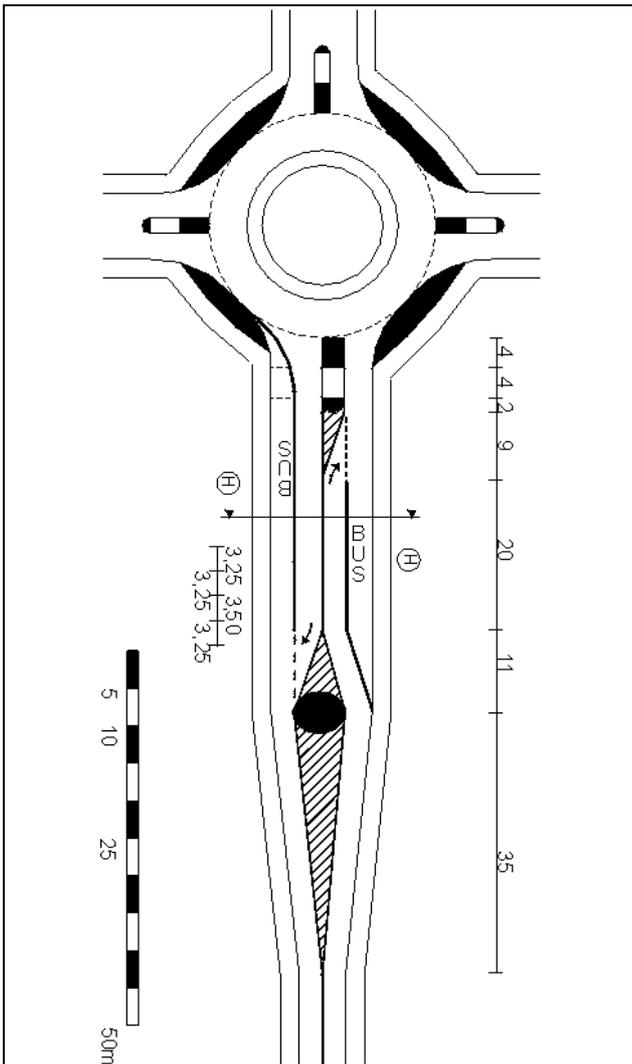


Abbildung 143: KREIFAS – Haltestellen in Zu- und Ausfahrt

Bei der KREIFAS-Variante in Abbildung 143 mit Haltestellen in Zu- und Ausfahrt unmittelbar am Kreisverkehr wird ein ungestörter Fahrgastwechsel ohne Beeinträchtigung des MIV-Verkehrs ermöglicht. Nach der Haltestellenbedienung kann der Bus seine Fahrt geradeaus aufnehmen und erhält Vorrang vor dem MIV, dessen Fahrstreifen eingezogen wird (Dünnstreich, unterbrochen, Pfeile auf der Fahrbahn). Durch den langen Verschwenk der Fahrbahn nach rechts treten in der Zufahrt nur geringe Seitenbeschleunigungen für ÖV-Fahrzeuge und Fahrgäste auf, der anschließende kurze Verschwenk der MIV-Fahrbahn nach links dient der Geschwindigkeitsreduzierung. Beschleunigungen für Linienbusse in der Zufahrt sind allerdings nicht möglich. Die ÖV-Flächen sollten sich durch Materialwahl deutlich von den MIV-Flächen unterscheiden. Die Fahrbahnmarkierung sollte die unterschiedlichen Bereiche verdeutlichen (Breitstrich-Markierung trennen MIV und ÖV).

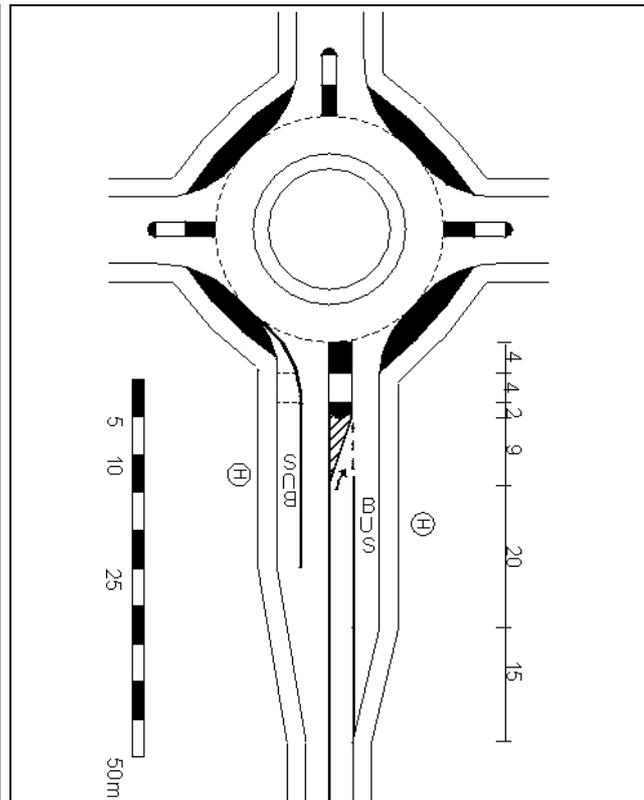


Abbildung 144: KREIFAS – Haltestellen in Zu- und Ausfahrt mit Busbuchten

Die KREIFAS Lösung in Abbildung 144 verzichtet auf die Verschwenkung der Fahrbahnen. Der Linienbus fährt in der Zufahrt in eine Haltestelle ähnlich einer Haltebucht ein, in der Ausfahrt wird der Radius der Kreisausfahrt so gewählt, dass der Bus direkt in die Haltestelle einfahren kann. Beim Verlassen der Haltestelle in der Ausfahrt ist dem Linienbus nach StVO Vorfahrt zu gewähren.

Die KREIFAS-Lösungen sind, falls erforderlich, auch mit einer Signalisierung der ÖV-Einfahrt in die Kreisfahrbahn kombinierbar. Damit würde eine zügige Einfahrt des Linienbusses in den übergeordneten Verkehrsstrom der Kreisfahrbahn ermöglicht.

- Haltestellen in Ausfahrten

Bei der Lage unmittelbar hinter dem Kreisverkehr wird die Einrichtung einer Haltestellenbucht empfohlen, wenn der Kreisverkehr sonst regelmäßig zugestaut würde.

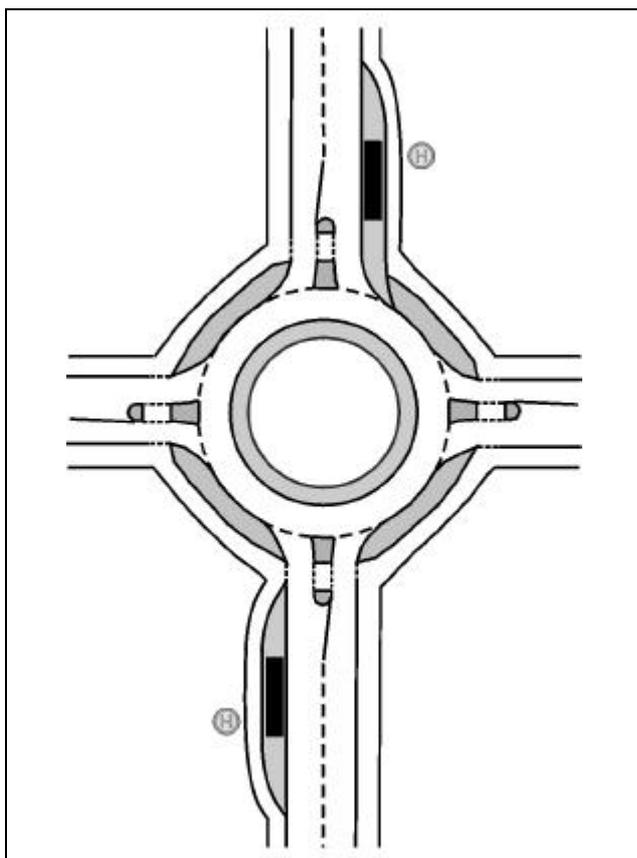


Abbildung 145: Haltestellenlage und Haltestellenausbildung an Kreisverkehrsausfahrten

Beginnt die Haltestellenbucht erst hinter der Überquerungsstelle für Fußgänger (Abbildung 145, unten), bleibt die Überquerungsstelle schmal, was die Geschwindigkeitsdämpfung begünstigt und zu kurzen Überquerungslängen führt. Allerdings ergibt sich unter Berücksichtigung der Schleppkurven eine vergleichsweise große Abrückung der Haltestelle vom Kreisverkehr. Außerdem entstehen für Linienbusse ungünstige Fahrbewegungen.

Beginnt die Bushaldebucht unmittelbar an der Kreisfahrbahn (Abbildung 145, oben), wird die Situation für Linienbusse und Fahrgäste verbessert. Allerdings können sich bei der Mitbenutzung der ÖV-Spur durch die MIV-Fahrzeuge höhere Geschwindigkeiten und Risiken für überquerende Fußgänger infolge einer tangentialeren Einfahrt ergeben. Beidem sollte durch eine raue Pflasterung der Bushaldebucht entgegengewirkt werden.

### 9.3.2 ÖV-Spuren

Für die Beschleunigung von Linienbussen sind parallele Busspuren geeignet. Die Mindestlänge der Busspur entspricht der mittleren Rückstaulänge in der Zufahrt. Soll auch zu Spitzenverkehrszeiten eine maximale Beschleunigung erreicht werden, ist auf einen Sättigungsgrad ( $g_{zul}$ ) von 0,9 bemessen.

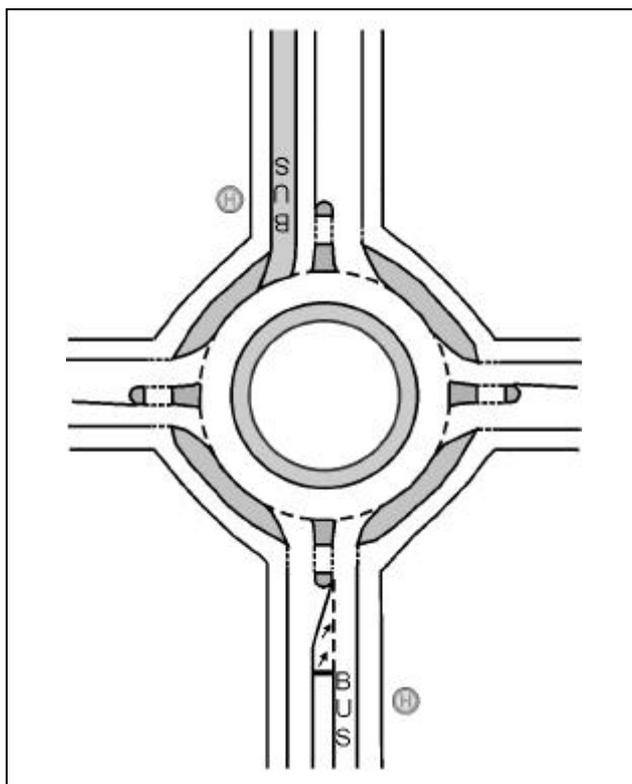


Abbildung 146: KREIFAS: Busspur in einstreifiger Zufahrt. Die Fahrspur für den Kraftfahrzeugverkehr wird in die Busspur eingeführt

Die Busspur wird im Regelfall vor dem Kreisverkehr, analog zur KREIFAS-Lösung, mit der Fahrspur für den Kraftfahrzeugverkehr zusammengeführt, um eine zweistreifige Knotenpunktzufahrt zu vermeiden. (Abbildung 146, unten). Damit gelangen Linienbusse an einem Rückstau in der Zufahrt vorbei in eine vordere Warteposition. Für Fußgänger und Radfahrer bleibt es bei der Querung einer Fahrspur in der Zufahrt des Kreisverkehrs. Die Busspur kann ausnahmsweise bis zur Kreisfahrbahn vorgezogen werden, wenn in der Knotenpunktzufahrt eine Haltestelle angeordnet und der Bereich der Busspur baulich gestaltet wird (Abbildung 146, oben).

### 9.3.3 Mehrstreifige Kreisverkehre

In Zufahrten zu mehrstreifigen Kreisverkehren ermöglicht eine Busspur eine ÖV-Beschleunigung. Ist aus Kapazitätsgründen bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn die Nutzung aller Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr erforderlich, kann die Busspur bereits in der Zufahrt enden (Abbildung 147, unten). Wird die Busspur bis zur Kreisfahrbahn geführt, ist eine optimale Beschleunigung gewährleistet (Abbildung 147, oben).

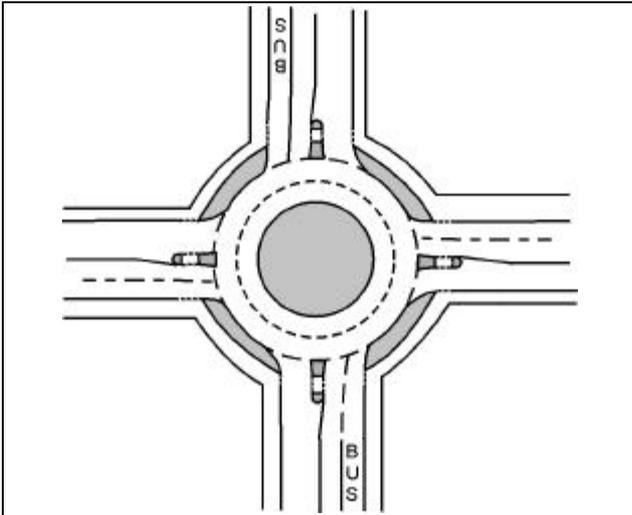


Abbildung 147: Busspur in zweistreifiger Zufahrt zu zweistreifig befahrbarem Kreisverkehr (oben) Bis zur Kreisfahrbahn, - (unten) Ende der Busspur in der Zufahrt und gemeinsame Einfahrt in die Kreisfahrbahn

Sind bei mehrstreifigen Kreisverkehren die Knotenarme soweit voneinander entfernt, dass zwischen Zufahrt und der folgenden Ausfahrt eine Haltestelle eingerichtet werden kann, bietet dies eine ideale Verknüpfung der Linien aus unterschiedlichen Richtungen mit idealen Umsteigebeziehungen.

## 10 Literaturverzeichnis

- ASHWORTH; LAURENCE, 1979: Roundabout capacity prediction - a review of recent developments. Warwick
- AUSTROADS, 1993: Guide to Traffic Engineering Practice. Part 6—Roundabouts. Sydney, Australia
- BACHMANN, 1943: Die Verkehrsleistung von Kreuzung und Kreisel. Landes-, Regional- und Ortsplanung. Straße und Verkehr
- BÄUMER, 2003: Funktionsfähigkeit kompakter 2-streifiger Kreisverkehre, Vortragsdokumentation VSVI-Seminar 20.2.2003 in Hannover, Bochum
- BAIER, 1996: Straßenraumgestaltung in der Praxis – ein breites Spektrum positiver Beispiele. Straßenverkehrstechnik
- BAST-INFO, 2000: Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 1998. Info 12/00. Bergisch-Gladbach
- BEIER; MUTSCHLER, 1995: Kreisverkehre in Schondorf. Straßenverkehrstechnik
- BLACKMOORE, 1963: Priority at roundabouts. Traffic Engineering & Control.
- BLUMER, 1977: Praktischer Straßenbau. Bau-fachverlag Zürich
- BMV, 1987: Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab). Bundesministerium für Verkehr. Bonn
- BMV, 1993: Richtlinien für die Trassierung von Bahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen. Bundesministerium für Verkehr. Bonn
- BMVBW, 2001: Straßenverkehrsordnung (StVO). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Berlin
- BMVBW, 2001: Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung (StVO-VwV). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.
- BMVBW, 2001: Richtlinien für die Anlage von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ 2001). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Berlin
- BRILON; STUWE, 1991: Kreisverkehrsplätze – Leistungsfähigkeit, Sicherheit und verkehrstechnische Gestaltung. Straßenverkehrstechnik 6/91
- BRILON; STUWE; Drews, 1993: – Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen. Bochum
- BRILON, 1995: Kreisverkehrsplätze mit Lichtsignalanlagen. Straßenverkehrstechnik
- BRILON, 1995: Wartezeiten an überlasteten Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlagen. Straßenverkehrstechnik
- BRILON; BONDZIO; WU, 1997: Neue Forschungsergebnisse zur Kapazität von Kreisverkehrsplätzen. Straßenverkehrstechnik Heft 9
- BRILON; BONDZIO, 1999: Untersuchungen von Mini-Kreisverkehrsplätzen in Nordrhein-Westfalen. Straßenverkehrstechnik
- BRILON; BÄUMER, 2004: Überprüfung von Kreisverkehren mit zweistreifig markierter oder einstreifig markierter, aber zweistreifig befahrbarer Kreisfahrbahn, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach
- BROWN, 1995: The design of Roundabouts. Transport Research Laboratory. London
- CERTU, 1988: L'Éclairage des Carrefours à Sens Giratoire (The Illumination of Roundabout Intersections). Centre d'Etudes sur les Réseaux les Transports. l'Urbanisme et les constructions publiques. Lyon. France
- C.R.O.W., 1998: Eenheid in rotondes (Uniformity in roundabouts) Publication 126, genehmigte Übersetzung durch die Stadt Leverkusen, 1999
- DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1993: Geometric Design of Roundabouts. (United Kingdom) TD 16/93
- EBO, 1967: Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung. In der Fassung vom 8.5.1967, zuletzt geändert durch Zweites Gesetz zur Änderung eisenbahnrechtlicher Vorschriften vom 21.6.2002. Berlin
- FGSV, 1979: Richtlinie für die Anlage von Straßen (RAS). Teil: Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (RAS-Ö). Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen . Köln
- FGSV, 1998: Merkblatt für kleine Kreisverkehre. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. Köln
- FGSV, 1999: Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen .Köln
- FGSV, 2001: Handbuch zur Bemessung von Straßen (HBS 2001). Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. Köln

- FGSV, 2003: Merkblatt für Kreisverkehre. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (Entwurf, unveröffentlicht). Köln
- FGSV, Arbeitspapier 51, 2003: Zweistreifig befahrbare Kreisverkehre. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen .Köln
- FGSV, 2004: Arbeitspapier 51 (Neufassung) Zweistreifig befahrbare Kreisverkehre. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. (Entwurf, unveröffentlicht). Köln
- FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1996: Florida Roundabout Guide. Florida Department of Transportation
- FRIEDRICH, 1952: Kreisverkehrsanlagen. Wissenschaftliche Berichte. Bauwesen
- HALLER; LANGE; ALRUTZ; STELLMACHERHEIN, 1999: Verkehrssicherheit von Fußgängern und Radfahrern an kleinen Kreisverkehrsplätzen. Straßenverkehrstechnik
- HARTZ, 1995: Geschichte der Kreisverkehrsplätze und ihrer Berechnungsverfahren. Straßenverkehrstechnik, Jg. 39, H. 12.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR STRAßENBAU, 1994: Grundlagen und Berechnungsverfahren zur Verkehrstechnischen Bearbeitung eines Knotenpunktes. Heft 37
- INSTITUT FÜR PLANUNG UND VERKEHR, FEDERAL POLYTECHNIC SCHOOL, 1991: Guide Suisse des Gratoires. Lausanne
- KENNISCENTRUM VOOR VERKEER VERVOER EN INFRASTRUCTUUR, 1998: Eenheid in rontondes (in genehmigter Übersetzung)
- KIMBER, 1980: The traffic capacity of roundabouts. TRRL Laboratory Report LR 942. London
- KORTE; LAPIERRE, 1959: Die Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen. Forschungsberichte des Landes NRW. Westdeutscher Verlag / Köln und Opladen.
- KROEBEL, 1952: Kreisverkehr oder geregelte Kreuzung. Verkehr und Technik.
- KRUG, 1965: Einfluß der Straßenbahn auf die Leistungsfähigkeit signal geregelter Knotenpunkte. Bundesminister für Verkehr. Bonn
- LAGEMANN; TOPP, 2002: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren. Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft V95. Bergisch-Gladbach
- LEUTZBACH, 1969: Verkehr an Kreisplätzen. Straßenverkehrstechnik.
- MANN; SCHMIDT-EVERSHEIM, 1995: Der Kreisverkehrsplatz als unkonventionelle Knotenpunktösung. Straßenverkehrstechnik
- MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1995: Roundabout Design Guidelines. State of Maryland, Department of Transportation, State Highway Administration
- MCDONALD; ARMITAGE, 1978: The capacity of roundabouts. TEC
- MWMTV-NRW, 1999: Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini-Kreisverkehrsplätzen. Düsseldorf
- MOTT, 1984: Signalsteuerungsverfahren zur Priorisierung des öffentlichen Personennahverkehrs
- NATIONAL ASSOCIATION OF AUSTRALIAN STATE ROAD AUTHORITIES, 1986: Roundabouts. A Design Guide.
- OURSTON; DOCTORS, 1995: Roundabout Design Guidelines
- ROHLOFF, 1995: Einsatzmöglichkeiten und Gestaltung von Kreisverkehren an Bundesstraßen außerhalb bebauter Gebiete. Straßenverkehrstechnik 8
- RÜCKER, 1995: Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung beim Rad-Schiene-System. Verkehr und Technik
- SAWERS, 1996: Mini-roundabouts: Getting them right! Canterbury, Kent, United Kingdom, Euro-Marketing Communications
- SETRA, 1998: Aménagement des Carrefours Interurbains sur les Routes Principales (Design of Rural Intersections on Major Roads). Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (Center for Technical Studies of Roads and Highways) / Ministry of Transport and Housing
- SCHNABEL; KNOTE, 1998: Untersuchungen zur Durchlassfähigkeit und zur Qualität des Verkehrsablaufs auf Kreisverkehrsplätzen. Straßenverkehrstechnik
- SCHNÜLL; GOLTERMANN, 2000: Kreisverkehrsplätze mit und ohne Lichtsignalanlage an klassifizierten Straßen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Heft 788. Bonn
- SCHRAMM, 1952: Kreuzverkehr oder Ringverkehr? Straße und Autobahn, 1/1952
- STUWE, 1992: Untersuchung der Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit an deutschen Kreisverkehrsplätzen. Ruhr-Universität Bochum
- STUWE; Bondzio 1993: Kleine Kreisverkehre – Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung. Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW. Düsseldorf

- 
- TROUTBECK, 1984: The theory of traffic flow on roundabouts. Australien Road Research Board
- TROUTBECK, 1991: Unsignalized Intersections and Roundabouts in Australia: Recent Developments. TRB member, Queensland University (Australia). Bochum
- US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000: Roundabouts: An Informal Guide
- VDV – HANDBUCH, 2000: Verband deutscher Verkehrsunternehmen . Stadtbus – mobil sein in Klein und Mittelstädten. Düsseldorf
- WEINERT, 2001: Grenz- und Folgezeitlücken an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage. Ruhr-Universität Bochum
- WARDROP, 1957: The traffic capacity of weaving sections of roundabouts. Road Research Laboratory.
- WU, 1997: Verteilung der Rückstaulängen an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlagen. Straßenverkehrstechnik

## 11 Tabellen – und Abbildungsverzeichnis

### 11.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Städte und Kreisverkehre in der 1. Umfrage _____	13	Tabelle 26:	Leistungsfähigkeiten kleiner Kreisverkehre (Brilon/Stuwe/Drews, 1993) _____	32
Tabelle 2:	ÖPNV-Belegung an Kreisverkehrstypen _____	13	Tabelle 27:	Regressionsparameter nach Brilon /Stuwe/ Drews (1993) _____	33
Tabelle 3:	Anzahl der Kreisverkehre nach Typ und Übereinstimmung mit Richtlinien in der Detailumfrage _____	13	Tabelle 28:	Regressionsparameter nach Brilon/Bondzio/Wu (1997) _____	33
Tabelle 4:	ÖPNV-Merkmale an Kreisverkehren (Angaben in [%]) _____	14	Tabelle 29:	Abmessungen von Linienfahrzeugen (Quelle: EVObus) _____	38
Tabelle 5:	Kreisverkehre für Unfallanalyse _____	23	Tabelle 30:	Vergleich von OV-Beschleunigungsalternativen in der Zufahrt _____	46
Tabelle 6:	Unfälle an den untersuchten Kreisverkehren _____	23	Tabelle 31:	Linienlauf an separaten ÖV-Spuren _____	59
Tabelle 7:	Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung _____	23	Tabelle 32:	Unfallrückgang durch zusätzliche Sicherung der Strab-Überfahrt (seit 1996) _____	60
Tabelle 8:	Unfallrate bei Kreisverkehren _____	23	Tabelle 33:	Geometrische Daten des Kreisverkehrs in der Simulation _____	61
Tabelle 9:	Unfallrate für Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung _____	24	Tabelle 34:	ÖPNV-Parameter in Simulation _____	61
Tabelle 10:	Kreisverkehre ohne Berücksichtigung bei allgemeiner Unfallauswertung _____	24	Tabelle 35:	Verkehrsanteile in Simulation _____	62
Tabelle 12:	Unfallkostenrate an Kreisverkehren (*: Auswertung kleine Kreisverkehre 1997 auf Grund der Datenlage nicht möglich) _____	25	Tabelle 36:	Verkehrsstärke während der Simulation _____	62
Tabelle 13:	Unfälle mit Linienbussen _____	25	Tabelle 37:	Übersicht über Simulationsauswertung _____	68
Tabelle 14:	Unfälle mit Straßenbahnen _____	25	Tabelle 38:	IV-Verlustzeiten (Alternativen 1-3) _____	69
Tabelle 15:	Unfälle mit Straßenbahnen an signalisierten / nicht signalisierten Kreisverkehren _____	26	Tabelle 39:	ÖV-Verlustzeiten (Alternativen 1-3) _____	69
Tabelle 16:	Unfallrate vorfahrt geregelter Kreisverkehre _____	27	Tabelle 40:	IV-Verlustzeiten im Querverkehr (Alternativen 1-3) _____	70
Tabelle 17:	Unfallrate signal geregelter Kreisverkehre _____	27	Tabelle 41:	IV-Halte (Alternativen 1-3) _____	70
Tabelle 18:	Knotenpunkte in der Vorher-Nachher-Auswertung _____	27	Tabelle 42:	ÖV-Halte (Alternativen 1-3) _____	71
Tabelle 19:	Vorher - Unfallrate und Unfallkostenrate (Kreuzungen) _____	27	Tabelle 43:	IV-Halte im Querverkehr (Alternativen 1-3) _____	71
Tabelle 20:	Nachher - Unfallrate und Unfallkostenrate (Kreisverkehre) _____	27	Tabelle 44:	Mittlere Staulänge auf der IV-Spur in der Zufahrt mit Linienbusverkehr (Alternativen 1-3) _____	72
Tabelle 21:	Unfallschwere im Vorher-Nachher-Vergleich an 14 empirisch erhobenen Knotenpunkten _____	28	Tabelle 45:	mittlere Staulänge im Querverkehr (Alternativen 1-3) _____	72
Tabelle 22:	Unfallursachen Vorher-Nachher (ausschließlich kleine Kreisverkehre) _____	28	Tabelle 46:	IV-Halte im Linienweg (Alternativen 1-3) _____	73
Tabelle 23:	Gesamt-Unfälle an Kreisverkehren _____	28	Tabelle 47:	IV-Halte im Querverkehr (Alternativen 1-3) _____	73
Tabelle 24:	ÖV-Unfälle an Kreisverkehren _____	28	Tabelle 48:	Verteilung der ÖV-Halte auf die Linienstrecke (Alternative 1-3) absolut und prozentual, Mittelwerte _____	74
Tabelle 25:	Regressionsparameter Brilon/Stuwe (1991) _____	32	Tabelle 49:	Auswertung der fahrzeug- und streckenbezogenen Messwerte _____	75
			Tabelle 50:	Simulationsauswertung Alternativen 4 bis 7 _____	77
			Tabelle 51:	mittlere Verlustzeiten je Fahrt für iv- und ÖV-Fahrten bei Linienverkehr im 5 bzw. 10 Minuten-Takt _____	78

Tabelle 52:	Auswertung Bottrop, Kirchheller Straße-Eichenstraße, Zufahrt Eichenstraße, Kamera B	91
Tabelle 53:	Daten der Bewegungslinie für Sequenz Bus 8:52 Uhr (Auszug)	91
Tabelle 54:	Vergleich manueller und automatischer Auswertung der Sequenz mit dem Linienbus um 8:52 Uhr	92

## 11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwurf eines Kreisverkehrs nach Eugène Hénard um 1900	9	Abbildung 19:	Gesamt-Unfälle an Kreisverkehren mit Linienbusverkehr	25
Abbildung 2:	Einsatzbereiche von Kreisverkehren	10	Abbildung 20:	ÖPNV-Unfälle an Kreisverkehren mit Linienbusverkehr	25
Abbildung 3:	Einsatzbereiche von Kreuzungen und Kreisverkehren	11	Abbildung 21:	Gesamt-Unfälle an Kreisverkehren mit Straßenbahn	26
Abbildung 4:	Kleiner Kreisverkehrsplatz mit Beschilderung vor 1.2.2001	11	Abbildung 22:	ÖPNV-Unfälle an Kreisverkehren mit Straßenbahn	26
Abbildung 5:	Kleiner Kreisverkehr (beschildert gem. StVO, Stand 1.2.2001)	11	Abbildung 23:	Unfälle an signalgeregelten Kreisverkehren	26
Abbildung 6:	idealisierte Fahrlinie im Kreisverkehr	12	Abbildung 24:	Unfälle mit ÖPNV-Beteiligung an signalgeregelten Kreisverkehren	27
Abbildung 7:	Städte der 1. Umfrage (Punkte: angefragte Städte 1. Umfrage; Stadtname: Städte mit geeigneten Kreisverkehren)	12	Abbildung 25:	städtischer Knotenpunkt (Cartoon)	30
Abbildung 8:	Kreisverkehre in Bundesländern	12	Abbildung 26:	Französische Leistungsfähigkeitsansätze für 1-streifige Zufahrten und Kreisfahrbahn (1989)	32
Abbildung 9:	Kreisverkehr-Typen der 107 Kreisverkehre aus der Detailumfrage	13	Abbildung 27:	Regressionsfunktionen zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen (Brilon/Stuwe, 1991)	32
Abbildung 10:	Häufigkeit von Zufahrten an Kreisverkehren	14	Abbildung 28:	Regressionsfunktionen zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen (Brilon/Stuwe/Drews, 1993)	33
Abbildung 11:	Vorfahrtmaßnahmen öffentlicher Verkehrsmittel (Quelle: Eenheid in rotondes Abbildung 17a-17f)	18	Abbildung 29:	Vergleich verschiedener Leistungsfähigkeitsansätze (Hess. Landesamt für Straßenbau; 1994)	33
Abbildung 12:	kombinierter Bus und Radstreifen bis zur Kreisfahrbahn (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)	19	Abbildung 30:	Kapazität von Zufahrten zu Kreisverkehrsplätzen nach Gleichung 5); (Brilon/Bondzio/Wu, 1997)	34
Abbildung 13:	ÖV-Spur endet vor Zufahrt; zweistreifige Einfahrt (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)	19	Abbildung 31:	Kapazität von Zufahrten zu einem Kreisverkehr nach Gleichung 6 (X/Y: Anzahl der Fahrstreifen in der Kreisfahrbahn / Zufahrt); (Brilon/Bondzio/Wu, 1997)	34
Abbildung 14:	ÖV-Spur endet parallel zur IV-Fahrstreifen-reduzierung(Quelle: Guide Suisse des Giratoires)	20	Abbildung 32:	Kapazität von Kreisverkehrszufahrten	35
Abbildung 15:	Lage von Haltestellen (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)	20	Abbildung 33:	Kapazität von Zufahrten zu zweistreifig befahrbaren kleinen Kreisverkehren	35
Abbildung 16:	Anordnung von Haltestellen im aufgeweiteten Zufahrt- bzw. Ausfahrt Bereich (Quelle: Guide Suisse des Giratoires)	20	Abbildung 34:	Vom HBS 2001 abweichende Grundkapazität der Zufahrten von kleinen zweistreifig befahrbaren Kreisverkehren nach FGSV AP 51 neu	36
Abbildung 17:	Sicherung von Bahnanlagen an Kreisverkehren (Quelle: <i>Roundabouts: An Informal Guide</i> )	21	Abbildung 35:	Stadtbahn Wien (Quelle: Siemens)	37
Abbildung 18:	ÖPNV an Kreisverkehren in USA - links: ÖPNV-Führung durch den Kreis wird abgelehnt, rechts: ÖPNV über Zufahrt wird toleriert (Quelle: <i>Roundabouts: An Informal Guide</i> )	21			

Abbildung 36:	Linienbusse (Abmessungen, Quelle: EVOBus) _____	37	Abbildung 57:	ÖV-Spur in 2-streifiger Zufahrt zu 2-streifigem Kreisverkehr (Lübeck) _____	44
Abbildung 37:	Wendekreis eines Gelenk-Linienbusses (Quelle: EVOBus)	38	Abbildung 58:	Busspur in zweistreifiger Zufahrt zu zweistreifig befahrbarem Kreisverkehr - Ende der Busspur in der Zufahrt und zweistreifige Einfahrt in die Kreisfahrbahn	44
Abbildung 38:	Prinzip einer „schlafenden LSA“ / Lückenampel _____	38	Abbildung 59:	Zufahrt mit Fahrstreifenreduzierung in Leverkusen _____	44
Abbildung 39:	Haltestelle vor einem Knotenpunkt mit Umfahrung der LSA (Quelle: FGSV 1979) _____	39	Abbildung 60:	ÖV-Spur in Mittellage, Remscheid, Bahnhof _____	44
Abbildung 40:	Busspur in Seitenlage (Quelle: FGSV 1979) _____	39	Abbildung 62:	Kap-Haltestelle in Zufahrt _____	45
Abbildung 41:	ÖPNV-Sondersignale nach BO-Strab _____	39	Abbildung 63:	Haltestelle unmittelbar vor der Kreisfahrbahn (Landstuhl) _____	45
Abbildung 42:	Duisburg, Kasslerfelder Kreisverkehr, vorfahrtgeregelte Straßenbahnquerung _____	40	Abbildung 64:	Busspur bis zum Kreisverkehrsplatz _____	45
Abbildung 43:	Vier mögliche Bereiche zur Priorisierung von ÖV-Fahrzeugen an Kreisverkehrsplätzen _____	40	Abbildung 65:	Zufahrt mit Fahrstreifenreduzierung _____	46
Abbildung 44:	Strab-Haltestelle in Mittellage auf gesondertem Bahnkörper (Duisburg - Kasslerfelder Kreisverkehr) _____	40	Abbildung 66:	Verbreiterung in Zufahrt zur Sicherstellung der Schleppkurven, gepflastert (Ibbenbüren) _____	46
Abbildung 45:	Vorfahrtgeregelte Querung der Kreisfahrbahn, die Stadtbahn fährt mit verminderter Geschwindigkeit (Duisburg - Kasslerfelder Kreisverkehr) _____	41	Abbildung 67:	Vorfahrtrechtliche Berücksichtigung von ÖV-Fahrzeugen links: Vorrang für Straßenbahn (Z205 StVO in Kombination mit Straßenbahn, VwV-StVO); rechts: analog, Vorrang für Linien-Busse _____	47
Abbildung 46:	Kreisverkehr mit Straßenbahnüberfahrt in Mittellage (Stuttgart) _____	41	Abbildung 68:	Priorisierung von ÖV Fahrzeugen bei der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn durch schlafende LSA _____	48
Abbildung 47:	Straßenbahnführung über Kreisinsel aus der Seitenlage in Mittellage, signalgeregelt (Stuttgart-Botnang) _____	41	Abbildung 69:	Prinzip einer Lückenampel an einem Kreisverkehr mit Kreisfahrbahnsignalisierung bei abknickender Linienführung _____	48
Abbildung 48:	Kreisverkehr in Wabern (CH) mit Mittelinselquerung _____	41	Abbildung 70:	Priorisierung von ÖV-Fahrzeugen durch Anhalten anderer Einfahrströme _____	48
Abbildung 49:	Alternative Lage von Sonderfahrstreifen A: Seitenlage; B: Mittellage _____	42	Abbildung 71:	Übertragenes Prinzip einer „schlafenden LSA“ / Lückenampel auf einen Kreisverkehrsplatz mit Signalisierung in den Zufahrten _____	48
Abbildung 50:	Parallele Busspur bis zur Kreisfahrbahn _____	42	Abbildung 72:	Vorfahrtgeregelte Querung des Kreisverkehrs durch Straßenbahn _____	49
Abbildung 51:	ÖV-Spur in der Zufahrt (Wolfen)	43	Abbildung 73:	Sonderfahrstreifen in Mittellage über Mittelinsel Signalisierung der Kreisüberfahrt ist obligatorisch _____	49
Abbildung 52:	gesonderte ÖV-Spur zu einstreifigem Kreisverkehr (Bus nähert sich an) _____	43	Abbildung 74:	ÖV-Sonderfahrstreifen mit Haltestelle in Mittellage, Remscheid, Fortsetzung auf eigenen Fahrkörper _____	50
Abbildung 53:	gesonderte ÖV-Spur zu einstreifigem Kreisverkehr (Bus fährt vor Pkw ein) _____	43			
Abbildung 54:	Baulich getrennte ÖV-Spur bis zur Kreisfahrbahn _____	43			
Abbildung 55:	Haltestelle vor der Kreisfahrbahn mit eigener Einfahrt (Waals / NL) _____	43			
Abbildung 56:	ÖV-Spur in Seitenlage, Lübeck, Mühlentorplatz, der Bus kann an sich aufstauenden MIV-Fahrzeugen vorbeifahren _____	44			

Abbildung 75: ÖV-Spur über Mittelinsel (Beschilderung analog der Führung von Straßenbahnen, bisher nach StVO nicht zulässig) _____	50	Abbildung 92: Prozentuale Verteilung der Fahrzeuge im Zufahrtbereich, nach Kreisverkehrsanteil _____	57
Abbildung 76: ÖV-Bypass in Leverkusen _____	50	Abbildung 93: Zur Einfahrt genutzte Zeitlücken; nach Zufahrt _____	57
Abbildung 77: ÖV-Spur als Bypass für rechtsabbiegende Linienbusse _____	50	Abbildung 94: Analyse eines Busses in der Zufahrt _____	58
Abbildung 78: Haltestelle an der Kreisfahrbahn (Münster) _____	51	Abbildung 95: Unterschiedliche Anfahrten zum Kreisverkehr _____	58
Abbildung 79: Verbreiterung in Zufahrt zur Sicherstellung der Schleppkurven, Vergrößerung des Ausfahrtradius, gepflastert (Kreis Steinfurt) _____	51	Abbildung 96: Unterschiedliche Fahrten in einer Zufahrt _____	58
Abbildung 80: Haltestelle in Ausfahrt, Zufahrt aus Kreisfahrbahn (Leverkusen) _____	51	Abbildung 97: Vergleich von ÖV-Fahrten in der Zufahrt - Zufahrtbereich (oben) - Einfahrtbereich (unten) _____	58
Abbildung 81: Haltestelle in der Ausfahrt mit Bevorrechtigung der ÖV-Fahrzeuge _____	51	Abbildung 98: Getrennte ÖV- IV-Zufahrten in Wolfen _____	59
Abbildung 82: Bussonderspur ab Kreisfahrbahn _____	52	Abbildung 99: Detektion einer ÖV-Fahrt (Esslingen) _____	60
Abbildung 83: Im Wechselrichtungsverkehr genutzte Busspur (Wolfen, vormittags) _____	52	Abbildung 100: Haltender Bus vor Zweifeld-LSA im Kreisverkehr sperrt Ausfahrt _____	60
Abbildung 84: Im Wechselrichtungsverkehr genutzte Busspur (Wolfen, nachmittags) _____	52	Abbildung 101: Linienvverlauf in Ost-West bzw. West-Ost - Richtung. _____	61
Abbildung 85: Fußgängerquerung mit Lichtsignalanlage _____	52	Abbildung 102: Planungsnullfall - Kreisverkehr ohne Priorisierungsmaßnahmen _____	62
Abbildung 86: Bus wartet in zurückliegender Position _____	53	Abbildung 103: Verkehrsstärke während der Simulation _____	62
Abbildung 87: Vergleich zweier einfahrender Busse (links: Während des Haltestellenaufenthalts von Fahrzeugen überholter Bus muß an der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn warten; rechts: Bus kann unbehindert von anderen Fahrzeugen bis zur Kreisfahrbahn durchfahren) _____	55	Abbildung 104: Verteilung der Verkehrsströme in der Simulation (Beispiel: 300 Kfz/h und Zufahrt, gleichverteilt in alle Richtungen) _____	63
Abbildung 88: Fahrzeitenvergleich zweier Busse mit und ohne Behinderung _____	56	Abbildung 105: Verteilung der Verkehrsströme als Kreisverkehr _____	63
Abbildung 89: Bus wartet in 1. Position _____	56	Abbildung 106: Alternative 0 (Planungsnullfall) - Kreisverkehr ohne Priorisierungen _____	63
Abbildung 90: Zur Einfahrt genutzte Zeitlücke an einer einstreifigen Zufahrt: oben: jeweilige Spitzenstunde unten: Durchschnitt aller Stunden _____	56	Abbildung 107: Alternative 1 - ÖV-Spur, mit LSA-Priorisierungen _____	64
Abbildung 91: Anzahl der passierenden Fahrzeuge vor Einfahrt in die Kreisfahrbahn oben: jeweilige Spitzenstunde unten: Durchschnitt aller Nicht-Spitzenstunden (einstreifige Zufahrten) _____	57	Abbildung 108: Alternative 2 – ÖV-Spur, ohne LSA-Priorisierungen, Haltlinie verdeutlicht dem IV die Vorfahrt des ausfahrenden Öv-Fahrzeuges. _____	65
		Abbildung 109: Alternative 3 - ÖV-Spur, mit LSA-Priorisierung _____	65
		Abbildung 110: Alternative 4 - Kaphaltestelle vom Kreisverkehr entfernt _____	66
		Abbildung 111: Alternative 5 - Buchthaltestelle vom Kreisverkehr entfernt _____	67
		Abbildung 112: Alternative 6 -Kaphaltestelle nah am Kreisverkehr _____	67
		Abbildung 113: Alternative 7 - Buchthaltestelle nah am Kreisverkehr _____	67
		Abbildung 114: Bus fährt aus Haltestellenbucht (nah am Kreis) aus (Saarbrücken) _____	67
		Abbildung 115: IV- und ÖV-Verlustzeiten, Alternative 0 _____	68

Abbildung 116: IV- und ÖV-Verlustzeiten, Alternative 1a _____	68	Abbildung 134: Bewegungslinien von Einfahrern, Kreisfahrern und Ausfahrern (mit Konfliktlinien "E", "K" und "A") _____	88
Abbildung 117: Verteilung der ÖV-Halte im Streckennetz _____	73	Abbildung 135: Stuttgart, Kreisverkehr Daimlerstraße - Deckerstraße, Zufahrt Bahnhofstraße - Original _____	90
Abbildung 118: Eingezogene IV-Spur, Fortführung der ÖV-Spur _____	76	Abbildung 136: Stuttgart, Kreisverkehr Daimlerstraße - Deckerstraße, Zufahrt Bahnhofstraße – Linien für manuelle Bildschirmauswertung _____	91
Abbildung 119: Verlustzeiten im Nullfall (5-Minuten-Takt) für IV- und ÖV-Fahrzeuge _____	78	Abbildung 137: Auswertung der Zufahrt Bottrop, Kirchheller Straße _____	91
Abbildung 120: Verlustzeit im Nullfall mit 10-Minuten Takt _____	78	Abbildung 138: Auswertung einer Sequenz _____	92
Abbildung 121: Über-Eck- Linienverlauf in Nord-West bzw. West-Nord Richtung _____	78	Abbildung 139: Straßenbahnführung an kleinen Kreisverkehren mit Mittelinselquerung und Sperrung aller Zufahrten _____	95
Abbildung 122: ViVAtraffic®-Systemaufbau: Videokamera, Videorecorder, Frame-Grabber _____ und PC.		Abbildung 140: Straßenbahnführung über kleine Kreisverkehre, Sperrung der Kreisfahrbahn _____	96
Abbildung 123: Projektives Modell und Bestimmungsgleichungen für die Umrechnung zwischen Videobildkoordinaten (xv,yv) und Straßenkoordinaten (xs,ys). _____	81	Abbildung 141: Haltestellenlage und Haltestellenausbildungen an Kreisverkehrszufahrten (oben: Bucht, unten: Kap) _____	96
Abbildung 124: Einfahrer, Ausfahrer und Kreisfahrer an Kreisverkehrszufahrten _____	82	Abbildung 142: Haltestellenlage und Haltestellenausbildung an Kreisverkehrszufahrten , Haltestelle mit Einfahrt in die Kreisfahrbahn (oben); KREIFAS-Haltestelle in Kreisverkehrszufahrt mit eingezogener Fahrspur für den Kraftfahrzeugverkehr (unten) _____	97
Abbildung 125: Ermittlung der 3 Zeitpunkte der Fahrzeugüberfahrt _____	82	Abbildung 143: KREIFAS– Haltestellen in Zu- und Ausfahrt _____	98
Abbildung 126: Folgezeitlücke zwischen zwei Fahrzeugen aus der Zufahrt _____	83	Abbildung 144: KREIFAS – Haltestellen in Zu- und Ausfahrt mit Busbuchten _____	98
Abbildung 127: Zeitlücke im Hauptstrom zwischen zwei Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn _____	84	Abbildung 145: Haltestellenlage und Haltestellenausbildung an Kreisverkehrausfahrten _____	99
Abbildung 128: Kapazität einer Kreisverkehrszufahrt _____	84	Abbildung 146: KREIFAS: Busspur in einstreifiger Zufahrt. Die Fahrspur für den Kraftfahrzeugverkehr wird in die Busspur eingeführt _____	99
Abbildung 129: Konfliktbereich zwischen einfahrenden und Kreisfahrenden Fahrzeugen _____	85	Abbildung 147: Busspur in zweistreifiger Zufahrt zu zweistreifig befahrbarem Kreisverkehr (oben) Bis zur Kreisfahrbahn, - (unten)Ende der Busspur in der Zufahrt und gemeinsame Einfahrt in die Kreisfahrbahn _____	100
Abbildung 130: Definition des Konfliktbereiches über die Konfliktlinien K (Kreisfahrbahn) und E (Einfahrt); A (Ausfahrt) zur Erfassung ausfahrender Fahrzeuge, Konfliktlinie SWL (Schwellwert Langsamfahrt) zur Ermittlung der Reduzierung der Geschwindigkeit bei der Annäherung in der Zufahrt (variabel); Konfliktlinie 1.WP zur Bestimmung der Einfahrt in die 1. Warteposition _____	85		
Abbildung 131: Erstellung einer Bewegungslinie aus Einzelbildern _____	86		
Abbildung 132: Identifikation eines Fahrzeuges aus den ViVAtraffic® c Bewegungsdaten _____	88		
Abbildung 133: Berechnungsschemata zur Erfassung von Reisezeiten,			

---

## Anhang

Anhang 1	Städteübersicht 1. Umfrage .....	3	3.10.2	Zufahrt Bahnhofstraße .....	45
Anhang 2	Standortauswahl .....	5	3.10.3	Fazit .....	46
Anhang 3	Erhebungsstandorte.....	7	3.11	Stuttgart, Regerstraße - Beethovenstraße.....	47
3.1	Bottrop, Kirchheller Straße - Eichenstraße .....	8	3.11.1	Zufahrten Regerstraße und Beethovenstraße.....	48
3.1.1	Zufahrt Radebrookstraße .....	9	3.11.2	Fazit .....	49
3.1.2	Zufahrt Eichenstraße .....	11	3.12	Stuttgart, Regerstraße - Schumannstraße.....	50
3.1.3	Kreisfahrbahn .....	12	3.12.1	Zufahrt Schumannstraße .....	51
3.1.4	Fazit.....	12	3.12.2	Zufahrt Regerstraße.....	52
3.2	Esslingen, Barbarossastraße - Wäldenbronner Straße .....	13	3.12.3	Fazit .....	52
3.2.1	Zufahrt Wäldenbronner Straße (Nord) .....	14	3.13	Wolfen, Oppenheimer Straße - Thälmann Straße .....	53
3.2.2	Kreisfahrbahn .....	16	3.13.1	Zufahrt Oppenheimer Straße (Ost) .....	54
3.2.3	Fazit.....	17	3.13.2	Zufahrt Oppenheimer Straße (West).....	55
3.3	Leverkusen, Bismarckstraße - Robert- Blum-Straße .....	18	3.13.3	Fazit .....	56
3.3.1	Zufahrt Robert-Blum-Straße....	19	3.14	Wolfen, Krondorferstraße - Verbindungsstraße.....	57
3.3.2	Zufahrt Bismarckstraße .....	21	3.14.1	Zufahrt Verbindungsstraße .....	58
3.3.3	Fazit.....	22	3.14.2	Fazit .....	60
3.4	Leverkusen, Felderstraße - Wupperstraße.....	23	Anhang 4	Empirie.....	63
3.4.1	Zufahrt Wupperstraße .....	24	Anhang 5	Auswertung.....	67
3.4.2	Fazit.....	25	5.1	Einstreifige Zufahrten.....	67
3.5	Leverkusen, Hauptkreuzung Küppersteg .....	26	5.2	Zweistreifige Zufahrten .....	68
3.5.1	Zufahrt Hardenbergstraße (Nord) .....	27	5.3	Sonderlösungen.....	69
3.5.2	Fazit.....	28	Anhang 6	Simulation .....	71
3.6	Münster, Ludgeriplatz .....	29	6.1	Allgemein .....	71
3.6.1	Zufahrt Schorlemer Straße.....	30	6.2	Weitere Auswerteparameter .....	71
3.6.2	Fazit.....	31	6.2.1	Reisezeiten .....	71
3.7	Oberhausen, Concordia-Hansastraße .....	32	6.2.2	Standzeiten .....	73
3.7.1	Zufahrt Concordiastraße (West) .....	33	6.2.3	Maximale Staulängen .....	74
3.7.2	Zufahrt Concordiastraße (Ost)	35	Anhang 7	KLAUS – Kreisverkehrs- Leistungsfähigkeit-Auswerte-System	77
3.7.3	Fazit.....	36	7.1	Ursprungsdatei ViVAtraffic .....	77
3.8	Remscheid, Bahnhofsplatz .....	37	7.2	KLAUS - Steuerdatei .....	106
3.8.1	Zufahrt Bismarckstraße West..	38	7.3	KLAUS – Komplett-Auswertung (Auszug, nur Datei A07-53.bew) .....	107
3.8.2	Fazit.....	38	7.4	KLAUS – EXCEL-Gesamtübersicht – Ausgabe (Auszug) .....	111
3.9	Saarbrücken, Güdingen-Unner .....	39			
3.9.1	Zufahrt Großblittersdorfer Straße (Nord) .....	40			
3.9.2	Fazit.....	41			
3.10	Stuttgart, Daimlerstraße - Deckerstraße.....	42			
3.10.1	Zufahrt Daimler Straße (Süd)..	43			



## Anhang 1 Städteübersicht 1. Umfrage

Städte > 65.000 Einwohner, Stand 1.1.1996

Nr.	Stadt	Bundesland	Einwohnerzahl	1. Faxanfrage beantwortet	Kreisverkehre vorhanden	Anzahl der Kreisverkehre
115	Summe			98	93	394
1	Aachen	NW	247923	Ja	Ja	4
2	Augsburg	BY	259699	Ja	Ja	14
3	Bamberg	BY	69652	Ja	Ja	2
4	Bayreuth	BY	73016	Ja	Ja	4
5	Berlin	BE	3471418	Ja	Ja	14
6	Bielefeld	NW	324066	Ja	Ja	10
7	Bocholt	NW	70424	Ja	Ja	2
8	Bochum	NW	400395	Ja	Ja	8
9	Bonn	NW	291431	Ja	Ja	8
10	Bottrop	NW	120642	Ja	Ja	5
11	Brandenburg (Havel)	BB	85994	Ja	Ja	1
12	Braunschweig	NI	252544	nein		
13	Bremen	HB	549357	nein		
14	Bremerhaven	HB	130400	Ja	nein	0
15	Castrop-Rauxel	NW	79160	Ja	Ja	2
16	Celle	NI	73936	Ja	Ja	1
17	Chemnitz	SN	266737	nein		
18	Cottbus	BB	123214	Ja	nein	0
19	Darmstadt	HE	138980	Ja	Ja	2
20	Delmenhorst	NI	78226	Ja	Ja	1
21	Dessau	ST	90945	Ja	nein	0
22	Dortmund	NW	598840	Ja	Ja	5
23	Dresden	SN	469110	Ja	Ja	3
24	Duisburg	NW	535250	Ja	Ja	5
25	Düren	NW	90274	Ja	Ja	4
26	Düsseldorf	NW	571030	Ja	Ja	4
27	Erfurt	TH	211108	Ja	Ja	9
28	Erlangen	BY	101406	Ja	Ja	3
29	Essen	NW	614861	ja	ja	2
30	Esslingen am Neckar	BW	90029	Ja	Ja	1
31	Flensburg	SH	87276	nein		
32	Frankfurt (Oder)	BB	80807	Ja	Ja	6
33	Frankfurt am Main	HE	650055	nein		0
34	Freiburg im Breisgau	BW	199273	Ja	Ja	4
35	Fürth	BY	108418	nein	nein	0
36	Gelsenkirchen	NW	291164	Ja	Ja	9
37	Gera	TH	123555	Ja	Ja	2
38	Gießen	HE	73889	nein		
39	Gladbeck	NW	79605	Ja	Ja	4
40	Görlitz	SN	66118	Ja	Ja	4
41	Göttingen	NI	126253	Ja	Ja	4
42	Hagen	NW	212003	nein		
43	Halle (Saale)	ST	282784	Ja	Ja	6
44	Hamburg	HH	1707901	Ja	Ja	4
45	Hamm	NW	183408	nein		
46	Hanau	HE	88921	Ja	Ja	8
47	Hannover	NI	523147	Ja	Ja	7
48	Heidelberg	BW	138781	Ja	Ja	3
49	Heilbronn	BW	121509	nein		
50	Herford	NW	65919	Ja	Ja	4
51	Herne	NW	179897	nein		
52	Hildesheim	NI	106101	Ja	Ja	1
53	Ingolstadt	BY	111979	Ja	Ja	6
54	Iserlohn	NW	99341	nein		0
55	Jena	TH	101061	Ja	Ja	2
56	Kaiserslautern	RP	102002	Ja	Ja	4

Nr.	Stadt (Fortsetzung)	Bun- desland	Einwoh- nerzahl	1. Faxanfrage beantwortet	Kreisverkehrsplätze vorhanden	Anzahl der Kreisel
57	Karlsruhe	BW	275690	Ja	Ja	2
58	Kassel	HE	201573	nein		0
59	Kiel	SH	246033	Ja	Ja	2
60	Koblenz	RP	109219	ja	Ja	1
61	Köln	NW	965697	ja	Ja	23
62	Konstanz	BW	76000	Ja	Ja	7
63	Krefeld	NW	249606	Ja	Ja	8
64	Leipzig	SN	470778	Ja	Ja	9
65	Leverkusen	NW	162252	ja	Ja	11
66	Lübeck	SH	216986	Ja	Ja	5
67	Lüdenscheid	NW	81837	Ja	Ja	1
68	Ludwigsburg	BW	86810	Ja	Ja	1
69	Ludwigshafen am Rhein	RP	167369	Ja	Ja	2
70	Lünen	NW	91592	Ja	Ja	1
71	Magdeburg	ST	257656	Ja	Ja	5
72	Mainz	RP	183720	Ja	Ja	3
73	Mannheim	BW	311292	Ja	Ja	6
74	Marburg	HE	76834	Ja	Ja	1
75	Marl	NW	92965	Ja	Ja	1
76	Minden	NW	82971	Ja	Ja	1
77	Mönchengladbach	NW	266702	Ja	Ja	4
78	Mühlheim an der Ruhr	NW	176530	Ja	Ja	4
79	München	BY	1236370	Ja	Ja	5
80	Münster	NW	265061	Ja	Ja	5
81	Neubrandenburg	MV	80483	Ja	Ja	3
82	Neumünster	SH	82028	Ja	Ja	2
83	Neuss	NW	148796	Ja	Ja	3
84	Nürnberg	BY	492425	nein	nein	0
85	Oberhausen	NW	224397	Ja	Ja	3
86	Offenbach am Main	HE	116533	Ja	Ja	2
87	Oldenburg (Oldenburg)	NI	151382	Ja	Ja	1
88	Osnabrück	NI	168618	Ja	Ja	3
89	Pforzheim	BW	118763	Ja	Ja	3
90	Plauen	SN	68033	Ja	Ja	2
91	Potsdam	BB	136619	Ja	Ja	2
92	Recklinghausen	NW	127216	Ja	Ja	3
93	Regensburg	BY	125836	nein		0
94	Remscheid	NW	122260	Ja	Ja	1
95	Reutlingen	BW	108565	Ja	Ja	2
96	Rostock	MV	227535	nein		0
97	Saarbrücken	SL	187032	Ja	Ja	10
98	Salzgitter	NI	117713	Ja	nein	0
99	Schwerin	MV	114688	Ja	Ja	3
100	Siegen	NW	111398	Ja	Ja	1
101	Solingen	NW	165735	Ja	Ja	5
102	Stuttgart	BW	585604	Ja	Ja	17
103	Trier	RP	99428	Ja	Ja	3
104	Tübingen	BW	81769	Ja	Ja	2
105	Ulm	BW	115721	Ja	Ja	2
106	Vierns	NW	77338	Ja	nein	0
107	Villingen-Schwenningen	BW	80734	Ja	Ja	4
108	Wiesbaden	HE	267122	Ja	Ja	4
109	Wilhelmshaven	NI	90667	nein		0
110	Witten	NW	104754	Ja	Ja	1
111	Wolfsburg	NI	126331	Ja	Ja	1
112	Worms	RP	80014	Ja	Ja	3
113	Wuppertal	NW	381884	Ja	Ja	4
114	Würzburg	BY	127295	Ja	Ja	2
115	Zwickau	SN	102563	Ja	Ja	2

Tabelle - A 1: Quelle: Deutscher Städtetag, [www.staedtetag.de](http://www.staedtetag.de) Stand: 1.6.1999

## Anhang 2 Standortauswahl

Stadt, Kreisverkehr	Auswahl für Projekt
Bamberg, Erlich-/ Rotensteinstr.	nein, kein Kreisverkehr
Bayreuth, Thermenallee	nein, Parkplatzzufahrt
Berlin, Falkenseer Platz	nein, zu groß
Berlin, Großer Stern	nein, zu groß
Berlin, Hönow Str. / Giese Str. / Ridbacher Str.	nein, entspricht nicht den Empfehlungen
Bonn, Bonner Talweg / Eduard-Otto-Str.	nein, ist nicht umgebaut, zu groß
Bottrop, Kirchhellener Str. / Eichenstr.	ja, Beispiel für nachträglichen Kreisverkehr
Bottrop, Kirchhellener Str. / Lindhorststr.	nein
Bottrop, Oberhofstr. / Schulzestr. / Delitzschstr.	nein
Castrop-Rauxel, Herner Str. / Westring	ja, breite Kreisfahrbahn
Castrop-Rauxel, Wartburgstr. / Siemensstr.	nein
Dresden, Strehlener Platz	nein, kein Kreisverkehr
Duisburg, Kaiserswerther Straße	nein, zu groß
Duisburg, Kasserfelder Kreisel	nein, zu groß, ungesicherte Straßenbahn über Mittelinsel
Duisburg, Neudorfer Kreisel	nein, nicht zentrische Lage der Mittelinsel, zweistreifige Ausfahrt,
Duisburg, Ruhrorter Kreisel	nein, mehrstreifig, zu groß
Halle, Franckeplatz	nein, kein Kreisverkehr
Halle, Glauchauer Platz	nein, kein Kreisverkehr
Halle, Rannischer Platz	nein, kein Kreisverkehr
Halle, Rennbahnkreuz	nein, kein Kreisverkehr
Halle, Riebeckplatz	nein, kein Kreisverkehr
Hanau, Ehrensäule	nein, zu groß
Heidelberg, Haberstr. / Hertzstr.	nein, zu geringe Belastung, zu geringe ÖPNV-Frequenz
Heidelberg, Haberstr. / Tullastr.	nein, zu geringe Belastung, zu geringe ÖPNV-Frequenz
Heidelberg, Römerkreis	nein, zu groß
Koblenz, Saarpfatz-Kreisel	nein, zu groß, Haupttrichtung als Überflieger
Lübeck, Berliner Platz	nein, zu groß
Lübeck, Lindenplatz	nein, zu groß
Lübeck, Mühlentorplatz	nein, zu groß
Lübeck, Ziegelteiler	nein, zu groß
Ludwigshafen, Ruthenplatz	nein, zu geringe Belastung, reiner Anliegerverkehr
Magdeburg, Hasselbachplatz	nein, kein Kreisverkehr
Magdeburg, Pfälzer Platz	nein, kein Kreisverkehr
Magdeburg, Uni-Platz	nein, kein Kreisverkehr
Mannheim, Fürther Platz	nein, sehr groß, zweistreifige tangentielle Ausfahrten
Mannheim, Karlsplatz	nein, zu groß, Sonderfall
Mannheim, Kurpfalzkreisel	nein, kein Kreisverkehr

Münster, Ludgeriplatz	ja
Münster, Meesenstiege / Hünenburg	nein, zu geringe Belastung, zu geringe ÖPNV-Frequenz
Münster, Steinfurter Str/ Haus Uhlenkotten	nein, außerorts, zu geringe ÖPNV Frequenz, kaum Querverkehr
Oberhausen, Burgstr/Am Stadtgraben	nein
Oberhausen, Concordia- / Hansastr.	ja
Oberhausen, Weier-/von Trotha-Str.	nein, Concordia- / Hansastrasse ist geeigneter
Remscheid, Bahnhofsplatz	ja
Saarbrücken, Güdingen-Unner	ja
Saarbrücken, Metzger Str.	nein
Schwerin, Warnitzer/Alt Meteler Str.	nein, zu geringe Belastung
Stuttgart, Daimler- / Deckerstr.	ja
Stuttgart, Kernerplatz	nein, kein Kreisverkehr
Stuttgart, Porscheplatz	nein, kein Kreisverkehr
Stuttgart, Reger- / Eltinger Str.	nein, Reger- / Schumann ist geeigneter
Stuttgart, Reger- / Millöckerstr.	nein, Reger- / Schumann ist geeigneter
Stuttgart, Reger- / Schumannstr.	ja
Stuttgart, Reger-/ Beethovenstraße	ja
Tübingen, Galgenbergstraße	nein, nur Wendeanlage
Wiesbaden, Igstadterstr. / Robert Stolz Str.	nein, tangentielle Zufahrten
Wiesbaden, Wallauer Weg/Ostring	nein, zu geringe Querbelastung
Würzburg, Berliner Platz	nein, zu groß

Tabelle - A 2: geprüfte Kreisverkehre  
(Auswahl aus 2. Umfrage)^



### Anhang 3 Erhebungsstandorte

Erhebungen zur Beobachtung und Auswertung des Verkehrsablaufes an Zufahrten und in Kreisverkehren sind an besondere Anforderungen gebunden.

Wie sich in der ersten Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses herausstellte, ist der direkte Praxisbezug dieses Projektes sehr hoch einzuschätzen. Direkte Empfehlungen für die Praxis als Hilfe für Planer und Städte werden erwartet. Da neue Kreisverkehre bei entsprechender Belastung ausschließlich nach den Vorgaben und Empfehlungen im Merkblatt für kleine Kreisverkehrsanlagen entstehen sollen, wurden vor diesem Hintergrund hauptsächlich Kreisverkehre ausgewählt, die in wesentlichen Teilen diesen Empfehlungen entsprechen. In anderen Fällen erfolgte die Auswahl aufgrund von Sonderlösungen, die im Merkblatt nicht berücksichtigt sind, die aber ggf. auch auf andere Kreisverkehrsplätze übertragen werden können und deren Auswirkungen auf den Verkehrsablauf genauer analysiert werden sollte.

Stadt	Kreisverkehr
Bottrop	Kirchheller Straße - Eichenstraße Zufahrt Eichenstraße Zufahrt Radebrookstraße
Castrop-Rauxel	Herner Straße - Westring Zufahrt Westring Nord Zufahrt Westring Süd
Esslingen	Barbarossastraße – Wäldenbronner Straße Zufahrt Wäldenbronner Straße West Zufahrt Wäldenbronner Straße Ost
Leverkusen	Bismarckstraße – Robert-Blum- Straße Zufahrt Bismarckstraße Zufahrt Robert-Blumstraße
Leverkusen	Hauptkreuzung Küppersteg Zufahrt Hardenbergstraße Süd Zufahrt Hardenbergstraße Nord
Leverkusen	Rheindorf Süd – Felderstraße Zufahrt Wupperstraße
Münster	Ludgeriplatz Zufahrt Schorlemer Straße Zufahrt Ludgeristraße Haltestelle im Kreis
Oberhausen	Concordia Straße - Hansa Straße Zufahrt Concordiastraße Ost Zufahrt Concordiastraße Ost
Remscheid	Bahnhofplatz Zufahrt Bismarckstraße Ost , ÖV-Trasse Zufahrt Bismarckstraße West, ÖV-Spur
Saarbrücken	Güdingen-Unner Zufahrt Großblittersdorfer Straße
Stuttgart	Daimlerstraße – Deckerstraße Zufahrt Bahnhofstraße Zufahrt Daimlerstraße Süd
Stuttgart	Regerstraße – Schumannstraße Zufahrt Schumannstraße Zufahrt Regerstraße
Stuttgart	Regerstraße – Beethovenstraße Zufahrt Regerstraße West Zufahrt Regerstraße Ost

Tabelle - A 3: Ausgewertete Kreisverkehre

### 3.1 Bottrop, Kirchheller Straße - Eichenstraße

DTV [Kfz/24h]	12.200
Außendurchmesser [m]	32
Fahrbahnbreite [m]	6
Baujahr	1991
Besonderheit	Nachträglich in bestehende Wohnstruktur gebaut, 2 tangentiale, 3m breite Zufahrten



Bild - A 1: Zufahrt: Radebrookstraße

Der Kreisverkehr Bottrop, Kirchheller Straße - Eichenstraße liegt in einem Wohngebiet und ist durch Umbau eines Kreuzungsbereiches entstanden. Durch die räumliche Situation bedingt wurden 2 Zufahrten tangential angelegt. Die Fahrstreifen dieser Zufahrten sind 3m breit.

Trotz der tangentialen Führung der Zufahrten ist der Kreisverkehr unauffällig in der Unfallstatistik: Von 1997 bis 2000 ereigneten sich 5 Unfälle, dabei waren keine ÖPNV-Fahrzeuge beteiligt.

Das gesamte Umfeld ist stark durchgrünt und von großen Bäumen geprägt. Durch die dichte Begrünung und die hohe Randbepflanzung ist der Kreisverkehr gut erkennbar. In Zusammenhang mit den sehr engen Zufahrten wird die Geschwindigkeit der einfahrenden Fahrzeuge deutlich reduziert.

Durch die sehr engen Radien an den Ausfahrten Radebrookstraße und Kirchheller Straße ist ein Ausfahren der Linienbusse nicht ohne vollständige Mitbenutzung der Gegenfahrbahn möglich. Dies bedingt zusätzliche Halte und Verlustzeiten für ÖV-Fahrzeuge.

### Geometrie

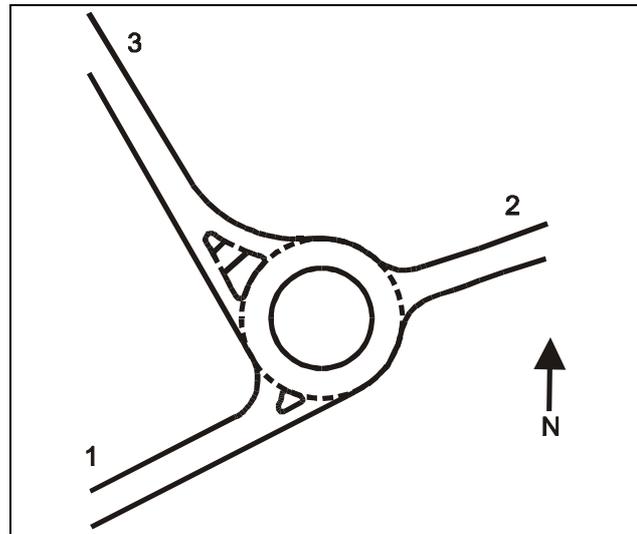


Abbildung 1: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]
32	20	6	-
Zufahrten			
	Radebrookstraße	Kirchheller Straße	Eichenstraße
	1	2	3
ÖPNV	ja	nein	ja
R <sub>Z</sub> [m]	∞	9	∞
R <sub>A</sub> [m]	9	9	25
b <sub>Z</sub> [m]	3	3	3
b <sub>A</sub> [m]	5	3	4
Fahrbahnteiler	ja	nein	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)			
Zufahrt	1388	3880	2905
Ausfahrt	1246	3466	2123
Kreis	2518	330	861
Spitzenstundenbelastung			
Spitzen-h	17-18 Uhr	16-17 Uhr	17-18 Uhr
Zufahrt	149	368	269
Ausfahrt	134	348	346
Kreis	218	31	92
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)			
haltende Busse	5	-	1
durchfahrende Busse	20	-	27
haltende Lkw	2	-	2
durchfahrende Lkw	5	-	24
kleinste akzeptierte Zeitlücke			
Bus	9,6	-	4,4
Lkw		-	10,8
größte nicht akzeptierte Zeitlücke			
Bus	7,2	-	1,6
Lkw	3,6	-	6,8

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	2	3	0	0
- mit ÖPNV	0	0	0	0

Tabelle - A 4: Bottrop, Kirchheller Straße – Eichenstraße

3.1.1 Zufahrt Radebrookstraße

Bus hält nach Haltestellenbedienung erneut an Kreislinie



Bild - A 2: Zufahrt: Radebrookstraße

In der Zufahrt Radebrookstraße befindet sich unmittelbar vor der Zufahrt zum Kreisverkehr eine Haltestelle. Linienbusse müssen nach der Haltestellenbedienung (links in Bild - A 2) anfahren und in der Zufahrt zur Kreisfahrbahn ggf. erneut anhalten.

Linienbusse benötigen zur Ausfahrt aus dem Kreisverkehr in die Radebrookstraße die gesamte Fahrbahnbreite. Befinden sich einfahrende Fahrzeuge in der Zufahrt, muss der Linienbus in der Ausfahrt warten und blockiert die Kreisfahrbahn. Die Weiterfahrt des Linienbusses erfolgt erst nach Einfahrt der Fahrzeuge aus der Zufahrt (Bild - A 4). Teilweise halten auch IV-Fahrzeuge in der Zufahrt, um Bussen die Ausfahrt zu ermöglichen (Bild - A 3).

PKW (verdeckt) wartet in der Zufahrt um dem Bus die Einfahrt in die Radebrookstraße zu ermöglichen.



Bild - A 3: Zufahrt: Radebrookstraße

Bototrop - Kirchheller Straße; Zufahrt Radebrookstraße

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste akzeptierte Zeitlücke im Hauptstrom [s] Bus	kleinste akzeptierte Zeitlücke im Hauptstrom [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	84	276	83	2	2	0	2	1	1	0	0	0	0
8:00 - 9:00	93	281	84	3	1	0	3	0	1	12	0	0	0
9:00 - 10:00	115	200	83	3	0	0	3	0	0	9,6	0	0	0
10:00 - 11:00	80	187	98	2	2	0	2	0	2	0	11,6	0	0
11:00 - 12:00	102	168	86	2	1	0	2	1	0	0	0	0	4
12:00 - 13:00	108	190	111	2	0	1	1	0	0	0	0	7	0
13:00 - 14:00	117	192	115	2	1	1	1	0	1	0	10	2	0
14:00 - 15:00	150	186	103	2	0	1	1	0	0	0	0	5	0
15:00 - 16:00	121	197	121	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0
16:00 - 17:00	147	226	108	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	149	218	134	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	123	197	120	2	0	1	1	0	0	0	0	3	0
Summe	1389	2518	1246	25	7	5	20	2	5				
Minimum										9,6	10		
Maximum												7	4

Tabelle - A 5: Bototrop, Zufahrt Radebrookstraße, Gesamtübersicht

Bus wird bei Ausfahrt durch einfahrende PKW behindert



Bild - A 4: Zufahrt: Radebrookstraße

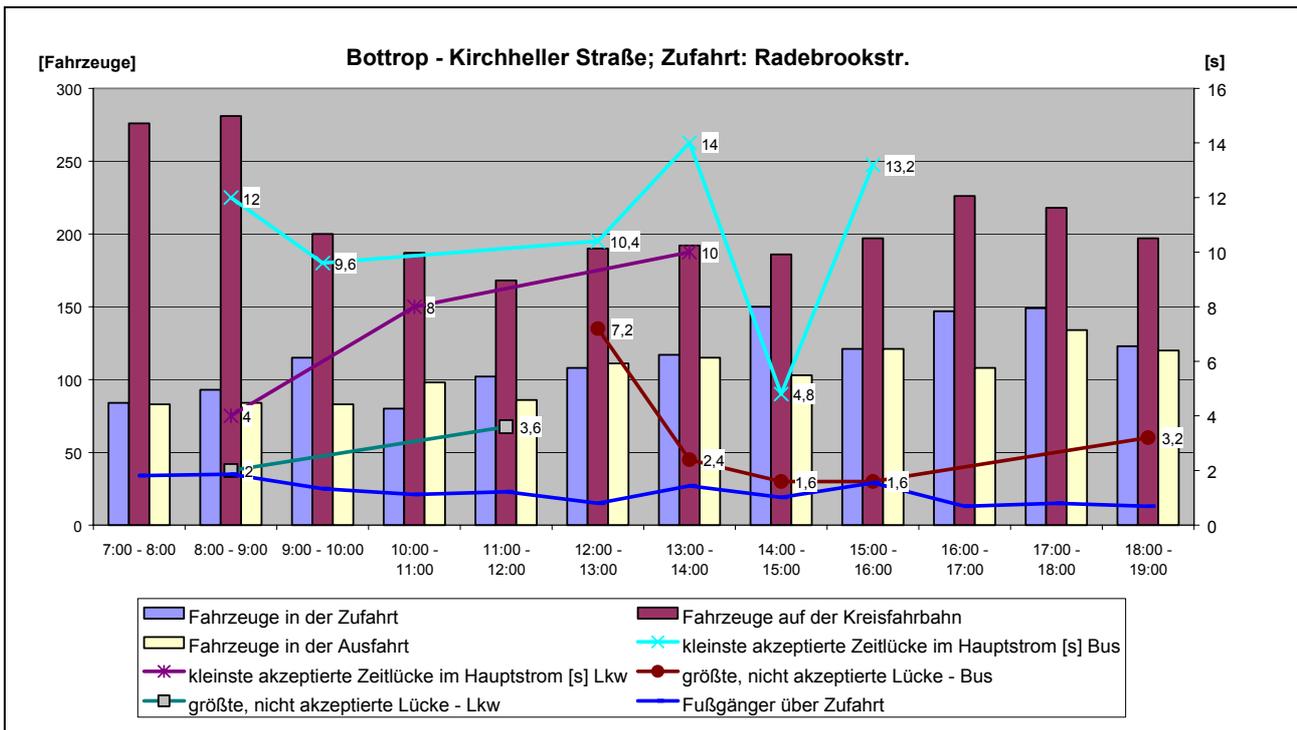


Abbildung - A 1: Bottrop, Kirchheller Straße - Eichenstraße , Zufahrt Radebrookstraße

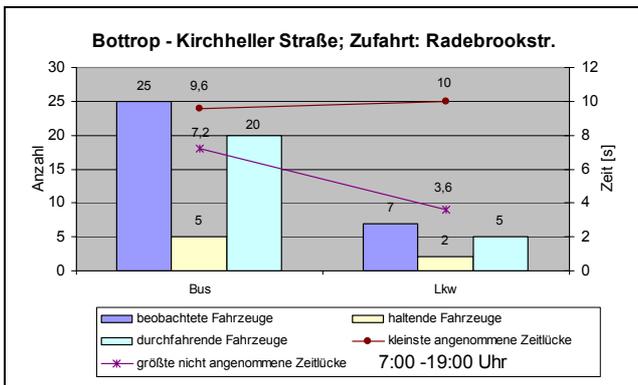


Abbildung - A 2: Bottrop, 12 Stunden Übersicht

**Verkehrsstärke**

Die Verkehrsstärke der Zufahrt beträgt etwa ¼ der Gesamtverkehrsstärke des Zufahrtbereiches. Ebenfalls ¼ der Fahrzeuge verlassen den Kreisverkehr an der Radebrookstraße. Im Tagesgang nimmt der Anteil der Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn kontinuierlich von ca. 2/3 auf unter 45% ab.

**Schwerverkehr**

Die Auswertung der Zufahrt Radebrookstraße zeigt einen geringen Schwerverkehrsanteil (Lkw und

Bus) von 2,3%. Dies ist in der Wohngebietslage begründet. Der Lkw-Anteil liegt mit 0,5% sehr gering.

**ÖPNV**

Linienbusse verkehren in der Zufahrt Radebrookstraße ½-stündlich. Dabei kommt es in 20% der Fahrten zu Halten an der Kreisfahrbahn. Die Haltezeit beträgt zwischen 1,6 und 10 Sekunden. Die mittlere Haltezeit je Bus beträgt 0,94s. Die Gesamtwartezeit der Linienbusse beträgt 23,6 s. Von den ÖPNV-Betreibern liegen keine negativen Äußerungen zum Kreisverkehr vor.

**Fazit**

Aus Sicht des ÖPNV ist dieser ungewöhnliche kleine Kreisverkehr mit tangentialen Zufahrten und geringer Fahrstreifenbreite in der Zufahrt relativ unproblematisch. Ungünstig wirkt sich jedoch der sehr geringe Radius der Ausfahrt (9m) aus. Die Mitbenutzung des Zufahrt-Fahrstreifens durch ausfahrende Busse ist erforderlich. Weiterhin ist der Doppelhalt an Haltestelle und Kreisfahrbahn ungünstig.

3.1.2 Zufahrt Eichenstraße



Die Zufahrt führt tangential auf den Kreisverkehr zu. Die Einsehbarkeit nach links ist gewährleistet. Die Ausfahrt in die Eichenstraße ist für Linienbusse durch einen 25m-Radius problemlos möglich. In der schmalen Zufahrt fahren Linienbusse nah am Fahrbahnteiler wenn in der folgenden Ausfahrt (Radebrookstraße) wieder ausgefahren wird.

Bottrop - Kirchheller Straße - Eichenstraße; Zufahrt: Eichenstraße

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste akzeptierte Zeitlücke im Hauptstrom [s] Bus	kleinste akzeptierte Zeitlücke im Hauptstrom [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	293	56	173	3	3	0	3	0	3	0	0	0	0
8:00 - 9:00	321	52	202	2	4	0	2	0	4	0	0	0	0
9:00 - 10:00	235	57	223	2	3	0	2	0	3	0	0	0	0
10:00 - 11:00	213	80	222	2	0	1	1	0	0	0	0	0	2
11:00 - 12:00	168	57	87	3	2	0	3	0	2	6,8	10,8	0	0
12:00 - 13:00	222	78	0	3	4	0	3	1	3	0	0	0	7
13:00 - 14:00	223	82	0	3	4	0	3	0	4	0	12,8	0	0
14:00 - 15:00	225	69	0	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0
15:00 - 16:00	227	81	237	2	2	0	2	0	2	11,2	0	0	0
16:00 - 17:00	268	75	324	2	1	0	2	0	1	4,4	0	0	0
17:00 - 18:00	269	92	346	2	1	0	2	1	0	0	0	0	3
18:00 - 19:00	241	82	309	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Summe	2905	861	2123	28	26	1	27	2	24				
Minimum										0	12,8		
Maximum												2	7

Tabelle - A 6: Bottrop, Zufahrt Eichenstraße, Gesamtübersicht

Trotz der mit 3m schmalen Zufahrt traten für Linienbusse und Lkw keine Probleme in der Zufahrt auf.

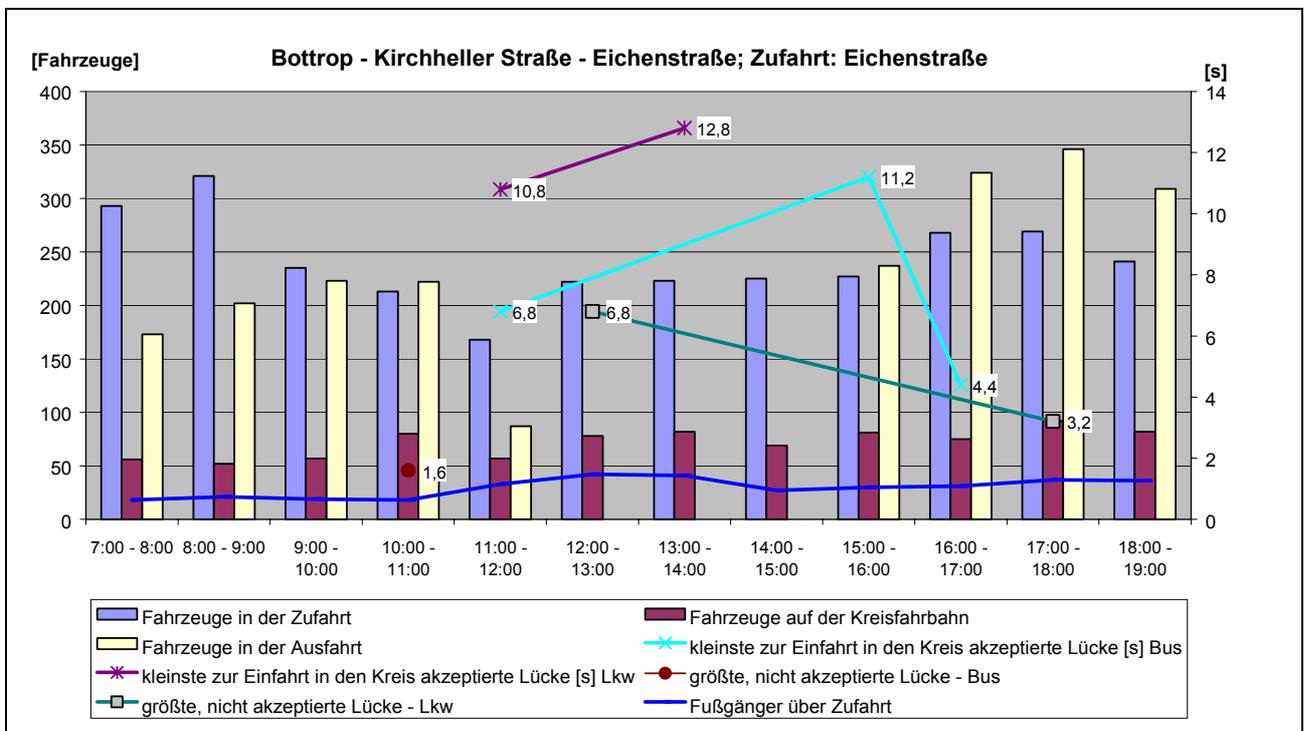


Abbildung - A 3: Bottrop, Kirchheller Straße - Eichenstraße, Zufahrt Eichenstraße

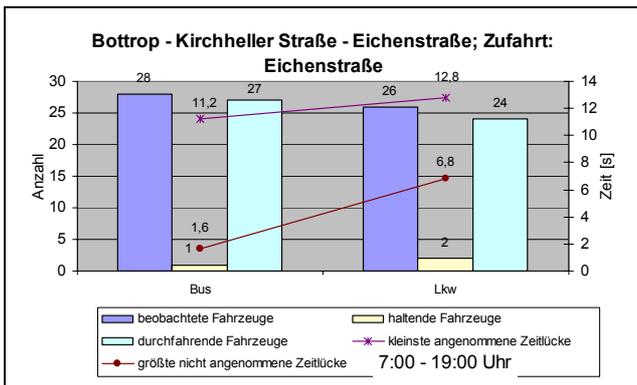


Abbildung - A 4: Bottrop, Eichenstraße, 12 Stunden Übersicht

### Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke des Zufahrtbereiches (Einfahrt, Ausfahrt und Kreisfahrbahn) schwankt zwischen 294 und 707 Fahrzeuge/h. Die Gesamtverkehrsstärke während des Beobachtungszeitraumes von 7:00 bis 19:00 Uhr betrug 5889 Fahrzeuge, davon 28 Busse und 26 Lkw. Die Verkehrsstärke in der Zufahrt Eichenstraße beträgt im Tagesmittel 49% der Gesamtverkehrsstärke des Zufahrtbereiches. Ca. 1/3 der Fahrzeuge im Zufahrtbereich verlassen den Kreisverkehr an der Ausfahrt Eichenstraße. Lediglich 15 % verbleiben auf der Kreisfahrbahn.

### Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil liegt in der Zufahrt Eichenstraße bei 1,8%. Der Lkw-Anteil liegt mit 0,9% ebenso wie in der Zufahrt Radebrookstraße sehr niedrig.

### ÖPNV

2 Linienbusse verkehren in der Zufahrt Eichenstraße je Stunde. Im Beobachtungszeitraum (12 Stunden) konnte nur 1 Halt an der Kreisfahrbahn beobachtet werden. Dies ist in der sehr geringen Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn (15% der Fahrzeuge im Zufahrtbereich) sowie der guten Einsehbarkeit der Ausfahrt begründet.

### Fazit

Trotz der tangentialen Zufahrten traten in der Zufahrt Eichenstraße weder für den ÖPNV noch für IV-Fahrzeuge Schwierigkeiten auf. Die Ausfahrt Eichenstraße ermöglicht mit einem großen Ausfahrtradius von 25m dem einfahrenden Verkehrsteilnehmer eine frühzeitige Zuordnung ausfahrender und im Kreis verbleibender Fahrzeuge. Der geringe Anteil im Kreis verbleibender Fahrzeuge führt so zu einem sehr geringen Anteil an Halten in der Zufahrt.

### 3.1.3 Kreisfahrbahn

#### Fahrt eines Busses auf der Kreisfahrbahn



Bild - A 6: Kreisfahrbahn

### ÖPNV

Die ÖPNV-Linien verkehren aus der Zufahrt Radebrookstraße in die Ausfahrt Eichenstraße und umgekehrt. Bei der Fahrt aus der Radebrookstraße wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 18,9 km/h zwischen den Ausfahrten Kirchheller Straße und Eichenstraße erreicht. Zwischen Eichenstraße und Radebrookstraße ist die Geschwindigkeit aufgrund des geringen Abstandes und der engen Ausfahrt in die Radebrookstraße geringer.

### 3.1.4 Fazit

Der Kreisverkehr entspricht aufgrund des nachträglichen Einbaus in ein altes Straßennetz mit den zwei tangentialen Zufahrten und den engen Ausfahrtradien in der Radebrookstraße und der Kirchheller Straße nicht den aktuellen Richtlinien [FGSV, 1998]. Dennoch ist er aufgrund der geringen Verkehrsbelastung und des sehr geringen Schwerverkehrsanteils eine gut geeignete Knotenpunktform für diese Situation. Beeinträchtigungen für den ÖPNV sind gerade in der Zufahrt Radebrookstraße erkennbar (20% Halte in der Zufahrt, Doppelhalt an Haltestelle und Kreisfahrbahn, Mitbenutzung der Gegenfahrbahn bei der Ausfahrt), führen auf Grund der geringen Verkehrsstärke allerdings nicht zu wesentlichen Beeinträchtigungen.

### 3.2 Esslingen, Barbarossastraße - Wäldenbronner Straße

DTV [Kfz/24h]	12.000
Außendurchmesser [m]	28,5
Fahrbahnbreite [m]	7,5
Baujahr	1999
Besonderheit	einstreifige Fahrbahn, Innenring gepflastert



Bild - A 7: Übersicht Kreisverkehr Esslingen

Der Kreisverkehr liegt im Stadtteilzentrum in stark bewegtem Gelände im Zuge einer Haupt-ÖV-Strecke. Haltestellen befinden sich in 3 Zufahrten und in 3 Ausfahrten in Entfernungen von jeweils 30 bis 50 Meter. Der Kreisverkehr ist ein typischer innerörtlicher kleiner Kreisverkehr. Seine Funktion ist sowohl die Geschwindigkeitsreduzierung als auch die Verkehrslenkung.

Die Barbarossastraße und die Kirchackerstraße fallen zum Kreisverkehr hin stark ab (ca 8%), während die Wäldenbronner Straße, Zufahrt West zum Kreisverkehr hin ansteigt.

### Geometrie

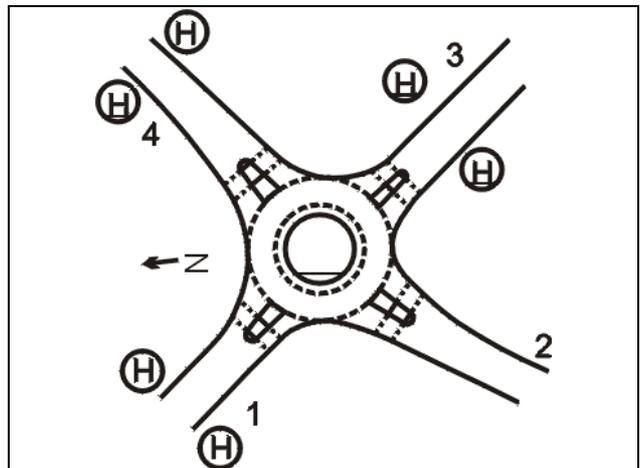


Abbildung 2: Skizze (Maßstab 1: 1500, Lage gemäß Bild - A 7)

Außen- Ø [m]	Innen- Ø [m]	Kreisfahr- bahn [m]	Aufpflaste- rung [m]	
28,5	13,5	5,5	2	
Zufahrten				
	Barba- rossastr.	Wälden- bronner (Süd)	Kircha- ckerstr.	Wälden- bronner (Nord)
	1	2	3	4
ÖPNV	ja	nein	ja	ja
R <sub>Z</sub> [m]	Klothoide	15	18	18
R <sub>A</sub> [m]	17	19	Klothoide	15
b <sub>Z</sub> [m]	4,75	3,25	5	4,5
b <sub>A</sub> [m]	4,75	5	4,8	4,5
Fahrbahn-teiler	ja	ja	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	-	-	-	2166
Ausfahrt	-	-	-	2266
Kreis	-	-	-	3622
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	-	-	-	17-18 Uhr
Zufahrt	-	-	-	228
Ausfahrt	-	-	-	266
Kreis	-	-	-	409
Beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
Haltende Busse	-	-	-	10
Durchfahrende Busse	-	-	-	47
Haltende Lkw	-	-	-	10
Durchfahrende Lkw	-	-	-	20
Kleinste akzeptierte Zeitlücke				
Bus	-	-	-	2,4
Lkw	-	-	-	3,2
Größte nicht akzeptierte Zeitlücke				
Bus	-	-	-	5,2
Lkw	-	-	-	2,4

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	--	--	1
- mit ÖPNV	--	--	--	0

Tabelle - A 7: Esslingen - Wäldenbronner Straße

3.2.1 Zufahrt Wäldenbronner Straße (Nord)



In der Zufahrt Wäldenbronner Straße befindet sich eine Haltestelle unmittelbar vor dem Kreuzungsbe-  
reich am Fahrbahnrand. Durch die Aufweitung der  
Fahrbahn in diesem Bereich ist eine Vorbeifahrt  
anderer Verkehrsteilnehmer am haltenden Bus  
möglich (Bild - A 9).



Die Gesamtverkehrsstärke lag bei 8054 Fahrzeu-  
gen zwischen 7:00 und 19:00 Uhr. Im Mittel ver-  
kehrten 2 Linienbusse je Stunde.

Die Anzahl der Fußgänger schwankt nur gering um  
den Mittelwert von 45 Personen je Stunde.

Esslingen - Wäldenbronner Straße; Zufahrt Wäldenbronner Straße Nord

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	198	199	159	6	6	0	6	1	5	0	4,4	0	0
8:00 - 9:00	189	244	145	4	2	1	3	0	2	2,8	3,2	0	0
9:00 - 10:00	161	239	148	3	2	1	2	0	2	9,2	0	0	0
10:00 - 11:00	153	271	160	5	4	0	5	1	3	2,4	6,4	0	3,2
11:00 - 12:00	161	299	154	6	4	2	4	1	3	3,6	6,8	5,2	4,4
12:00 - 13:00	150	334	197	5	0	0	5	0	0	4,4	0	0	0
13:00 - 14:00	171	260	152	3	5	2	1	4	1	5,2	0	1,6	5,2
14:00 - 15:00	157	285	169	3	1	1	2	0	1	0	0	2,4	0
15:00 - 16:00	166	327	215	7	3	1	6	2	1	10	0	7,6	4,4
16:00 - 17:00	200	357	235	6	2	1	5	0	2	6	4,8	2	0
17:00 - 18:00	228	409	266	4	1	0	4	1	0	3,6	0	0	1,6
18:00 - 19:00	232	398	266	5	0	1	4	0	0	0	0	2,4	0
Summe	2166	3622	2266	57	30	10	47	10	20				
Minimum										2,4	3,2		
Maximum												7,6	5,2

Tabelle - A 8: Esslingen, Wäldenbronner Straße (Nord)

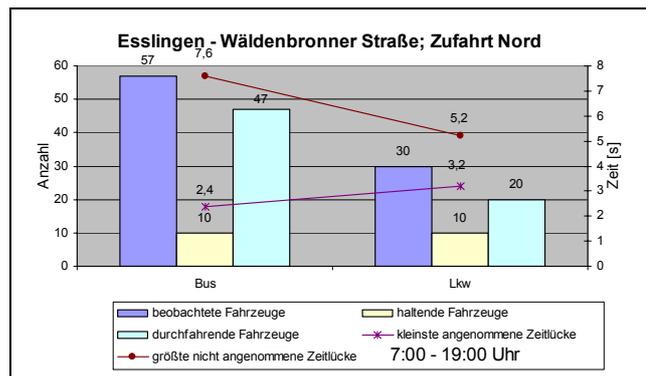


Abbildung - A 5: Esslingen, 12 Stunden Übersicht

Trotz hoher prozentualer Verkehrsstärke auf der  
Kreisfahrbahn kam es nur in 18% aller ÖV-Fahrten  
zu Halten an der Kreisfahrbahn. Halte bei Lkw tra-  
ten dagegen bei 1/3 aller Fahrten auf.

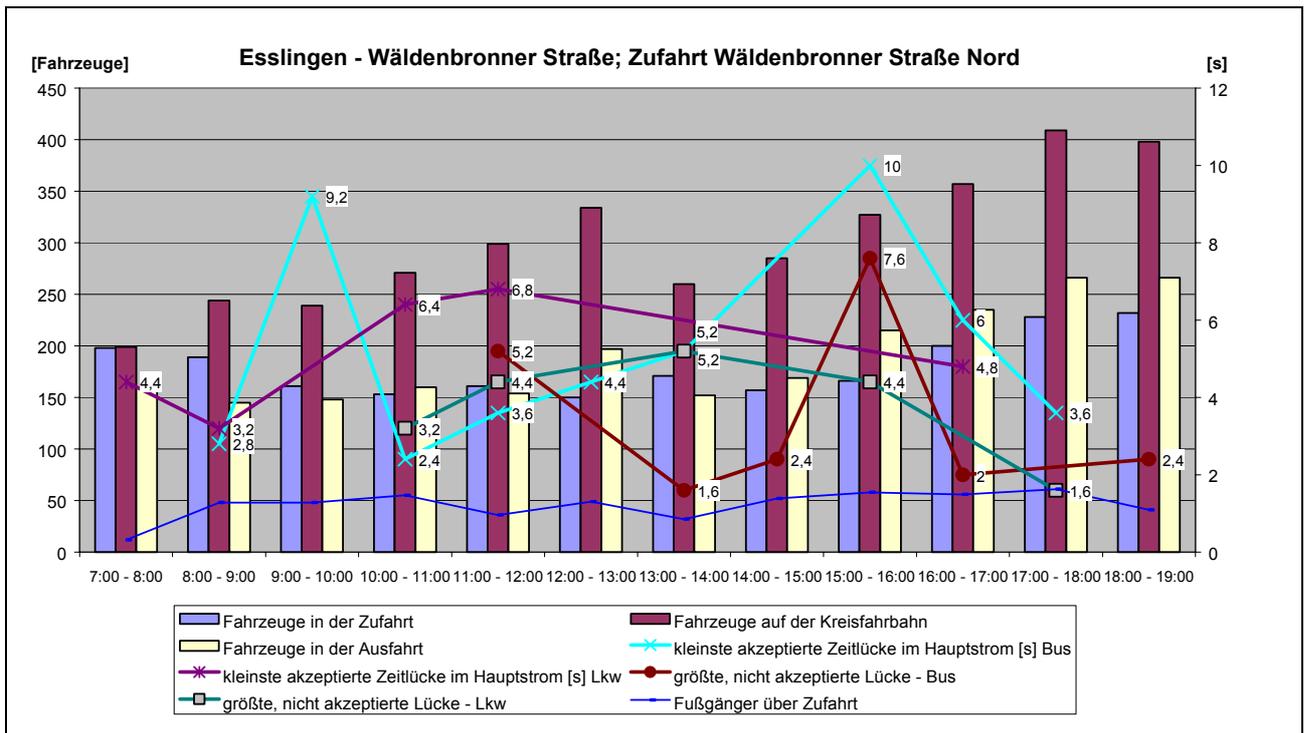


Abbildung - A 6: Esslingen, Wäldenbronner Straße, Zufahrt Wäldenbronner Straße

**Verkehrsstärke**

Die Gesamtverkehrsstärke stieg in der Zufahrt Esslinger Straße von 566 Kfz in den Morgenstunden kontinuierlich bis auf über 900 Kfz am Abend an.

Der Anteil zufahrender Fahrzeuge an der Gesamtheit aller Fahrzeuge im Einfahrtbereich lag im Tagesmittel bei 27% und schwankte zwischen 22% und 36%. In der Kreisfahrbahn verblieben im Tagesmittel 45% der Verkehrsteilnehmer. Die Ausfahrt Esslinger Straße Nord nutzten 28% aller Verkehrsteilnehmer, mit sehr geringen Schwankungen in der Stundenverteilung.

**Schwerverkehr**

Der Schwerverkehrsanteil lag mit 1,08% in der Zufahrt sehr niedrig. Von diesen 87 Fahrzeugen waren 2/3 Linienbusse. Der Anteil der Halte an der Kreisfahrbahn lag bei 18% (Busse) bzw. 33% Lkw).

**ÖPNV**

In der Zufahrt Esslinger Straße verkehrten 3 bis 7 Linienbusse je Stunde. Behinderungen der ÖV-Fahrzeuge durch Fußgänger konnten nicht beobachtet werden, allerdings behinderte ein in der Zufahrt haltender Bus ein Passantin bei der Querung der Furt (Bild - A 8).

Die Fahrzeiten der Linienbusse bei der Annäherung an die Kreisfahrbahn schwanken sehr stark. Für den identischen Streckenabschnitt wurden

zwischen 4,2s und 60,6s benötigt (Abbildung - A 8). Ursächlich war hier der in der Zufahrt vorhandene Rückstau, dem sich die Linienbusse anschließen mussten. Dies hat negative Auswirkungen auf die Fahrplaneinhaltung.

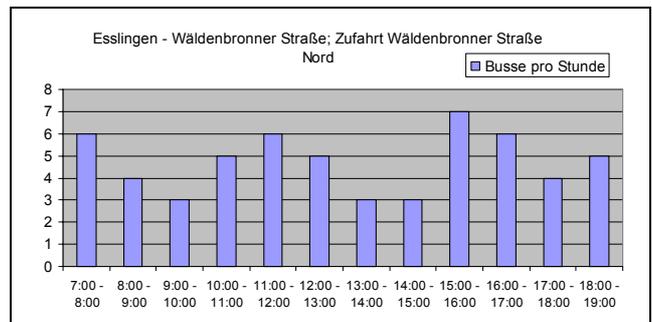


Abbildung - A 7: Linienbusse Zufahrt Wäldenbronner Straße Nord

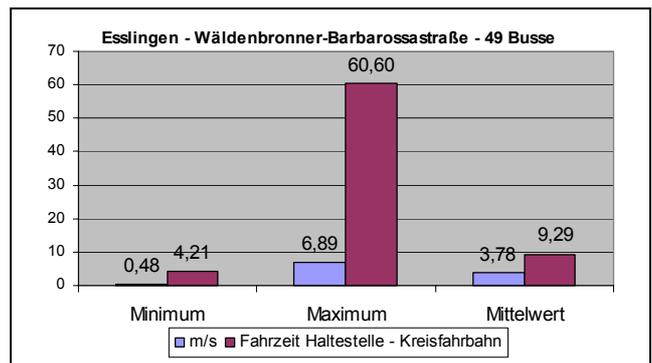


Abbildung - A 8: Fahrzeiten und Geschwindigkeiten bei der Annäherung an die Kreisfahrbahn

**Fazit**

Die Haltestelle in der Zufahrt zum Kreisverkehr hat keine beschleunigende Wirkung. Linienbusse müssen nach der Haltestellenbedienung genau so häufig an der Kreisfahrbahn halten wie Fahrten ohne Haltestellenbedienung. Durch Typ und Lage der Haltestelle werden keine Fahrzeuge hinter dem Bus aufgestaut, der haltende Bus wird überholt und muss hinter sich aufstauenden IV-Fahrzeugen auf die Einfahrt in die Kreisfahrbahn warten.

**3.2.2 Kreisfahrbahn**



**Schwerverkehr**

Im Kreisverkehr konnten im Beobachtungszeitraum 117 Busse bzw. Lkw ausgewertet werden.

von nach	1 Barbaros- sastr.	2 Wälden- bronner (Süd)	3 Kircha- ckerstr.	4 Wälden- bronner (Nord)
1			2B	
2	1B			45B / 7L
3	40B			5B / 6L
4	9B/ 1L			1L

Abbildung - A 9: ÖV- und Lkw -Verkehr auf der Kreisfahrbahn

Ausgewertet werden konnten Busse, die am Kreisverkehr rechts abgogen (z.B.: Fahrbeziehung 1-2), geradeaus fuhren (z.B.: 4-2) oder links abgogen (z.B.: 4-3).

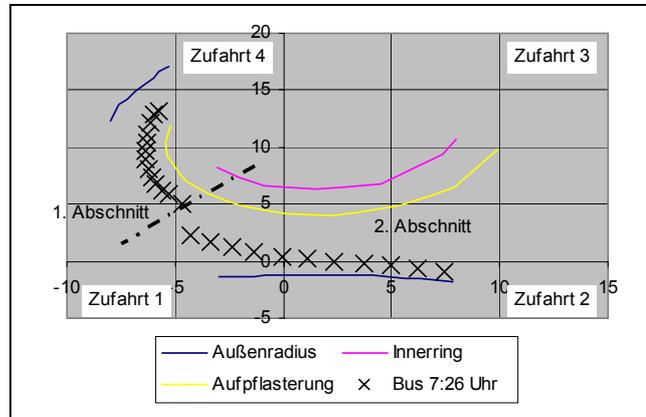


Abbildung - A 10: Auswertung der Fahrt des Linienbusses 7:26 Uhr von Zufahrt Wäldenbronner Straße Nord nach Ausfahrt Wäldenbronner Straße Süd (Geradeaus)

BUS	Rechts- abbieger	Geradeaus	Linksabbieger					
Anzahl	1	87	14					
Prozent	1%	85%	14%					
Fahrbeziehung	1-2	1-3	4-2	4-3	1-4			
Mittlere ausgewertete Fahrzeit [s]	2	2,9	5,7	7,4	5,6			
Mittlere ausgewertete Fahrstrecke [m]	11	13	22,0	29,1	33,8			
Fahrdynamik								
Mittlere Geschwindigkeit aller Fahrzeuge in allen Abschnitten [m/s]	4,7	4,3	3,8	4,1	6,6			
Minimale Geschwindigkeit [m/s]	4,0	1,2	2,14	2,7	4,7			
Maximale Geschwindigkeit [m/s]	6,5	5,8	7,14	4,9	8,6			
Fahrgeometrie								
Abschnitt*)		1	1	2	1	2	1	2
Minimale Winkeländerung /1s [°/s]	0,7	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,4	0,3
Maximale Winkeländerung /1s	5,7	14	28	18	22	24	9,8	20
Mittlere Winkeländerung /1s	3,6	4,1	5,1	4,9	5,7	5,8	3,9	9,6
Relative Winkeländerung (Summe aller Winkeländerungen)	29	40	187		237		174	
			58	64	50	77	34	84
Absolute Winkeländerung (Winkel zwischen Beginn und Ende der Auswertung)	27	26	81		114		99	
			48	17	31	57	21	32
Geometrieverhältnis (Kurvigkeit der Fahrt im Kreisverkehr)	0,95	0,6	0,4		0,5		0,5	
			0,8	0,3	0,6	0,7	0,7	0,4

\*)Die Auswertungen wurden in einzelne Abschnitte eingeteilt  
 Abschnitt 1: 1. Teil der Kreisfahrbahnbefahrung, aus der Ausfahrt in die Kreisfahrbahn einfahrend,  
 Abschnitt 2: 2. Teil der Kreisbefahrung, aus der Kreisfahrbahn in die Ausfahrt fahrend

Tabelle - A 9 : Auswertung der Kreisfahrt von Linienbussen

## ÖPNV

Der auswertbare Rechtsabbieger aus der westlichen Zufahrt (1-2) konnte ohne Halt aus der Einfahrt in die Kreisfahrbahn einfahren. Durch die klothoidenartige Zufahrt in der Barbarossastraße und den großen Radius der Ausfahrt Wäldenbronner Straße Süd war eine zügige und fließende Fahrt möglich. Die Änderung der Fahrtrichtung im beobachteten Abschnitt stimmte annähernd mit der ausgewerteten Fahrlinie überein, d.h. es traten keine Lenkbewegungen gegen die Fahrtrichtung auf. Dies ergibt mit 0,95 im Verhältnis absoluter zu relativer Winkeländerung einen Wert, der nahe 1, dem Wert bei Geraden, liegt.

Der Kreisverkehrsplatz in Esslingen wird von 85% der ausgewerteten Linienbusse diagonal gequert. Die Querung in Nord-Süd Richtung unterscheidet sich bei der Auswertung von der West-Ost Richtung. Bei der West-Ost-Querung (Fahrt 1-3) wird der erste Teil der Kreisbefahrung ausgewertet. Einfahrende Linienbusse mussten nur selten halten. Dies wird in einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit der Busse als in Nord-Süd-Richtung deutlich. Die klothoidenartige Gestaltung der Zufahrt ermöglicht eine annähernd tangentielle Einfahrt in die Kreisfahrbahn, sodass auf der Kreisfahrbahn nur geringe Änderungen der Fahrtrichtung (mittlere Winkeländerung pro Sekunde) erforderlich waren. Dies erhöht den Fahrkomfort für die Fahrgäste. Unterstützt wird dies durch die geringere Ablenkung der Fahrlinie in West-Ostrichtung (7m) im Gegensatz zur Nord-Süd-Richtung (9m).

In Nord-Südrichtung (Zufahrt 4 - Ausfahrt 2; siehe Abbildung - A 10) wurde im 1. Abschnitt die Befahrung der Kreisfahrbahn ausgewertet. Hier stellte sich mit  $5,1^\circ/\text{s}$  eine relativ große mittlere Winkeländerung heraus. Der Absolutwert mit  $28^\circ/\text{s}$  ist die größte gemessene Winkeländerung an diesem Kreisverkehr. Dennoch wird dieser Teil des Kreisverkehrs zügig und nur mit wenigen entgegengerichteten Lenkbewegungen befahren, wie das Verhältnis von absoluter zu relativer Winkeländerung zeigt. Im 2. Abschnitt wurde der Übergang von der Kreisfahrbahn in die Ausfahrt ausgewertet. In diesem Bereich findet der Übergang von der Linkskurve auf der Kreisfahrbahn in die rechtsliegende Ausfahrt statt. Dies wird mit 0,3 auch im Verhältnis von relativer zu absoluter Winkeländerung deutlich.

Linksabbiegende Linienbusse konnten aus den Zufahrten 4 (Wäldenbronner Straße Nord) und 1 (Barbarossastraße) ausgewertet werden. Aus der Zufahrt 4 wurde beide Abschnitte analog zu Abbildung - A 10 ausgewertet. Trotz identischer Lage ergeben sich doch erhebliche Abweichungen. Während die Mittlere Geschwindigkeit noch annähernd gleich hoch ist, differierte die maximale Geschwindigkeit mit 7,1 m/s bei Geradeausfahrt und 4,9 m/s beim Linksabbiegen erheblich. Auch im jeweils 1. Abschnitt differieren die Winkeländerun-

gen pro Sekunde ( $5,1^\circ/\text{s}$  bzw.  $5,7^\circ/\text{s}$ ). Dies weist im 1. Abschnitt auf deutlich unterschiedlichere Fahrweisen beim Linksabbiegen und beim Geradeausfahren hin.

Der 2. Abschnitt umfasst ebenfalls einen Bereich der Kreisbefahrung. Die Ausfahrt ist in diesem Abschnitt unberücksichtigt. Der 2. Abschnitt unterscheidet sich beim Linksabbiegen nur unwesentlich vom 1. Abschnitt. Hier sind offensichtlich gleichartige Fahrmanöver zu beobachten.

Bei der Fahrt der Linksabbieger aus der Zufahrt 1 (Barbarossastraße) in die Zufahrt 4 (Wäldenbronner Straße Nord) wurde als Abschnitt 1 der Bereich zwischen den Zufahrten 1 und 2 und als Abschnitt 2 der Bereich zwischen der Zufahrt 2 bis zur Ausfahrt 4 ausgewertet. Der Bereich der Einfahrt (Abschnitt 1) weist deutliche Unterschiede im Vergleich mit dem Rechtsabbiegen und Linksabbiegen aus dieser Zufahrt auf. Da bei der Einfahrt in den Kreis beim Linksabbiegen die Ausfahrt noch nicht erkennbar ist, ergeben sich deutlich stärker differierende Fahrlinien als z.B. beim Rechtsabbiegen.

### 3.2.3 Fazit

Der Kreisverkehr Esslingen, Wäldenbronner Straße – Barbarossastraße ist ein typischer kleiner Kreisverkehr im Stadtteilzentrum. Trotz der bewegten geographischen Lage ist seine Befahrbarkeit weder für Pkw, Lkw noch für Busse eingeschränkt.

Durch die flache Gestaltung der Mittelinsel und die topografische Lage ist eine Durchsicht in die gegenüberliegende Ausfahrt möglich. Dennoch ist durch eine ausreichend große Mittelinsel mit Aufpflasterung eine ausreichende Ablenkung der Fahrzeuge gewährleistet.

Bei der Auswertung der Fahrlinien hat sich ergeben, dass für Fahrten aus der gleichen Ausfahrt (hier Ausfahrt 1) starke Unterschiede in der Wahl der Fahrweise in Abhängigkeit von der gewünschten Fahrtrichtung (rechts-links-geradeaus) vorliegen. Wenn die Ausfahrt anvisiert werden kann (rechts und geradeaus) ergeben sich gleichmäßigere Fahrlinien mit weniger Winkeländerungen als beim Linksabbiegen. Damit verbunden ist für Fahrgäste ein höherer Fahrkomfort beim Geradeausfahren bzw. beim Rechtsabbiegen.

### 3.3 Leverkusen, Bismarckstraße - Robert-Blum-Straße

DTV [Kfz/24h]	17.000
Außendurchmesser [m]	29
Fahrbahnbreite [m]	7,5
Besonderheit	einstreifige Fahrbahn, kein Innenring, Inseln in Zufahrten markiert



Bild - A 12: Leverkusen, Robert-Blum-Straße – Bismarckstraße

Die Kreisverkehrsplätze in Leverkusen zeichnen sich durch vielfach unkonventionelle Lösungen aus. Der Kreisverkehr Bismarckstraße - Robert-Blum-Straße ist aus einer großen Kreuzung mit dreieckiger Mittelinsel entstanden. Während die Mittelinsel baulich bereits komplett gestaltet ist, sind die Zufahrten bisher nur markiert. Die ehemals zweistreifigen Zufahrten sind ummarkiert worden: der rechte Fahrstreifen wurde zur ÖV-Spur bis kurz vor dem Kreisverkehr. Nach der letzten Haltestelle endet die ÖV-Spur. Parallel endet auch die IV-Spur in Form einer Fahrstreifenreduzierung. Fahrzeuge des IV haben so die Möglichkeit, den Bus während der Haltestellenaufenthaltszeit zu überholen, sobald der Bus die Haltestelle verlässt, hat er jedoch Vorfahrt vor den IV-Fahrzeugen. Diese Maßnahme verläuft relativ problemlos. Es traten keine nennenswerten Konfliktsituationen auf. Teilweise wird der Bus beim Anfahren noch von IV-Fahrzeugen überholt. In der Regel zeigen sich die Pkw-Fahrer kooperativ und gewähren dem Bus Vorrang.

Der Kreisfahrbahn ist verhältnismäßig schwach befahren. Der Hauptverkehrsstrom verläuft zwischen Robert-Blum-Straße und Bismarckstraße-Süd. Damit ergibt sich ein geringeres Verkehrsaufkommen im Kreis. Folglich stehen den einzelnen Fahrzeugen bei der Einfahrt in den Kreisverkehr relativ große Zeitlücken zur Verfügung und die Wartezeit ist gering.

### Geometrie

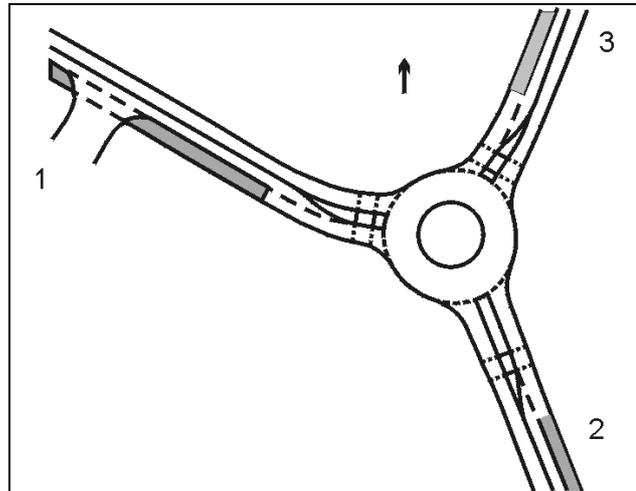


Abbildung 3: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]
29	14	7,5	-
<b>Zufahrten</b>			
	Bismarckstraße (West)	Bismarckstraße (Süd)	Robert-Blum-Straße
	1	2	3
ÖPNV	ja	Ja	ja
R <sub>Z</sub> [m]	10	10	10
R <sub>A</sub> [m]	10	10	10
b <sub>Z</sub> [m]	3,75	3,5	3,75
b <sub>A</sub> [m]	4	3,75	4,5
Fahrbahnteiler	markiert	Markiert	markiert
<b>Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)</b>			
Zufahrt	-	5068	6629
Ausfahrt	-	4827	6582
Kreis	-	3020	1172
<b>Spitzenstundenbelastung</b>			
Spitzen-h	-	14–15 Uhr	16-17 Uhr
Zufahrt	-	445	722
Ausfahrt	-	458	669
Kreis	-	325	165
<b>beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)</b>			
haltende Busse	-	17	17
durchfahrende Busse	-	32	66
haltende Lkw	-	44	18
durchfahrende Lkw	-	123	127
<b>kleinste akzeptierte Zeitlücke</b>			
Bus	-	3,2	4,4
Lkw	-	1,6	4,8
<b>größte nicht akzeptierte Zeitlücke</b>			
Bus	-	5,6	5,6
Lkw	-	3,6	3,6

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	4	4	1
- mit ÖPNV	--	1	1	0

Tabelle - A 10: Leverkusen, Bismarckstraße- Robert-Blum-Straße

**3.3.1 Zufahrt Robert-Blum-Straße**

Die Zufahrt Robert-Blum-Straße verfügt über eine ÖV-Spur in Seitenlage und einen IV-Fahrstreifen. Die ÖV-Spur endet vor dem Kreisverkehr und wird als normaler Fahrstreifen weitergeführt. Die IV-Spur endet ebenfalls kurz vor dem Kreisverkehr in einer Fahrstreifenreduzierung in den durchlaufenden Fahrstreifen.

ÖV-Fahrzeuge fahren aus der ÖV-Spur in die Fortführung als normaler Fahrstreifen, IV-Fahrzeuge müssen die Vorfahrt der ÖV-Fahrzeuge beachten. Rückstauungen in der IV-Spur kann das ÖV-Fahrzeug auf der ÖV-Spur umgehen und sich als eines der vorderen Fahrzeuge an der Einfahrt zur Kreisfahrbahn einreihen. Eine Beschleunigung an der Einfahrt in den Kreisverkehr findet nicht statt.



Trotz der Beschleunigung in der Zufahrt erreichte der Bus nur in 81% aller Fahrten die Kreisfahrbahn an erster Position.

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	425	70	494	3	3	1	5	1	11	0	5,2	0	0
8:00 - 9:00	447	85	515	2	4	4	3	1	11	0	5,6	3,2	0
9:00 - 10:00	423	64	472	2	3	2	5	0	13	0	5,2	0	0
10:00 - 11:00	534	100	552	2	0	0	6	3	18	0	2,4	0	1,6
11:00 - 12:00	605	96	514	3	2	1	7	3	17	4,4	6	0	0
12:00 - 13:00	585	87	541	3	4	0	8	2	14	0	0	0	0
13:00 - 14:00	488	71	505	3	4	2	9	2	7	0	0	1,2	3,6
14:00 - 15:00	558	108	503	2	2	0	7	3	9	5,2	5,6	0	1,6
15:00 - 16:00	640	115	586	2	2	4	3	1	12	6	6,4	2,4	3,6
16:00 - 17:00	722	165	669	2	1	3	4	2	12	7,2	2	5,6	2,4
17:00 - 18:00	649	117	616	2	1	2	5	0	2	0	0	1,6	0
18:00 - 19:00	553	94	615	2	0	1	6	0	2	0	0	0	0
Summe	6629	1172	6582	28	26	20	68	18	128				
Minimum										4,4	2,4		
Maximum												5,6	3,6

Tabelle - A 11: Leverkusen, Zufahrt Robert-Blum-Straße

Die Verkehrsstärke im Einfahrtbereich lag bei 14.381 Kfz in der Beobachtungszeit von 7:00 bis 19:00 Uhr. Insgesamt konnten 88 Linienbusse und 146 Lkw ausgewertet werden.

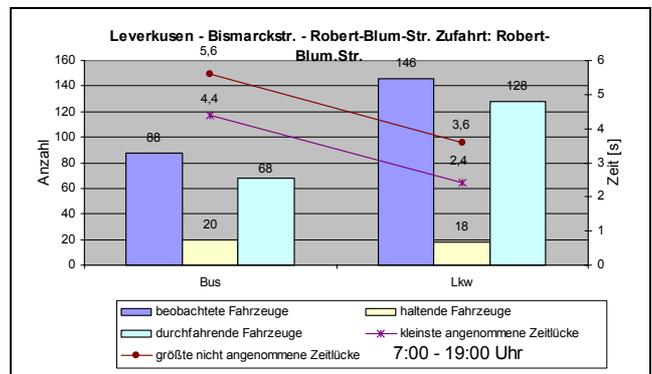


Abbildung - A 11: Leverkusen, Zufahrt Robert-Blum-Straße

Die größte nicht angenommene Zeitlücke lag bei 5,6s (Bus), die kleinste angenommene Lücke lag bei 2,4s (Lkw) für ein ausfahrendes Kfz.

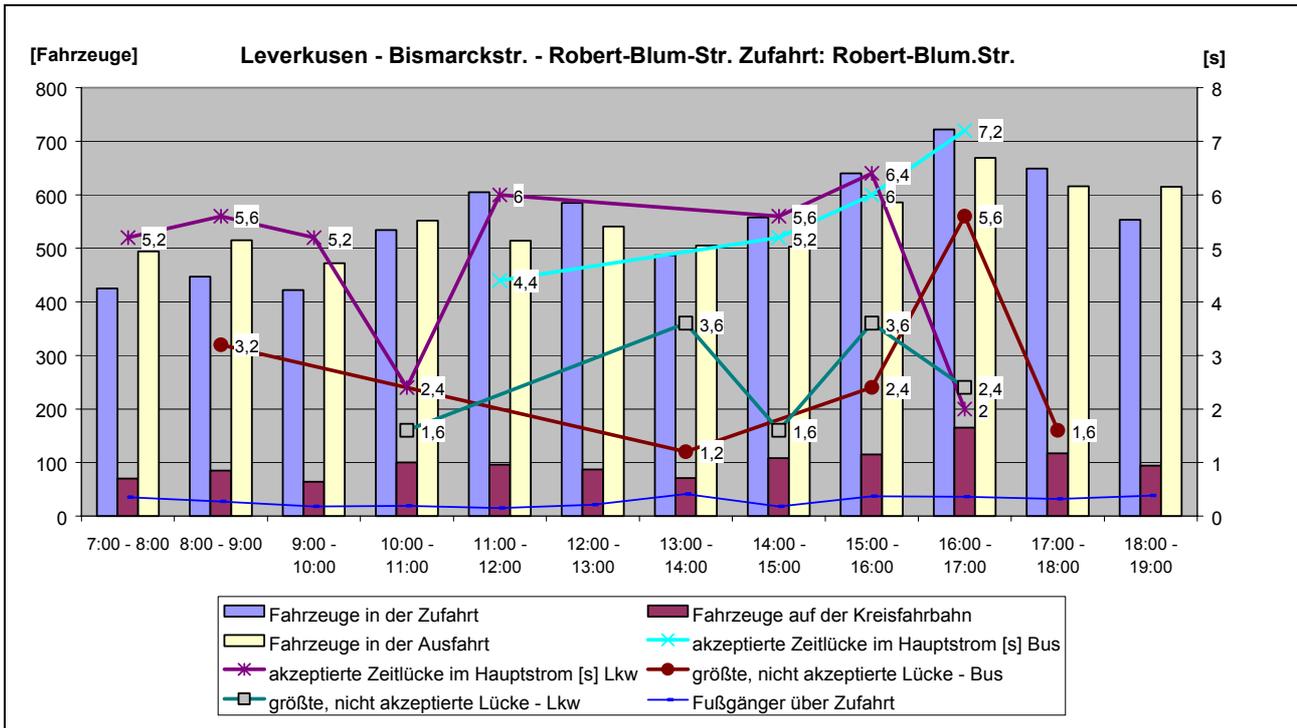


Abbildung - A 12: Leverkusen, Bismarckstraße – Robert-Blum-Straße, Zufahrt Robert-Blum-Straße

**Verkehrsstärke**

Die Spitzenstunde des Einfahrtbereiches lag zwischen 16:00 und 17:00 Uhr. 722 Kfz nutzten die Zufahrt Robert-Blum-Straße, 669 Kfz nutzten die Ausfahrt und 117 Kfz verblieben auf der Kreisfahrbahn.

Im Tagesmittel lag der Anteil der zufahrenden und ausfahrenden Kfz bei jeweils 46%, während lediglich 8% der Fahrzeuge im Kreis verblieben.

Die Fußgängerstärke schwankt zwischen 18 und 41 Fußgängern pro Stunde.

**Schwerverkehr**

Der Schwerverkehrsanteil war mit 3,5 % aller Fahrzeuge in der Zufahrt eher gering. 1/3 dieser Fahrzeuge waren Linienbusse, 2/3 waren Lkw. 23% der Busse mussten halten, bei den Lkw lag dieser Prozentsatz bei 13 %. Die mittlere Halte-dauer lag bei den Lkw bei 0,13s, während sie bei Bussen mit 0,29 s um 60% höher lag. Die Gesamt-Haltesdauer betrug bei Lkw 20s und bei Bussen 19,4s.

**ÖPNV**

81% aller ÖV-Fahrzeuge erreichen an dieser Zufahrt die Kreisfahrbahn in 1. Position. 23% dieser Fahrzeuge (16 Linienbusse) müssen an der Einfahrt halten und bevorrechtigten Verkehr auf der Kreisfahrbahn passieren lassen.

Trotz der ÖV-Spur kommt es in 19% der ÖV-Fahrten zu Ankünften in 2. bis n-ter Position

(Tabelle - A 12). In Einzelfällen ist auch bei Fahrzeugen, die in n-ter Position die Zufahrt erreichen ein nochmaliger Halt an der Einfahrt erforderlich (13%).

Wartezeiten für Linienbusse in nachfolgender Position ergaben sich trotz der ÖV-Spur in der Zufahrt:

Bus erreicht den Rückstau vor der Kreisfahrbahn als Fahrzeug Nr:					
	1	2	3	4	5
Häufigkeit	81%	4%	6%	4%	5%
Mittlere Wartezeit [s]	5,2	7,7	8,1	12,3	9,5

Tabelle - A 12: Verteilung der ÖV-Ankünfte, Zufahrt Robert-Blum-Straße

**Fazit**

Die ÖV-Spur ist zur Beschleunigung des ÖV-Verkehrs in der Zufahrt Robert-Blum-Straße geeignet.

Das ÖV-Fahrzeug erreicht die Kreisfahrbahn in ca. 90% aller Fahrten als 1., 2., oder 3. Fahrzeug. Somit entfallen gerade während der Spitzenverkehrsstunde durch die ÖV-Spur ÖV-Halte.

3.3.2 Zufahrt Bismarckstraße



Die Zufahrt Bismarckstraße ist eine radial zum Kreismittelpunkt markierte Zufahrt. Allerdings ist der rechte Fahrbahnrand nur mit einer Sperrfläche markiert. Diese wird beim zügigen Einfahren, insbesondere von Lkw, überfahren. In Einzelfällen wurde trotz Sperrfläche die vorhandene Beschilderung von Lkw gestreift.

In der Zufahrt befindet sich eine ÖV-Spur. Diese endet in einer Haltestelle. Fortgeführt wird sie als normale Fahrspur. Parallel zur ÖV-Spur in Seitenlage verläuft die IV-Fahrbahn. Diese endet in Höhe der Haltestelle in einer Fahrstreifenreduzierung.

Die Verkehrsstärke im Einfahrtbereich Bismarckstraße lag während der Beobachtungszeit bei 12.915 Kfz in 12 Stunden. Im Mittel nutzen 39% der Fahrzeuge die Zufahrt, 37% die Ausfahrt und 24 % der Fahrzeuge verblieben auf der Kreisfahrbahn.

Die Fußgängeranzahl schwankte zwischen 8 und 36 querenden Fußgängern an der Einfahrt Bismarckstraße.

Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke im Einfahrtbereich schwankte zwischen 809 und 1603 Kfz pro Stunde. Die Spitzenstunde lag zwischen 16:00 und 17:00 Uhr. Sie ist eine absolute Ausnahmestunde, außerhalb der Spitzenstunde wurden maximal 1228 Kfz pro Stunde registriert.

Die Anteile der zufahrenden, ausfahrenden und im Kreis verbleibenden Kfz schwanken nur gering um die Mittelwerte.

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Umdrehungen	größte, nicht akzeptierte Lücke-Zeit
7:00 - 8:00	335	150	324	5	20	1	4	7	13	0	3,2	2,4	4,4
8:00 - 9:00	384	192	331	4	13	1	3	4	9	0	3,4	3,2	4,4
9:00 - 10:00	401	197	340	4	28	0	4	3	25	8	0	0	3,2
10:00 - 11:00	385	240	375	4	23	1	3	5	18	6	4,2	5	5,6
11:00 - 12:00	341	236	357	4	17	0	4	6	11	5,4	5,2	0	2
12:00 - 13:00	448	271	381	4	18	2	2	7	11	4,2	2,8	3	3,2
13:00 - 14:00	396	255	373	4	15	0	4	3	12	5,4	3,6	0	0,8
14:00 - 15:00	445	325	458	4	11	3	1	4	7	0	5,2	2	3,4
15:00 - 16:00	438	240	384	4	9	2	2	1	8	4,4	7,2	2,2	0
16:00 - 17:00	615	362	626	4	10	2	2	3	7	5,2	4,4	3,2	2,8
17:00 - 18:00	412	266	483	4	1	1	3	1	0	4	0	0	3,2
18:00 - 19:00	468	286	395	4	2	4	0	2	5,6	0	1,6	0	0
Summe	5068	3020	4827	49	167	17	32	44	123				
Minimum										4,2	2,8		
Maximum													5,6

Tabelle - A 13: Leverkusen, Robert-Blum-Straße-Bismarckstraße

Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil beträgt in der Zufahrt 4,3% und ist damit höher als in der Zufahrt Robert-Blum-Straße. Der ÖV-Anteil am Schwerverkehrsanteil beträgt 23%. Halte in 1. Position waren bei 35% der Linienbusse aber nur bei 26 % der Lkw erforderlich.

In der Ausfahrt beträgt der Schwerverkehrsanteil ca. 4,1 %. Der ÖV-Anteil am Schwerverkehrsanteil beträgt 19%.

In der Kreisfahrbahn beträgt der Schwerverkehrsanteil lediglich 3,3%. Allerdings liegt hier der ÖV-Anteil mit 37% am Schwerverkehrsanteil sehr hoch.

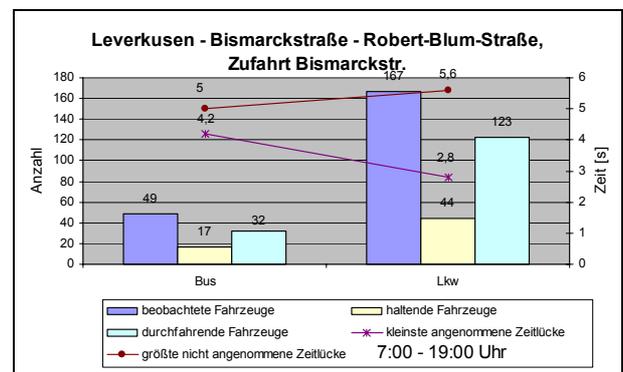


Abbildung - A 13: Leverkusen, Zufahrt Bismarckstraße

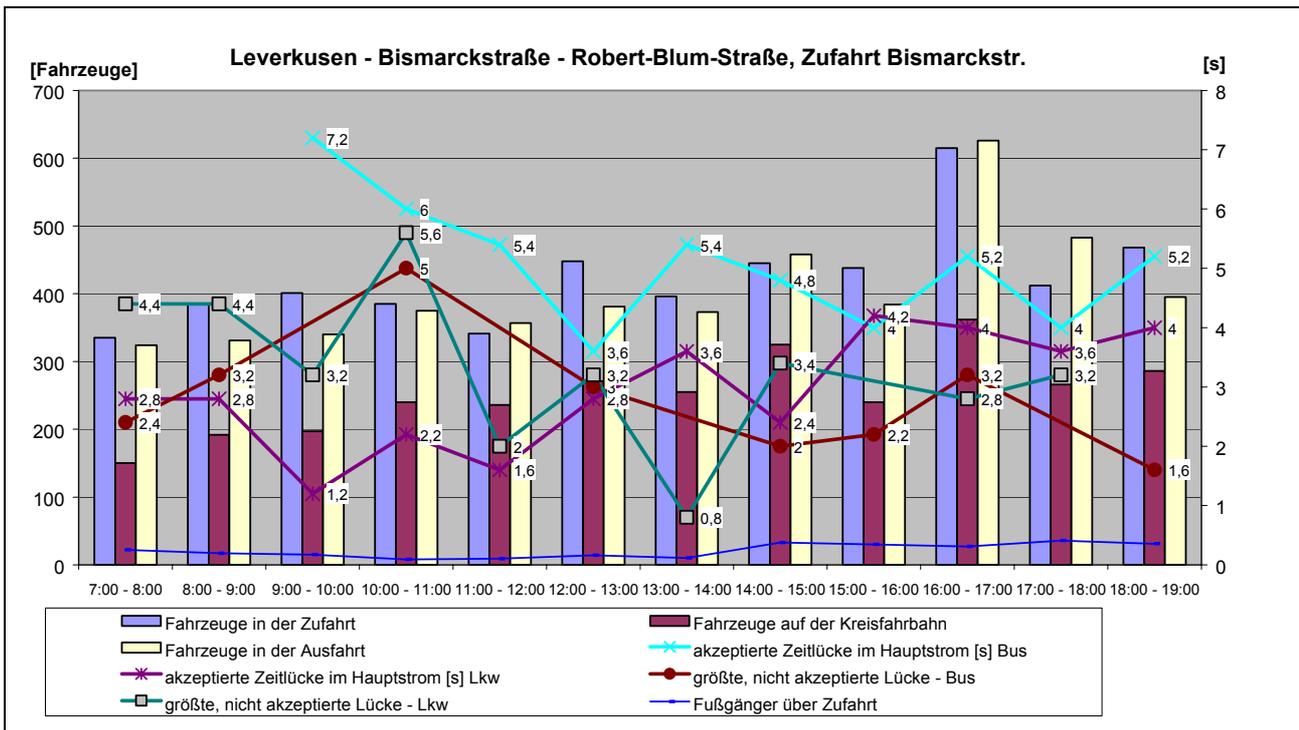


Abbildung - A 14: Leverkusen, Bismarckstraße – Robert-Blum-Straße, Zufahrt Bismarckstraße

**ÖPNV**

Die Zufahrt Bismarckstraße wird regelmäßig von 4 Linienbussen pro Stunde befahren.

Wartezeiten für Linienbusse ergaben sich trotz der ÖV-Spur in der Zufahrt:

Bus erreicht den Rückstau vor der Kreisfahrbahn als Fahrzeug Nr:					
	1	2	3	4	5
Häufigkeit	72%	16%	2%	8%	2%
Mittlere Wartezeit [s]	4,3	10,2	9,0	11,4	14,5

Tabelle - A 14 : Verteilung der ÖV-Ankünfte, Zufahrt Bismarckstraße

Durch die weit vor dem Kreisverkehre endende ÖV-Spur können IV-Fahrzeuge haltende Busse überholen. Müssen diese Fahrzeuge verkehrsbedingt an der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn halten, führt dies auch zu Halten der nachfolgenden Linienbusse (Tabelle - A 14).

**3.3.3 Fazit**

Der Kreisverkehrsplatz Bismarckstraße – Robert-Blumstraße ist ein aus einer aufgeweiteten Einmündung mit Mittelinsel entwickelter Kreisverkehrsplatz. Die Mittelinsel ist baulich gestaltet, Änderungen in den Zufahrten sind nur markiert. Die Markierungen wurden bereits mehrfach geändert.

Aus den ehemals zweistreifigen Zufahrten sind eine ÖV- und eine IV-Spur entwickelt worden. Die beiden Fahrstreifen werden in der Zufahrt auf einen Fahrstreifen reduziert.

Bus muss Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn Vorrang gewähren



Bild – A 16: "Leverkuser Lösung", IV-Spur als Fahrstreifenreduzierung

Durch die Anlage eines Kreisverkehrs konnte die Sicherheit am Knotenpunkt gesteigert werden. Die Zahl der Unfälle konnte von 9 Unfällen vor dem Kreisverkehrsumbau (August 1997 bis Juli 1998) auf 4 Unfälle im Vergleichszeitraum 1999/2000 mehr als halbiert werden. Im gesamten Jahr 2000 ereignete sich lediglich 1 Unfall. Auch aus Betreiber und ÖPNV-Unternehmer Sicht sind keine Probleme an dem Kreisverkehr bekannt.

### 3.4 Leverkusen, Felderstraße - Wupperstraße

DTV [Kfz/24h]	12.000
Außendurchmesser [m]	28
Fahrbahnbreite [m]	7,5
Besonderheit	einstreifige Fahrbahn, gepflasterter Innenring, bauliche Inseln in Zufahrten



Bild - A 17: Kreisverkehr Rheindorf Süd

Der 1999 gebaute Kreisverkehr Rheindorf Süd / Felderstraße - Wupperstraße liegt im Stadtteilzentrum Rheindorf Süd und soll zusammen mit dem in Bau befindlichen Nachbarkreisel Solinger Straße - Wupperstraße zur Verkehrsberuhigung und zur Verdeutlichung des Quartiercharakters dienen. In der Zufahrt Wupperstraße liegt die zentrale ÖPNV-Haltestelle. Zur Zeit der Aufnahmen war die Durchfahrt Wupperstraße gesperrt, so dass nur relativ wenige Fahrzeuge die Zufahrt nutzten.

In der Zufahrt Wupperstraße endet die Haltestelle ca. 10 m vor der Kreisfahrbahn. Parallel endet auch der IV-Fahstreifen. Bei den Beobachtungen vor Ort wurde allerdings festgestellt, dass die Busse so weit über die Haltestelle hinaus fahren, dass keine IV-Fahrzeuge an den haltenden Bussen vorbei in den Kreis einfahren konnten. Die Haltestelle ist eine Doppelhaltestelle.

Fahrbahnversatz, Haltestelleneinleitung am Fahrbahnrand, Parallele Lage IV-Spur – ÖV-Haltestelle



Bild - A 18: Haltestelle Leverkusen-Wupperstraße

### Geometrie

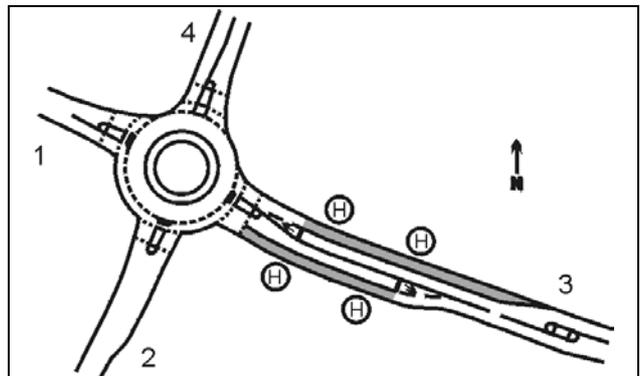


Abbildung 4: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
28	13	5,5	2	
Zufahrten				
	Pützdele	Felderstraße (Süd)	Wupperstraße	Felderstraße (Nord)
	1	2	3	4
ÖPNV	ja	Nein	ja	ja
Fahrbahnsteiler	ja	Ja	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	-	457	-	-
Ausfahrt	-	572	-	-
Kreis	-	2059	-	-
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	-	17-18 Uhr	-	-
Zufahrt	-	76	-	-
Ausfahrt	-	79	-	-
Kreis	-	226	-	-
Beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
Haltende Busse	-	10	-	-
Durchfahrende Busse	-	114	-	-
Haltende Lkw	-	3	-	-
Durchfahrende Lkw	-	1	-	-
Kleinste akzeptierte Zeittücke				
Bus	-	0,8	-	-
Lkw	-	7,6	-	-
Größte nicht akzeptierte Zeittücke				
Bus	-	14,8	-	-
Lkw	-	-	-	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	--	--	3
- mit ÖPNV	--	--	--	0

Tabelle - A 15: Leverkusen, Felderstraße - Wupperstraße

Häufig wurde beobachtet, dass die in Zufahrt 4 abbiegenden Kfz von querenden Fußgänger blockiert wurden, so dass die Fahrzeuge die Kreisfahrbahn blockierten.

3.4.1 Zufahrt Wupperstraße

Bus blockiert Kreisfahrbahn, da Fußgänger queren



Bild - A 19: Kreisverkehr Rheindorf Süd

Bus fährt an.....



Bild - A 20: Kreisverkehr Rheindorf Süd

...und blockiert aufgrund querender Fußgänger wieder die Kreisfahrbahn



Bild - A 21: Kreisverkehr Rheindorf Süd

Leverkusen - Felderstraße, Zufahrt Wupperstraße

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	13	87	34	4	0	0	4	0	0	9,2	0	0	0
10:00 - 11:00	36	213	56	10	1	1	9	0	1	2,4	0	0	0
11:00 - 12:00	39	255	42	11	2	1	10	1	1	4,8	7,6	0	0
12:00 - 13:00	41	250	65	14	1	0	14	0	1	2,4	0	0	0
13:00 - 14:00	36	163	48	15	0	1	14	0	0	0,8	0	2	0
14:00 - 15:00	38	181	47	15	0	4	11	0	0	3,6	0	5,2	0
15:00 - 16:00	61	225	63	13	0	1	12	0	0	4,8	0	9,6	0
16:00 - 17:00	51	237	67	14	0	2	12	0	0	3,6	0	15	0
17:00 - 18:00	76	226	79	15	0	0	15	0	0	2	0	0	0
18:00 - 19:00	66	222	71	13	0	2	11	0	0	2,8	0	4	0
Summe	457	2059	572	124	4	12	112	1	3				
Minimum										2	7,6		
Maximum												15	0

Tabelle - A 16: Leverkusen, Felderstraße - Wupperstraße

Verkehrsstärke

Durch die Lage im Stadtteilzentrum mit angrenzendem Wohngebiet und der Baustellensituation mit Sperrung für den IV, ist der Anteil der Zu- bzw. ausfahrenden Fahrzeuge aus der Wupperstraße mit jeweils Werten zwischen 10% und 25% sehr gering. Trotz der hohen prozentualen Belegung der Kreisfahrbahn kommt es nur in 10% aller Fälle zu Halten von Schwerverkehrsfahrzeugen an der Zufahrt.

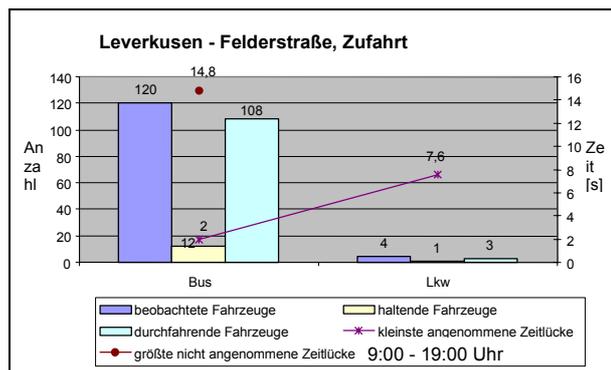


Abbildung - A 15: Leverkusen, Felderstraße - Wupperstraße

ÖPNV

Je Stunde nutzen zwischen 10 und 15 Busse die Zufahrt Wupperstraße. Halte von Bussen in der Zufahrt sind in 10% der Fahrten zu beobachten.

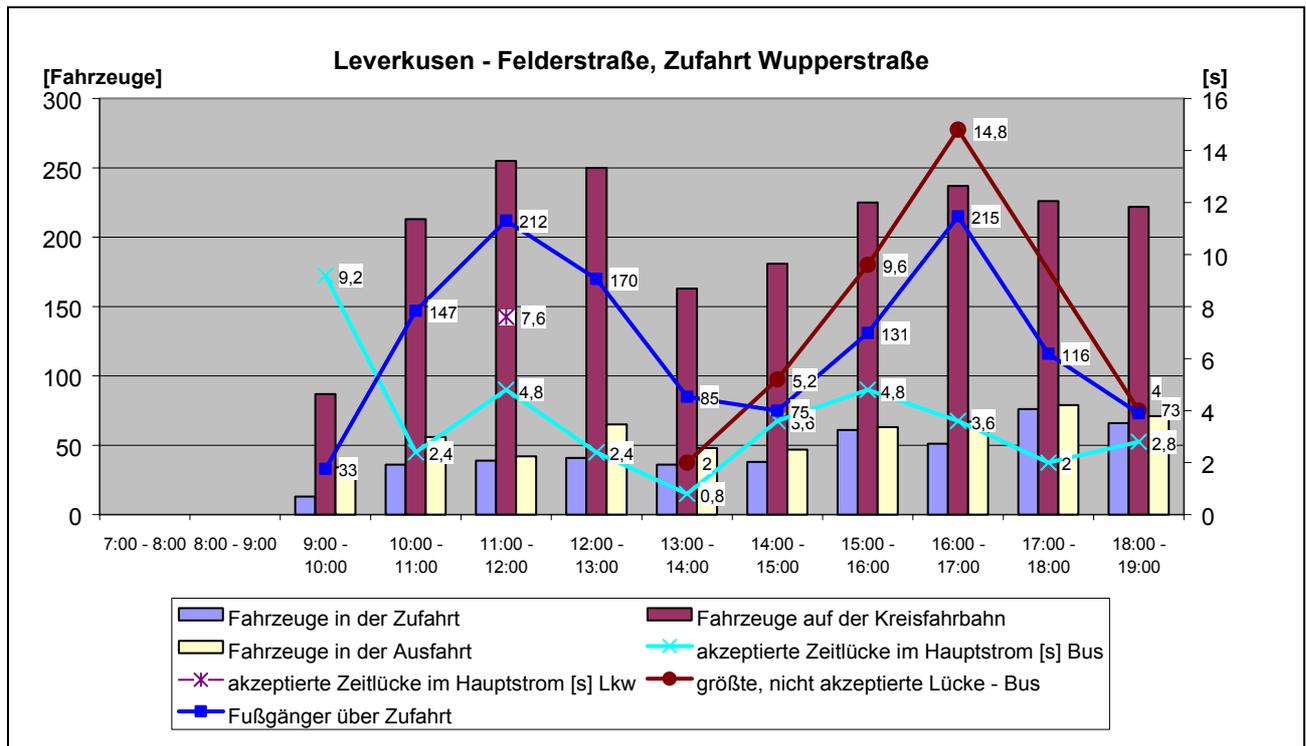


Abbildung - A 16: Leverkusen, Felderstraße – Wupperstraße

Einzug des IV-Fahstreifens, Fortführung der Haltestelle als Fahrspur



Bild - A 22: Leverkusen, Wupperstraße, Ausfahrt aus Haltestelle

Der Fahrgastwechsel und ggf. erforderliche ÖV-Wartezeiten können sich ohne Behinderungen des IV vollziehen. Nach erfolgtem Fahrgastwechsel ist durch die geradlinige Weiterführung der Fahrbahn und die IV-Fahstreifenreduzierung sichergestellt, dass der ÖV ohne weitere Beeinträchtigung durch den IV zur Kreisfahrbahn weiterfahren kann.

Positiv für Fußgänger und Radfahrer ist bei der „Leverkusener Lösung“, dass lediglich 1 Fahrstreifen in der Zufahrt gequert werden muss.

Durch den räumlichen Bezug (Entfernung Haltestelle bis Kreisfahrbahn < 15m) ist bei Haltestellenausfahrt die gesamte Kreisfahrbahn einsehbar. In den meisten Fällen fahren die Busse erst aus der Haltestelle aus, wenn sichergestellt ist, dass ein 2. Halt an der Kreisfahrbahn nicht erforderlich ist.

### 3.4.2 Fazit

Die „Leverkusener Lösung“, Haltestelle am Fahrbahnrand mit IV-Umfahrmöglichkeit, bietet im Stadtteilzentrum eine ideale Kombination aus Haltestelle mit Puffermöglichkeit und ÖV-Priorisierung bei der Ausfahrt. Durch die Doppelhaltestelle und die Lage am Fahrbahnrand ist auch während Rückstau in der Zufahrt die Haltestelleneinfahrt zugänglich und für die Fahrgäste komfortabel möglich.

### 3.5 Leverkusen, Hauptkreuzung K ppersteg

DTV [Kfz/24h]	19.000
Außendurchmesser [m]	30
Fahrbahnbreite [m]	8,5
Besonderheit	Einstreifige, �berbreite Fahrbahn, ohne Innenring, kleine Kreisinsel, provisorisch markierte und baulich verdeutlichte Inseln in Zufahrten



Bild - A 23 Kreisverkehr K ppersteg

Der Kreisverkehr K ppersteg zeichnet sich durch eine besondere Verkehrsführung aus: Die Zufahrten Windhorststra e / Europaring sind zweistreifig markiert. Dabei sind zwischen den Fahrstreifen 3m breite Inseln markiert. Diese Führung wirkt der Vorsortierung und quasi als Bypass auf der Kreisfahrbahn: geradeaus und links abbiegende Fahrzeuge werden auf dem linken Fahrstreifen senkrecht zur Kreisfahrbahn geführt. Damit fahren diese Fahrzeug eng um die Mittelinsel herum und benötigen nur den inneren Teil der Kreisfahrbahn. Rechts abbiegende Fahrzeuge werden auf der rechten Fahrspur in der Zufahrt tangential aufgestellt und können in einem engen Radius über die Kreisfahrbahn rechts abbiegen. Durch die breite Kreisfahrbahn ist es möglich, dass rechts abbiegende Fahrzeug gleichzeitig mit geradeaus oder links abbiegenden Fahrzeugen in der Kreisfahrbahn fahren. Von Linienbussen oder gr o eren Fahrzeugen wird hingegen die gesamte Kreisfahrbahn beim Linksabbiegen und Geradeausfahren genutzt.

Linienbusse, die die Haltestelle in der südlichen Ausfahrt nutzen,  berfahren regelmäßig die abgrenzende Sperrfläche. Hier ist ggf. die Anlage einer Busspur sinnvoll, um die regelgerechte Zufahrt zur Haltestelle sicher zu stellen.

### Geometrie

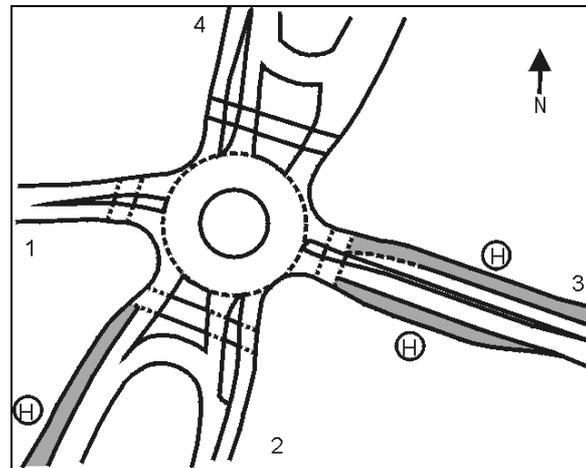


Abbildung 5: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-� [m]	Innen-� [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
30	13	8,5		
Zufahrten				
	K�ppersteger Straße	Hardenbergstr. Süd	Bismarckstr.	Hardenbergstr. Nord
	1	2	3	4
ÖPNV	-	-	Ja	Ja
Fahrbahnteiler	nein	Ja	Ja	Ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	-	-	-	1691
Ausfahrt	-	-	-	2823
Kreis	-	-	-	4567
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	-	-	-	17-18 Uhr
Zufahrt	-	-	-	162
Ausfahrt	-	-	-	302
Kreis	-	-	-	508
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
haltende Busse	-	-	-	28
durchfahrende Busse	-	-	-	53
haltende Lkw	-	-	-	8
durchfahrende Lkw	-	-	-	27
kleinste akzeptierte Zeitlücke				
Bus	-	-	-	5,6
Lkw	-	-	-	5,6
gr�o�te nicht akzeptierte Zeitlücke				
Bus	-	-	-	8,4
Lkw	-	-	-	8,8

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	4	13	9
- mit ÖPNV	--	0	0	0

Tabelle - A 17: Leverkusen, Hardenbergstraße - Bismarckstr.

3.5.1 Zufahrt Hardenbergstraße (Nord)

Bus hält an Kreisfahrbahn und gewährt Fahrzeugen Vorrang



Bild - A 24 Zufahrt Hardenbergstr. Nord

Bus gewährt querenden Fußgängern Vorrang



Bild - A 25 Zufahrt Hardenbergstraße Nord

Die Zufahrt Hardenbergstraße Nord stellt die Verknüpfung zwischen Küppersteg und dem Europaring dar. Die zweistreifige Zufahrt ist durch einen Teiler getrennt. Durch eine Vorsortierung werden Rechtsabbieger und Linksabbieger bzw. Geradeausfahrer getrennt. Die sehr breite Kreisfahrbahn ermöglicht die parallele, gleichzeitige Einfahrt aus beiden Fahrstreifen der Zufahrt. Rechtsabbieger können somit einen „quasi Bypass“ nutzen.

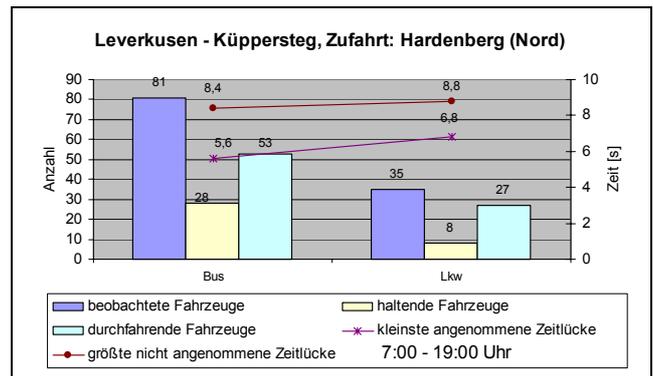


Abbildung - A 17: Leverkusen, Zufahrt Hardenbergstraße

Der Anteil der Linienbusse am Schwerverkehr beträgt in der Zufahrt Hardenbergstraße 70%.

Die kleinste von Linienbussen nicht genutzten Zeitlücken war mit einem Mittelwert von 8,6s geringfügig größer als die von Lkw genutzte Zeitlücke mit 8,46s. Allerdings ist die kleinste zur Einfahrt genutzte Zeitlücke bei einem Bus mit 5,8s kleiner als bei Lkw mit 6,8s.

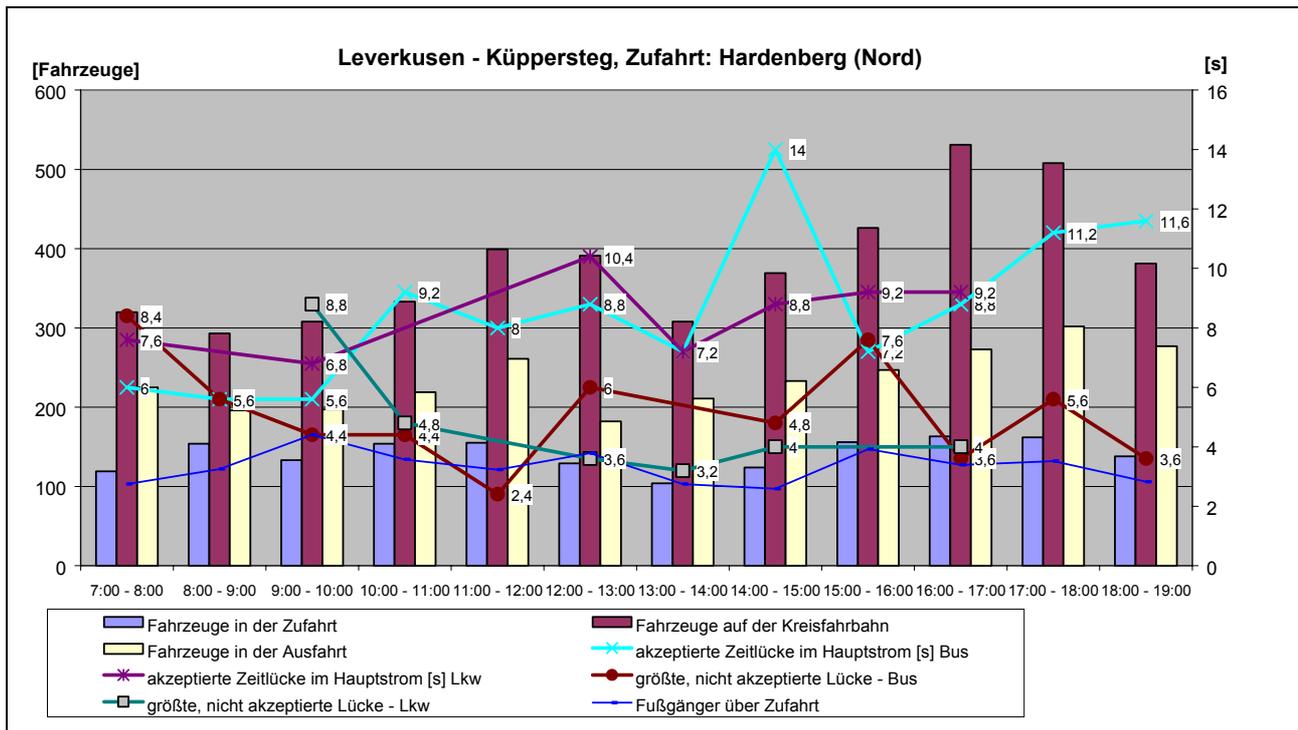


Abbildung - A 18: Leverkusen, Kreisverkehr Hardenbergstraße – Europaring, Bismarckstraße

### Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke im Zufahrtbereich lag bei 9081 Kfz im Beobachtungszeitraum von 7:00 bis 19:00 Uhr. Die stündliche Belastung schwankte zwischen 623 und 972 Kfz pro Stunde.

Der Anteil der Fahrzeuge in der Zufahrt schwankte um den Mittelwert 19% zwischen den Extrema 18 und 22%. Die Ausfahrt erreichte in der Zeit von 7:00 bis 8:00 Uhr und von 18:00 bis 19:00 Uhr mit Anteilen von 34 bzw. 35% der Gesamtverkehrsstärke im Zufahrtbereich ihre Spitzenwerte, im Tagesmittel lag der Anteil an ausfahrenden Fahrzeugen bei 31%.

Die Verkehrsstärke in der Zufahrt lag im Mittel bei 381 Kfz (50%) aller Fahrzeuge im Zufahrtbereich.

### Schwerverkehr

Der Anteil von Bussen und Lkw an allen Fahrzeugen in der Zufahrt liegt im Tagesverlauf zwischen 3 und 11%. Der Lkw Anteil liegt mit 2% im Tagesmittel sehr gering.

### ÖPNV

Im Beobachtungszeitraum nutzen stündlich 7 Busse die Zufahrt Hardenbergstraße. Halte an der Kreisfahrbahn waren in 35% aller Fahrten erforderlich. Diese Wert ist deutlich höher als bei Lkw mit 23% Halte an der Kreisfahrbahn.

### 3.5.2 Fazit

Trotz der sehr ungewöhnlichen Form mit getrennten Zufahrten für Rechtsabbieger und Geradeaus-

fahrer bzw. Linksabbieger hat sich ein zügiger und unproblematischer Verkehrsablauf eingestellt. Während der Beobachtungszeit sind keine Auffälligkeiten beobachtet worden.

Negativ für Fußgänger ist allerdings die Überquerung von 2 Fahrstreifen in den Zufahrten Hardenbergerstraße Nord bzw. Süd. Beeinträchtigungen der Linienbusse durch Fußgänger wurden bei 10% aller Fahrten von Lkw oder Busse beobachtet.

Durch die getrennten Zufahrten können Rechtsabbieger und andere Verkehrsströme zeitgleich einfahren und den Kreisverkehr nutzen, wie dies z.B. in England auch ohne bauliche Trennung praktiziert wird. Für Linienbusse konnten keine negativen Auswirkungen beobachtet werden.

Durch die breite bauliche Trennung zwischen Ausfahrt und Zufahrt konnten keine Einflüsse ausfahrender Kfz auf einfahrende Kfz festgestellt werden. Einfahrende Fahrzeuge hielten nur an der Kreisfahrbahn an, wenn in der Kreisfahrbahn übergeordnete Fahrzeuge passierten.

### 3.6 Münster, Ludgeriplatz

DTV [Kfz/24h]	34.000
Außendurchmesser [m]	90
Fahrbahnbreite [m]	7,10 bis 8,5
Besonderheit	zweistreifige Fahrbahn ohne Innenring, Radstreifen mit Busberechtigung bis kurz vor die Kreisfahrbahn, hoher Radverkehrsanteil auf der Fahrbahn, Änderungen an Zufahrten und Ausfahrten, hohe ÖPNV Belegung, Haltestelle im Kreis



Bild - A 26: Zufahrt Schorlemerstraße

Der Münsteraner Ludgeriplatz wird in vielen Forschungsarbeiten behandelt. Als großer Kreisverkehr mit mehrstreifigen Zufahrten und mehrstreifiger Kreisfahrbahn ist er eine Ausnahme in diesem Untersuchungsfeld. In den Zufahrten Moltkestraße und Schorlemerstraße waren zur Zeit der Aufnahmen 3,5m breite Radstreifen markiert. Diese Radstreifen sind für Linienbusse freigegeben, d.h., Linienbusse können diese Radstreifen nutzen, es besteht allerdings keine Nutzungspflicht. Das Verlassen der Radstreifen mit ÖV-Berechtigung ist z.B. zum Überholen eines Radfahrers möglich, was bei Widmung der Fahrspur als ÖV-Spur mit Freigabe für Radverkehr nicht zulässig ist. Dadurch können Linienbusse ungehindert an haltenden IV-Fahrzeugen vorbei bis kurz vor die Kreisfahrbahn fahren. Eine Verlängerung der Sonderfahrstreifen bis zur Kreisfahrbahn war aus Leistungsfähigkeitsgründen nicht möglich.

### Geometrie

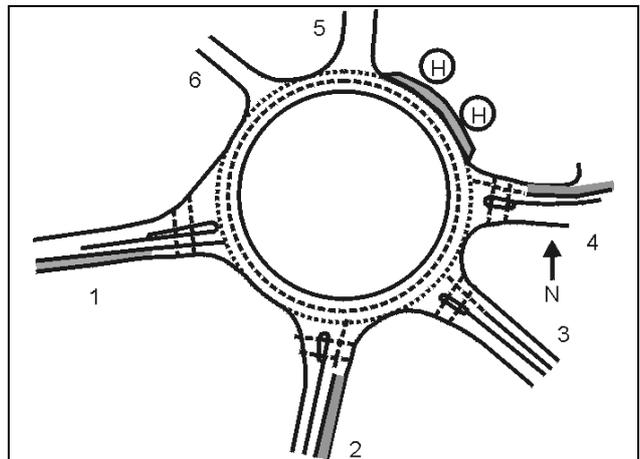


Abbildung 6: Skizze (Maßstab 1: 2500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]		
90	ca. 75	ca. 7 – 8,5			
Zufahrten					
	Moltkestraße	Hamm-er-Straße	Hafenstraße	Schorle-merstr.	Ludgeri-straße
	1	2	3	4	5
ÖPNV	ja	ja	ja	ja	ja
b <sub>Z</sub> [m]	7	8,6	10	8	3,5
b <sub>A</sub> [m]	11,5	6,8	6	6,5	7
Fahrbahn-teiler	ja	ja	ja	ja	nein
Gesamtbelastung					
Zufahrt	-	-	-	7843	-
Ausfahrt	-	-	-	4647	-
Kreis	-	-	-	13.315	-
Spitzenstundenbelastung					
Spitzen-h	13-14 Uhr				
Zufahrt	-	-	-	745	-
Ausfahrt	-	-	-	382	-
Kreis	-	-	-	1268	-
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)					
haltende Busse	-	-	-	60	-
durchfahrende Busse	-	-	-	350	-
haltende Lkw	-	-	-	-	-
durchfahrende Lkw	-	-	-	-	-
kleinste akzeptierte Zeitlücke					
Bus	-	-	-	2,4	-
Lkw	-	-	-	-	-
größte nicht akzeptierte Zeitlücke					
Bus	-	-	-	11,6	-
Lkw	-	-	-	-	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	115	109	128	127
- mit ÖPNV	8	2	7	1

Tabelle - A 18: Münster, Ludgeriplatz, Zufahrt Schorlemer Straße

3.6.1 Zufahrt Schorlemer Straße

Der erste Bus gewährt Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn Vorrang, der zweite Bus lässt Fußgänger passieren

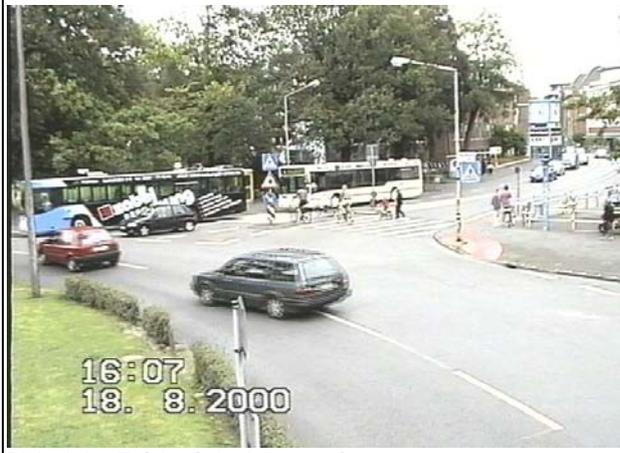


Bild - A 27: Zufahrt Schorlemerstraße

Querende Fußgänger in der Ausfahrt verursachen Rückstau im Kreis, Bus in Zufahrt lässt Fußgänger passieren



Bild - A 28: Zufahrt Schorlemerstraße

Unübersichtliche Situationen durch ein- und ausfahrende Fahrzeuge an dicht aufeinanderfolgenden Zufahrten



Bild - A 29: Zufahrt Schorlemerstraße

Münster - Ludgeriplatz, Zufahrt: Schorlemer Straße													
Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	440	864	368	39	0	7	32	0	0	2,4	0	7,2	0
8:00 - 9:00	628	1241	474	38	0	8	30	0	0	2,4	0	9,2	0
9:00 - 10:00	594	1042	376	33	0	1	32	0	0	4	0	8	0
10:00 - 11:00	632	1098	376	26	0	7	19	0	0	4,8	0	8,8	0
11:00 - 12:00	698	1075	370	29	0	6	23	0	0	3,6	0	12	0
12:00 - 13:00	723	1225	364	32	0	5	27	0	0	4,8	0	11	0
13:00 - 14:00	745	1268	382	44	0	5	39	0	0	4,8	0	11	0
14:00 - 15:00	664	1135	433	32	0	3	29	0	0	4,8	0	8	0
15:00 - 16:00	692	1209	397	38	0	4	34	0	0	5,6	0	9,6	0
16:00 - 17:00	674	1144	396	32	0	4	28	0	0	4,8	0	11	0
17:00 - 18:00	689	1103	379	34	0	7	27	0	0	4,4	0	8,4	0
18:00 - 19:00	664	911	332	33	0	3	30	0	0	3,6	0	8,8	0
Summe	7843	13315	4647	410	0	60	350	0	0				
Minimum										2,4	0		
Maximum												12	0

Tabelle - A 19: Münster Ludgeriplatz, Zufahrt Schorlemer Straße

Der Kreisverkehr Ludgeriplatz ist der größte Kreisverkehr im Untersuchungsfeld. Die zweistreifige Zufahrt Schorlemerstraße liegt in der ÖV-Verbindung Bahnhof-Innenstadt. Sie besteht aus einem Radstreifen mit ÖV-Freigabe und einem IV-Fahrestreifen. Die Kreisfahrbahn ist ebenfalls zweistreifig. Die Ausfahrt ist einstreifig.

Aus der Zufahrt Schorlemer Straße fahren während der Erhebung zwischen 7:00 Uhr und 19:00 Uhr 410 Busse in den Kreisverkehr ein. Die Ausfahrt Schorlemerstraße nutzen 425 Busse. Lkw konnten nicht beobachtet werden.

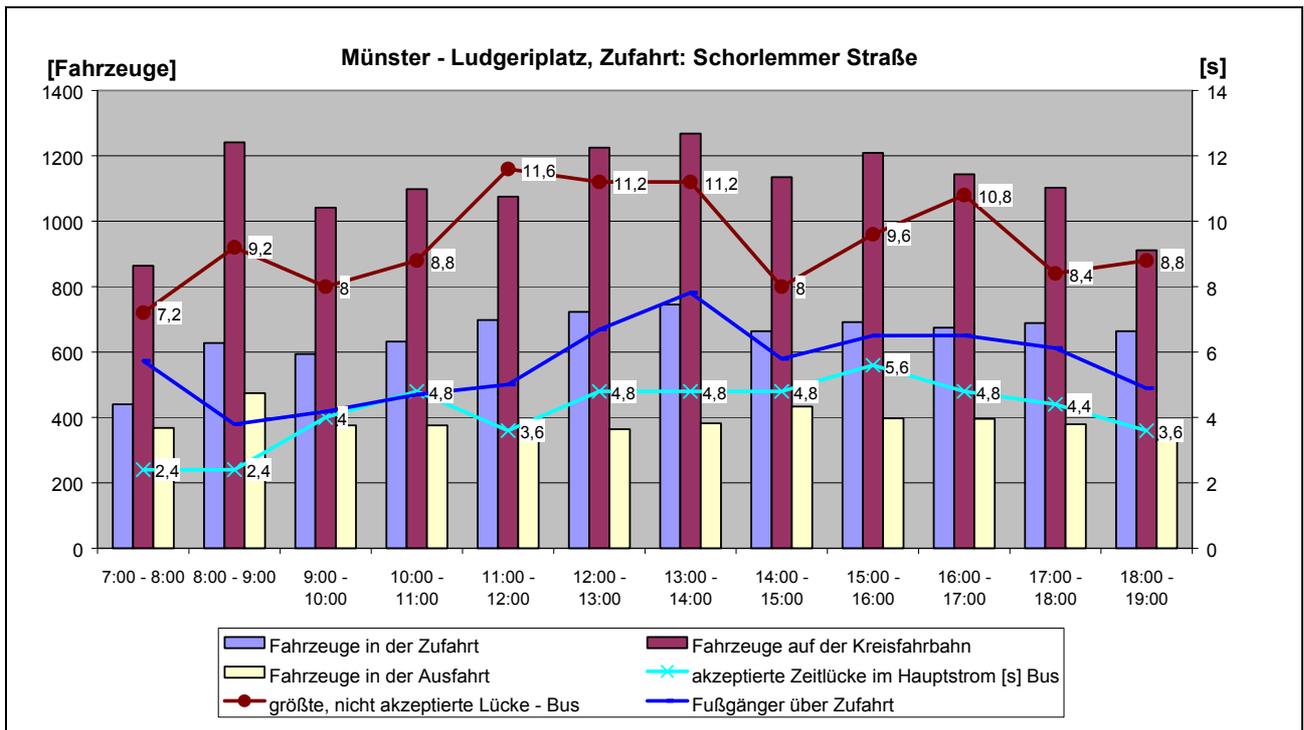


Abbildung - A 19: Münster Ludgeriplatz, Zufahrt Schorlemer Straße

Die Zufahrt Schorlemer Straße weist die höchste Verkehrsbelastung aller Zufahrten auf. Sie weist mit 410 Linienbussen in 12 Stunden ebenfalls die höchste ÖPNV-Dichte aller Zufahrten auf.

vor dem Fußgängerüberweg halten. Während dieser Halte mit einer Gesamthaltezeit von 1190s konnte der Rückstau im Einfahrtbereich abgebaut werden. So kam es trotz der sehr hohen Belastung der Kreisfahrbahn nur in 14% aller ÖV-Fahrten zu Halten an der Kreisfahrbahn.

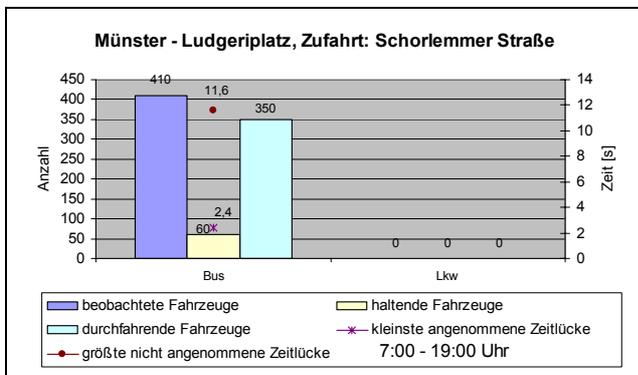


Abbildung - A 20: Münster Ludgeriplatz, Zufahrt Schorlemer Straße

**Verkehrsstärke**

Den Zufahrtbereich Schorlemer Straße passierten 25.805 Fahrzeuge. 30% nutzten die Zufahrt Schorlemer Straße mit dem zweistreifigen Einfahrtbereich. 18% verließen den Kreisverkehr an der Ausfahrt und 52% (13.315 Kfz) verblieben als übergeordnete Fahrzeuge auf der zweistreifigen Kreisfahrbahn.

**3.6.2 Fazit**

Trotz sehr hoher Verkehrsstärke in Zufahrt und übergeordnetem Verkehrsstrom ist der Anteil der an der Einfahrt in den Kreis haltenden Busse mit 14,6% gering. Deutlich negativer als übergeordnete Fahrzeuge wirken sich querende Fußgänger auf dem Fußgängerüberweg (StVO, §26) aus. An diesem kam es in 36% aller ÖV-Fahrten zu Behinderungen. Auch in der Ausfahrt machten sich die Behinderungen bemerkbar: 29% aller ausfahrenden 425 Linienbusse mussten vor dem Fußgängerüberweg halten. Insgesamt ergeben sich folgende Wartezeiten:

	Behinderungen durch Fahrzeuge	Behinderungen durch Fußgänger
Anzahl Zufahrt (410 Busse)	60 (14,6%)	149 (36,3%)
Ausfahrt (425 Busse)	-	126 (29,6%)
Wartezeit (1. Position) Zufahrt	356s	1190s
Ausfahrt	-	949s

Tabelle - A 20 : Wartezeiten durch Fußgänger und Fahrzeuge

**ÖPNV**

Im Stundenmittel nutzten 34 Busse die Zufahrt zur Einfahrt in den Kreisverkehr. Dabei steht eine Sonderspur zur Verfügung. Diese endet vor einer Fußgänger-Querungshilfe. Mit 149 Behinderungen durch Fußgänger mussten 36% aller Linienbusse

### 3.7 Oberhausen, Concordia-Hansastraße

DTV [Kfz/24h]	30.000
Außendurchmesser [m]	47
Fahrbahnbreite [m]	8,0
Besonderheit	Einstreifige, überbreite Fahrbahn ohne Innenring, 2 zweistreifige Zufahrten



Bild - A 30: Zufahrt Concordiastraße - Ost

Die überbreite Fahrbahn ermöglicht in Zusammenhang mit den zweistreifigen Zufahrten ein zweistreifiges Befahren des 1998 gebauten Kreisverkehrs. Für die Berücksichtigung des ÖPNV sind keine Maßnahmen getroffen. An diesem „großen kleinen“ Kreisverkehr wurden die Empfehlungen für kleine Kreisverkehre wie enge Radien (12,5m) an Ein- und Ausfahrt im wesentlichen berücksichtigt. Die in den Zufahrten vorhandenen Radwege laufen vor dem Kreisverkehr in der Zufahrt aus, parallel werden Radwege um den Kreisverkehr herum angeboten. 1999 ereigneten sich 25 Unfälle, alle ohne ÖV Fahrzeuge. Im Jahr 2000 ging die Unfallzahl auf 20 Unfälle zurück.

Bei der Untersuchung des Kreisverkehrs ist aufgefallen, dass trotz längerem Rückstau die zusätzliche Fahrspur selbst in Spitzenzeiten eher selten genutzt wurde. Der Kreisverkehr wurde teilweise zweiseitig befahren, obwohl keine zwei Fahrbahnen markiert sind, da die Kreisfahrbahn mit 8m Breite deutlich überbreit ausgebildet ist.

Für Radfahrer und Fußgänger war die Querung an den Überwegen nicht immer sofort möglich. Die Busse wurden bei der Einfahrt in den Kreisverkehr in der Regel nicht von IV-Fahrzeugen bevorzugt. In einzelnen Fällen wurde die Einfahrt durch die Busfahrer „erzwungen“.

### Geometrie

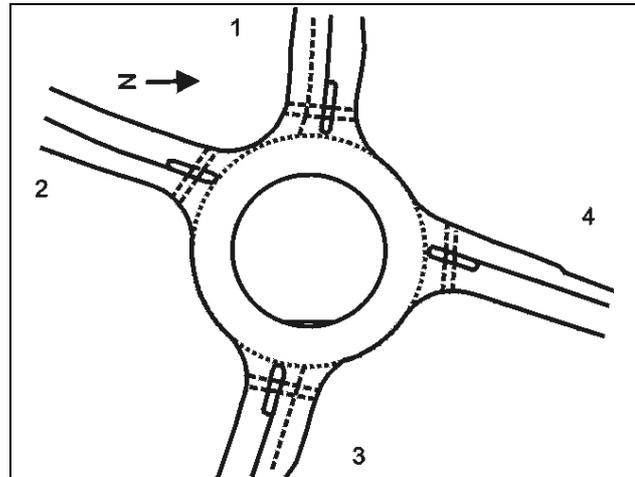


Abbildung 7: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
47	31	8	-	
Zufahrten				
	Concordiastraße (West)	Am Förderturm	Concordiastraße (Ost)	Hansastraße
	1	2	3	4
ÖPNV	ja	ja	ja	ja
R <sub>Z</sub> [m]	20	12,5	12,5	12,5
R <sub>A</sub> [m]	12,5	20	12,5	12,5
b <sub>Z</sub> [m]	7,5	4,5	7,5	4,5
b <sub>A</sub> [m]	4,5	4,5	4,5	4,5
Fahrbahnteiler	ja	ja	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	5942	-	5367	-
Ausfahrt	5994	-	7095	-
Kreis	5658	-	1701	-
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	16-17 Uhr	-	17-18 Uhr	-
Zufahrt	573	-	827	-
Ausfahrt	672	-	1008	-
Kreis	593	-	214	-
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
haltende Busse	66	-	56	-
durchfahrende Busse	69	-	170	-
haltende Lkw	16	-	1	-
durchfahrende Lkw	47	-	42	-
kleinste akzeptierte Zeitlücke				
Bus	4,8	-	4	-
Lkw	4,8	-	4,4	-
größte nicht akzeptierte Zeitlücke				
Bus	6,4	-	7,2	-
Lkw	5,6	-	4,8	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	--	25	20
- mit ÖPNV	--	--	0	0

Tabelle - A 21: Oberhausen, Kreisverkehr Concordiastraße - Hansastraße

3.7.1 Zufahrt Concordiastraße (West)

Bus wird durch querenden Fußgänger behindert



Bild - A 31: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt West

Verkehrsstärke

Die Zufahrten der Concordia Straße sind zweistreifig ausgebaut. Der westliche Zufahrtbereich weist mit 17.950 Kfz nach dem Ludgeriplatz im Münster die zweithöchste Verkehrsbelastung auf. Die Verkehrsbelastung teilt sich im Tagesmittel zu 35% einfahrende Fahrzeuge, 1/3 ausfahrende Fahrzeuge und 31% im Kreis verbleibende Fahrzeuge auf.

In den Stunden zwischen 7:00 und 9:00 Uhr ist der Anteil der ausfahrenden Fahrzeuge mit 22% geringer, während mehr Fahrzeuge im Kreis verbleiben (ca. 42%). In den Abendstunden ab 17:00 Uhr steigt der Anteil ausfahrender Fahrzeuge auf 39% an, während nur 28% aller Fahrzeuge im Zufahrtbereich auf der Kreisfahrbahn verbleiben.

Die Nutzung der beiden zuführenden Fahrstreifen ist sehr unterschiedlich: mit 310 Fahrzeugen nutzen lediglich 5% aller Fahrzeuge den linken Fahrstreifen der westlichen Zufahrt.

Die Zahl der Fußgänger liegt mit einem Mittelwert von 35 Fußgängern pro Stunde im Mittelfeld des Untersuchungsfeldes.

Oberhausen - Concordia - Hansastr. Zufahrt: Concordiastr. West													
Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	460	531	277	13	5	5	8	1	4	4,4	7,8	16	6,4
8:00 - 9:00	371	510	305	11	3	5	6	2	1	4,4	4,4	10	4
9:00 - 10:00	473	412	433	11	5	8	3	3	2	4	5,6	12	4,8
10:00 - 11:00	503	434	462	11	14	3	8	2	12	4	4,2	9	3,6
11:00 - 12:00	598	526	622	13	8	6	7	2	6	5,2	5,6	14	5,6
12:00 - 13:00	507	396	515	11	7	7	4	3	4	4,8	5,2	11	4,4
13:00 - 14:00	400	346	398	9	6	6	3	1	5	5,2	6	10	4
14:00 - 15:00	566	450	469	12	9	5	7	2	7	4,4	4,8	11	4,4
15:00 - 16:00	571	561	594	10	2	6	4	0	2	4	7,2	11	4,4
16:00 - 17:00	629	593	672	12	1	7	5	0	1	4,8	0	14	5,6
17:00 - 18:00	645	496	660	11	2	5	6	0	2	3,8	7,6	11	4,4
18:00 - 19:00	529	403	587	11	1	3	8	0	1	4,8	0	8	3,2
Summe	6252	5658	5994	135	63	66	69	16	47				
Minimum										4	4,4		
Maximum												16	6,4

Tabelle - A 22: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt West

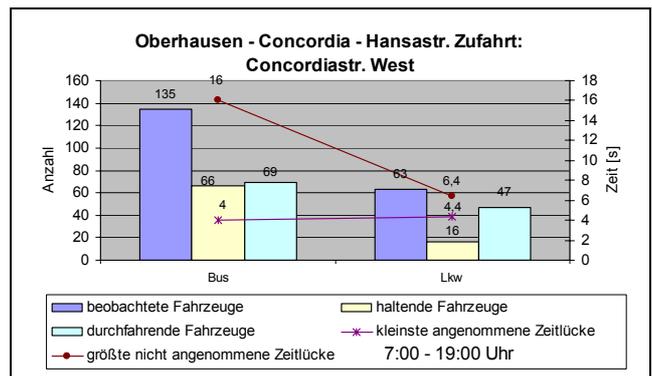


Abbildung - A 21: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt West

Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil liegt mit 3,2 % in der Zufahrt niedrig. Er setzt sich zusammen aus 68 zufahrenden Lkw und 135 Linienbussen.

ÖPNV

Mit 11 Bussen pro Stunde verkehrte ca. alle 5,5 Minuten ein Linienbus in der Zufahrt. Ebenfalls 11 Busse je Stunde nutzten die Ausfahrt. Die Frequenz in der Kreisfahrbahn lag mit 15,5 Bussen je Stunde bei unter 4 Minuten.

Behinderungen der ÖV-Fahrzeuge durch querende Fußgänger wie in Bild - A 31 gezeigt, sind in dieser Zufahrt eher die Ausnahme. Lediglich 2,5% aller ÖV-Fahrten wurden durch Fußgänger behindert.

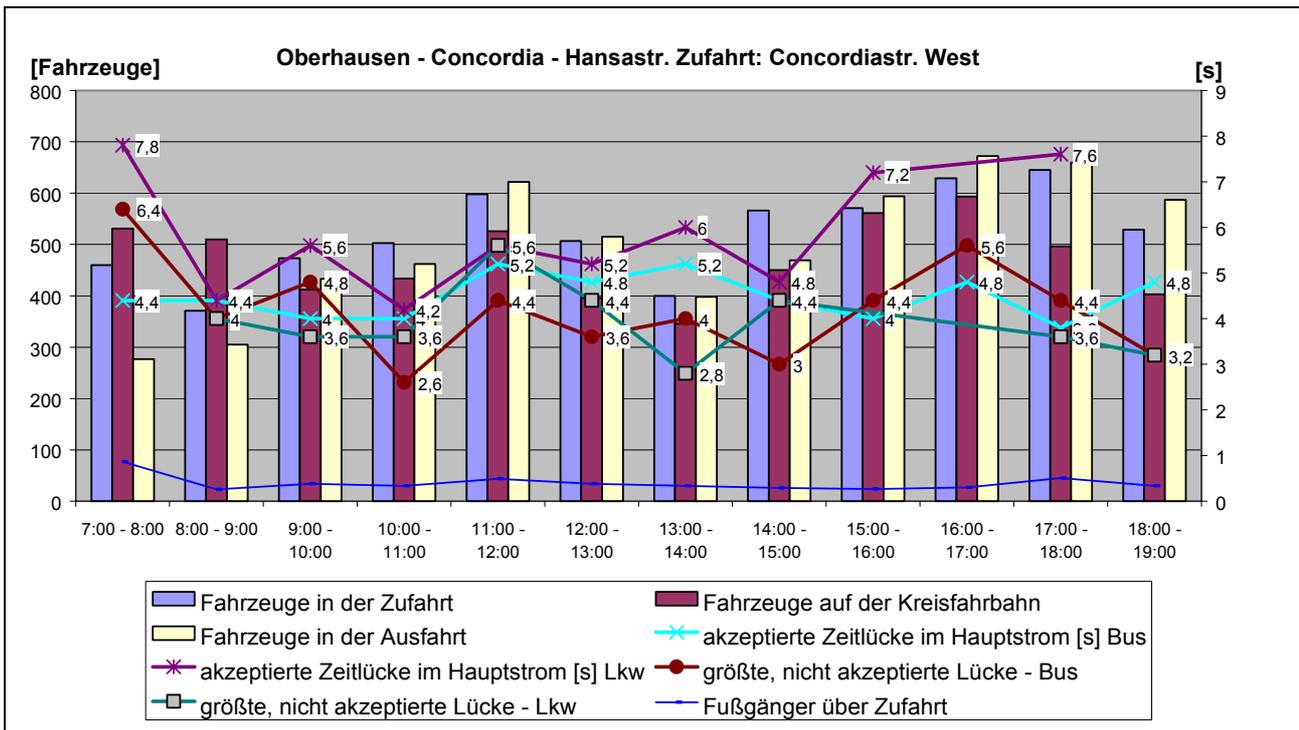


Abbildung - A 22: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt West

3.7.2 Zufahrt Concordiastraße (Ost)



Auch die östliche Zufahrt der Concordiastraße ist zweistreifig ausgebaut. Auswertungen waren für den Zeitraum von 7:00 bis 12:30 Uhr und von 15:00 bis 19:00 Uhr möglich.

Trotz einiger Parallelen in der Gestalt der westlichen und östlichen Zufahrten hinsichtlich Einfahrt-radien, Fahrstreifenanzahl etc. weisen die verkehrlichen Parameter deutliche Unterschied auf. Während die Verkehrsbelastung in der westlichen Zufahrt beinahe gedrittelt war, ergeben sich in der östlichen Zufahrt deutlich andere Anteile.

Im Tagesmittel fahren 50% aller Fahrzeuge im Zufahrtbereich an der Concordiastraße aus. 38% aller Fahrzeuge fahren auf der Zufahrt in den Kreisverkehr ein und lediglich 12% der Fahrzeuge fahren auf der Kreisfahrbahn.

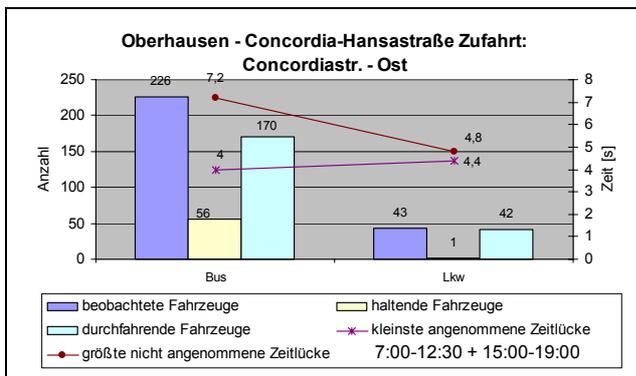


Abbildung - A 23: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt Ost (Auswertedauer 9,5 Stunden)

Oberhausen - Concordia-Hansastraße Zufahrt: Concordiastr. - Ost

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Umdrehungen	größte, nicht akzeptierte Lücke-Zeit
7:00 - 8:00	301	120	490	17	3	2	15	0	3	0	8	5,6	3,2
8:00 - 9:00	462	150	714	26	8	5	21	0	8	4,4	0	7,2	2,8
9:00 - 10:00	515	167	714	26	8	8	18	0	8	4,8	6	4,6	4,4
10:00 - 11:00	546	166	733	25	9	6	19	0	9	8	4,8	4,4	0
11:00 - 12:00	558	169	682	22	7	5	17	0	7	7,6	4,4	0,8	4,8
12:00 - 13:00	203	61	265	10	1	2	8	0	1	0	0	1,6	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	701	216	930	25	1	10	15	0	1	5,6	0	6	0
16:00 - 17:00	660	287	866	25	1	8	17	0	1	4,4	0	3,6	0
17:00 - 18:00	827	214	1008	28	3	6	22	1	2	4	0	4,4	0,8
18:00 - 19:00	594	151	693	22	2	4	18	0	2	5	0	2	2
Summe	5367	1701	7095	226	43	56	170	1	42				
Minimum										4	4,4		
Maximum												7,2	4,8

Tabelle - A 23: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt Ost (Auswertedauer 9,5 Stunden)

Verkehrsstärke

Die mittlere Verkehrsbelastung beträgt 1395 Kfz/h. Das Stundenmittel steigt kontinuierlich von 911 Kfz zwischen 7:00 und 8:00 Uhr die Maximalbelastung von 2049 Kfz/h zwischen 17:00 und 18:00 Uhr an.

Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil liegt mit 5% deutlich über dem der westlichen Zufahrt. Bedingt wird dies im wesentlichen durch die etwa verdoppelte Anzahl der Busse je Stunde. Die Zahl der Lkw pro Stunde liegt mit einem Stundenmittel von 4,9 deutlich unter dem der westlichen Zufahrt mit 5,6 Lkw/h. Auffällig ist, das lediglich 2% der Lkw an der Kreisfahrbahn anhalten mussten, während bei den Linienbussen dieser Anteil bei ca. 25% lag.

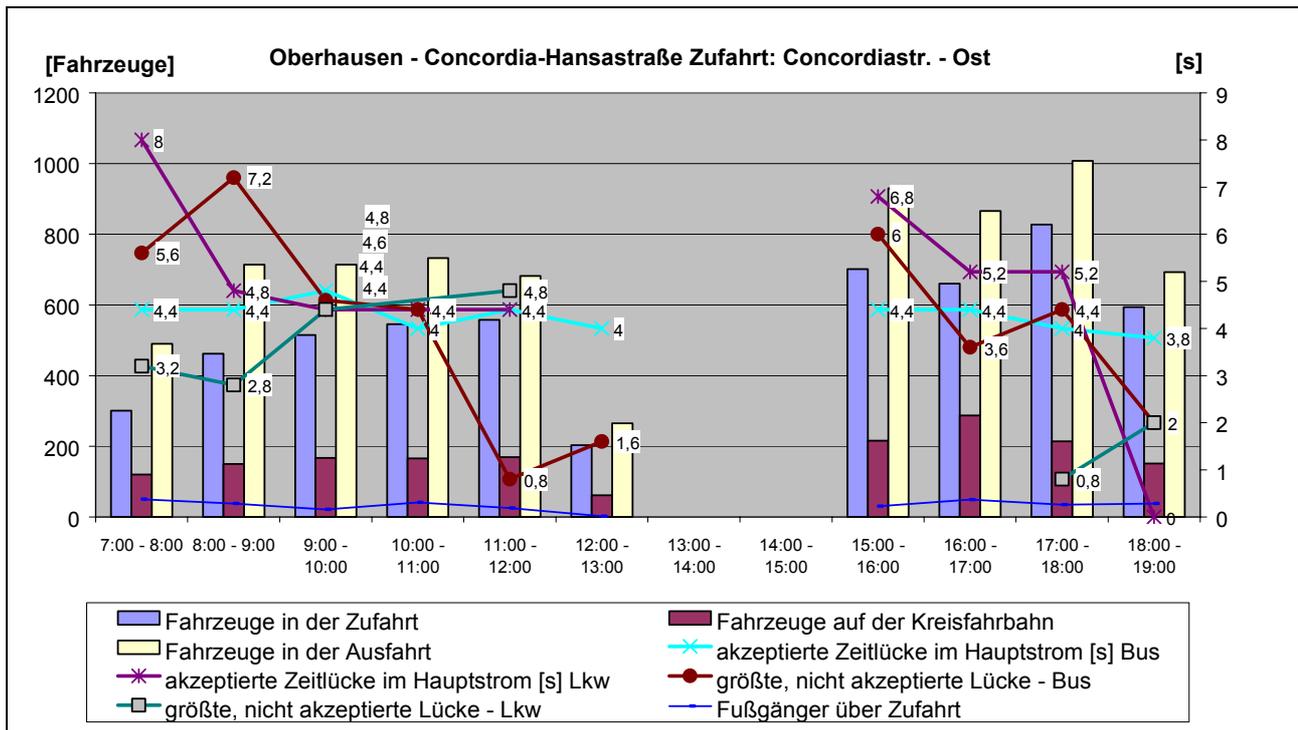


Abbildung - A 24: Oberhausen, Concordia-Hansastraße, Zufahrt Ost (Auswertedauer 9,5 Stunden)

### ÖPNV

Diese Zufahrt wird von ca. 22 Linienbussen je Stunde befahren. In ca. 25% der Fahrten kommt es zu Halten bei der Einfahrt in die Kreisfahrbahn. Damit liegt dieser Wert bei der Hälfte des Wertes für die westliche Zufahrt. Hierfür ist in erster Linie die stark unterschiedliche Belegung auf der Kreisfahrbahn verantwortlich.

#### 3.7.3 Fazit

Der Kreisverkehr zeigt, dass trotz nahezu identischer Geometrie stark differierende Werte an zwei gegenüberliegenden Zufahrten auftreten können. Unterschiedlich an den Zufahrten sind die Verkehrsbelastung und die -Verteilung auf Zufahrt, Ausfahrt und Kreisfahrbahn.

Die mittlere Verkehrsbelastung liegt mit 1395 Kfz im östlichen Zufahrtbereich ca. 100 Kfz niedriger als in der westlichen Zufahrt. Die Anteile der Zufahrt, Ausfahrt und Kreisfahrbahn differieren allerdings erheblich: Während das Stundenmittel in der Zufahrt mit 513 (Ost) und 520 (West) noch annähernd gleiches Niveau aufweisen, liegt die Verkehrsstärke in der Kreisfahrbahn mit 172 Kfz (Ost) um das 2,5-fache unter der Belegung der Kreisfahrbahn in der westlichen Zufahrt. Im Gegensatz dazu ist die Belegung der östlichen Ausfahrt 30% höher als die der westlichen Ausfahrt.

Besonders deutlich werden die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Verkehrszusammensetzung bei der Auswertung der Wartezeiten pro Fahrzeug: Die mittlere Wartezeit je Linienbus in der Zufahrt Ost (geringe übergeordnete Verkehrsstärke) liegt

bei 1/2s, während in der westlichen Zufahrt 1,75s durchschnittliche Wartezeit in erster Position je ÖV-Fahrzeug entsteht.

Auch die Haltwahrscheinlichkeit liegt in der westlichen Zufahrt mit annähernd 50% doppelt so hoch wie in der östlichen Zufahrt.

Überraschend in beiden Zufahrten ist, dass der linke Fahrstreifen in den Zufahrten sehr schwach genutzt wird. In der westlichen Zufahrt nutzen 4,9% den linken Fahrstreifen, in der östlichen Zufahrt gar nur 3,9%.

Bedingt durch die hohe Verkehrsbelastung auf der Kreisfahrbahn kommt es insbesondere in der westlichen Zufahrt zu erheblichen Wartezeiten sowohl für IV, als auch für ÖV-Fahrzeuge. Reduzierungen der Wartezeit für ÖV-Fahrzeuge würden durch die Trennung der IV und ÖV-Fahrzeuge in der Zufahrt möglich. Da die Verkehrsbelastung der Zufahrt durchaus auf einer Fahrspur abgewickelt werden könnte (vgl. Stuttgart, Daimler-Straße - Decker-Straße) ist alternativ zur heutigen Gestaltung die Umwidmung der rechten Fahrstreifen zu ÖV-Spuren wie in Wolfen oder Radstreifen mit Busberechtigung wie in Münster möglich, auch der Einzug des Fahrstreifens, wie in Leverkusen, ist vorstellbar.

### 3.8 Remscheid, Bahnhofplatz

DTV [Kfz/24h]	50.000
Außendurchmesser [m]	75
Fahrbahnbreite [m]	mind. 7,5
Besonderheit	mehrstreifige Fahrbahn ohne Innenring, mehrstreifige Zufahrten, oval, Bypass für Hauptrichtungen, signalisiert, Haltestelle in Mittellage



Bild - A 33: Zufahrt Bismarckstraße Ost

Der 1999 neu erstellt Bahnhofplatz in Remscheid ist ein Sonderfall im Untersuchungsfeld. Er ist ein aufgeweiteter Knotenpunkt mit ovaler Mittelinsel.

Um die Mittelinsel wird der Verkehr signalgeregelt auf einer kreisförmigen, zum Teil mehrstreifigen Fahrbahn geführt. Die Anzahl der Fahrstreifen auf der Kreisfahrbahn variiert zwischen einem und drei Fahrstreifen. Die Hauptrichtung Bismarckstraße Ost / Freiheitsstraße (Linksabbieger) wird mittels Bypass in der -1 Ebene geführt.

Alle Zufahrten sind mehrstreifig, die Ausfahrten sind bis auf die Ausfahrt Bismarckstraße ebenfalls mehrstreifig.

Der ÖPNV wird diagonal über die Mittelinsel auf eigenen ÖV-Spuren geführt. In der Kreismitte ist eine zentrale Umsteigehaltestelle angeordnet. Das Erreichen der Haltestelle für Fußgänger ist durch einen Tunnel aus / in Richtung Bahnhof und signalgeregelt in der 0-Ebene in Richtung Innenstadt möglich. In der östlichen Zufahrt und Ausfahrt wird der ÖV auf eigener Spur in Mittellage zur Haltestelle geführt. Die westliche Zufahrt besteht ebenfalls aus einer ÖV-Spur in Mittellage, jedoch nicht baulich getrennt, eine ÖV-Spur in der Ausfahrt besteht nicht.

### Geometrie

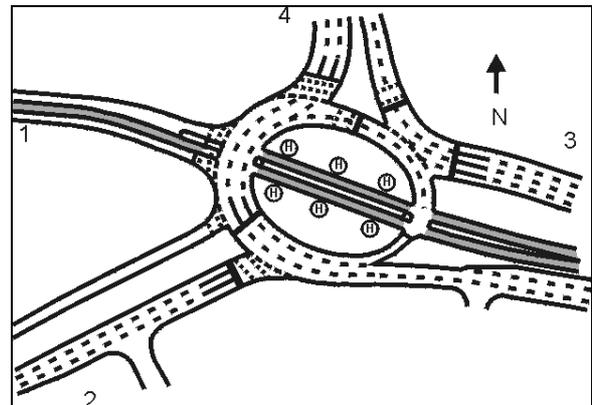


Abbildung 8: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
75	60	4-15m	-	
Zufahrten				
	Bismarckstraße (West)	Freiheitsstraße	Bismarckstraße (Ost)	Nordstraße
	1	2	3	4
ÖPNV				
unabhängiger Sonderfahrstreifen				
R <sub>Z</sub> [m]	12,5	27,5	oo	26,5
R <sub>A</sub> [m]	12	12,5	200	-
b <sub>Z</sub> [m]	3,5 +3,25 (Bus)	9,8	6,5 Bus: 3,25	13
b <sub>A</sub> [m]	3,5	4,5	7	-
Fahrbahnleiter	ja	ja	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	3351	-	-	-
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	-	-	-	-
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	16-17 Uhr	-	-	-
Zufahrt	390	-	-	-
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	-	-	-	-
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
haltende Busse	386	-	-	-
durchfahrende Busse	-	-	-	-
haltende Lkw	-	-	-	-
durchfahrende Lkw	-	-	-	-
Wartezeit je Stunde				
Bus	630s	-	-	-
Lkw	-	-	-	-
Gesamtwartezeit (6 Stunden)				
Bus	3788s	-	-	-
Lkw	-	-	-	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	32	20	15	15
- mit ÖPNV	0	0	0	0

Tabelle - A 24: Remscheid, Bahnhofplatz - Willy-Brandt-Platz

### 3.8.1 Zufahrt Bismarckstraße West

Bus erreicht auf ÖV-Spur die Kreisfahrbahn, fährt gegen LSA-Sperrsignal

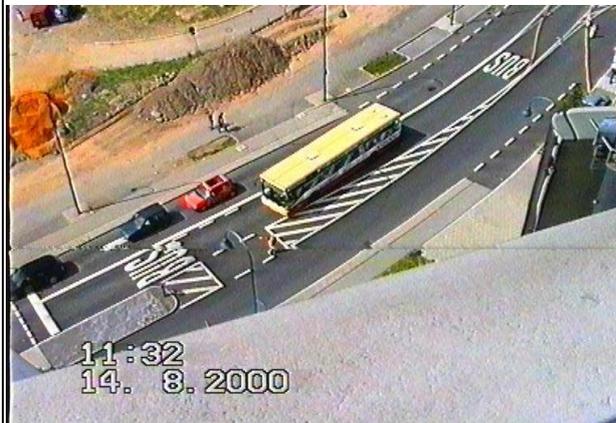


Bild - A 34: Zufahrt Bismarckstraße West

Die westlichen Zufahrt der Bismarckstraße stellt die Verbindung zwischen dem Bahnhof und der westlichen Innenstadt her. Über diese Zufahrt wird der maßgebliche Teil des ÖPNV in Remscheid geführt. Zur verbesserten ÖV-Führung ist parallel zur IV-Spur eine ÖV-Spur angelegt. Während der Aufnahmen war diese Spur aufgrund von Bauarbeiten nur ca. 45m lang. In der Ausfahrt ist keine ÖV-Spur vorhanden.

Die Ausfahrt aus der Bismarckstraße erfolgt signalgeregelt, die ÖV-Spur führt direkt auf die Haltestellen in Mittellage in der Kreisinsel zu. Eine Eingriffsmöglichkeit für Linienfahrzeuge in die Signalsteuerung besteht nicht.

#### Verkehrsstärke

Die Bismarckstraße wurde im Stundenmittel von 247 Kfz befahren. Zusätzlich fuhren über die Zufahrt 32 Busse je Stunde in die Mittelhaltestelle im Kreisverkehr ein. Die Verkehrsstärke in der Zufahrt schwankt stark zwischen 154 und 357 Kfz.

#### Schwerverkehr

Lkw konnten aufgrund der Sperrung der Bismarckstraße nicht ausgewertet werden.

#### ÖPNV

Mit 32 Bussen je Stunde erreicht alle ca. 2 Minuten ein Linienfahrzeug den Kreisverkehr aus der Zufahrt Bismarckstraße. Alle Busse mussten aufgrund der Signalsteuerung in der Zufahrt halten und warten. Die mittlere Wartezeit je ÖV-Fahrzeug war mit 19,5 s beinahe identisch mit der IV-Wartezeit von 19,1s.

Die baustellenbedingt verkürzte ÖV-Spur konnte ihre Aufgabe nicht vollständig erfüllen: während der Spitzenverkehrsstunde mussten Linienbusse im IV-Rückstau warten.

### 3.8.2 Fazit

Auch wenn der Bahnhofplatz in Remscheid kein typischer Kreisverkehr ist, liefert er wichtige Erkenntnisse für die Führung von ÖV-Verkehrsmitteln auf ÖV-Spuren an Kreisverkehrsplätzen.

Trotz der Signalisierung war eine behinderungs- und haltfreie Fahrt der Linienbusse in beiden Zufahrten nicht möglich. Alle Linienbusse mussten in den Zufahrten halten und ihre Geschwindigkeit deutlich reduzieren. Eingriffe in die Signalsteuerung zugunsten der Linienfahrzeuge waren nicht möglich. Lediglich durch getrennte Freigaben für ÖV und IV wurde die Grünphase mittels Vorlauf verlängert.

Die mittleren Wartezeiten für Linienbusse und Pkw in der westlichen Zufahrt entsprechen sich und betragen ca. 19 Sekunden je Fahrzeug. Die Wartezeit aller 39 Linienbusse betrug allein in der Zeit von 7:00 - 8:00 Uhr 15 Minuten.

### 3.9 Saarbrücken, Güdingen-Unner

DTV [Kfz/24h]	17.000
Außendurchmesser [m]	33
Fahrbahnbreite [m]	8
Besonderheit	einstreifige Fahrbahn mit gepflastertem Innenring, signalisierte Fußgängerquerung in einer Zufahrt



Bild - A 35: Kreisverkehr Güdingen-Unner

Der am Stadteilingang Unner gelegene Kreisverkehr ist ein typischer kleiner Kreisverkehr, der durch Umbau aus einer ehemaligen Kreuzung hervorgegangen ist. Durch eine geänderte Vorfahrtsituation gegenüber der Kreuzung haben sich die Wartezeiten deutlich reduziert.

In der Zufahrt Grossblittersdorfer Straße West ist der Fußgängerüberweg im Rahmen der Schulwegesicherung signalisiert.

Während die Zufahrten Grossblittersdorfer Straße West und Grossblittersdorfer Straße Ost radial zur Kreismitte ausgerichtet sind und enge Einfahrradien mit  $R=12m$  aufweisen, sind die Ausfahrradien deutlich großzügiger, z.B.  $R=30m$  in Grossblittersdorfer Straße Ost. In der Zufahrt Friedrich-Ebert-Straße sind Ausfahrt und Einfahrt eher tangential abgelegt.

Am Kreisverkehr Saarbrücken - Güdingen-Unner wurden zu Vergleichszwecken auch IV-Fahrzeug (Pkw) ausgewertet.

### Geometrie

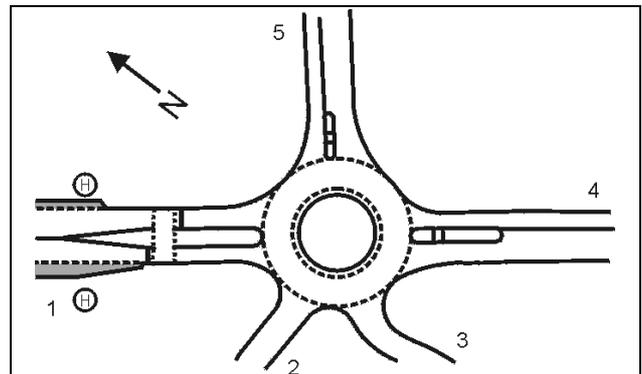


Abbildung 9: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]		
33	15	6	2		
Zufahrten					
	Großblittersdorfer Straße	Fr.-Ebert-Straße	Unnerstraße	Großblittersdorfer Straße (France)	Fr. Ebertstraße (Ost)
	1	2	3	4	5
ÖPNV	ja (Haltestelle)	ja	ja	nein	ja
R <sub>Z</sub> [m]	12	6	6	12	n.n.
R <sub>A</sub> [m]	n.n.	6	7	30	26
b <sub>Z</sub> [m]	3,5	6	6	3,5	3,5
b <sub>A</sub> [m]	4,5			4,6	4,5
Fahrbahnsteiler	ja	nein	nein	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)					
Zufahrt	6389	-	-	-	-
Ausfahrt	5709	-	-	-	-
Kreis	1137	-	-	-	-
Spitzenstundenbelastung					
Spitzen-h	16-17 Uhr	-	-	-	-
Zufahrt	779	-	-	-	-
Ausfahrt	431	-	-	-	-
Kreis	124	-	-	-	-
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)					
haltende Busse	5	-	-	-	-
durchfahrende Busse	24	-	-	-	-
haltende Pkw	363	-	-	-	-
durchfahrende Pkw	-	-	-	-	-
kleinste akzeptierte Zeitlücke					
Pkw	0,4	-	-	-	-
größte nicht akzeptierte Zeitlücke					
Pkw	19,6	-	-	-	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	--	--	3
- mit ÖPNV	--	--	--	0

Tabelle - A 25: Saarbrücken, Güdingen-Unner

**3.9.1 Zufahrt Großblittersdorfer Straße (Nord)**

Die Zufahrt Großblittersdorfer Straße West ist gekennzeichnet durch eine anforderungsgesteuerte Lichtsignalanlage zur Querung in der Zufahrt. Sie befindet sich in unmittelbarem Abstand, ca. 20 m vor dem Einfahrtbereich.

Bus vor der Einfahrt in Kreisel



Bild - A 36: Kreisverkehr GÜdingen-UNner

Durch die Lichtsignalanlage kommt es zu zusätzlichen Halten in der Zufahrt. Häufig wurde beobachtet, dass aus dem Bus ausgestiegene Personen, die Freigabe der Querung anfordern, und somit den Bus auf dem weiteren Linienverlauf behindern.

Bus fährt aus Haltestelle raus, nachfolgende Fahrzeuge lassen den Bus aus der Haltestelle ausfahren.



Bild - A 37: Kreisverkehr GÜdingen-UNner

Die Zufahrt Großblittersdorfer Straße wird in der Rush-hour sehr stark frequentiert. Trotzdem wird dem ÖPNV in den meisten Fällen ermöglicht, sich direkt von der Haltestelle aus einzuordnen.

- Saarbrücken GÜdingen-UNner													
Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Pkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Pkw mit Halt	Pkw ohne Halt	kleinste akzeptierte Zeitlücke im Hauptstrom [s] Bus	kleinste akzeptierte Zeitlücke im Hauptstrom [s] Pkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Pkw
7:00 - 8:00	305	31	965	10	295	4	6	9	286	20	6,8	4	0
8:00 - 9:00	367	66	607	5	362	1	4	11	351	11,2	8,4	0	0
9:00 - 10:00	418	63	410	3	415	2	1	19	396	6,8	9,6	0	12
10:00 - 11:00	351	85	332	2	349	0	2	13	336	3,2	11,6	0	8
11:00 - 12:00	513	53	359	4	509	1	3	27	482	8,4	8,4	0	17
12:00 - 13:00	636	103	472	3	633	1	2	32	601	8,4	4,4	0	27
13:00 - 14:00	533	83	443	4	529	1	3	22	507	4,8	12	4	16
14:00 - 15:00	601	144	437	6	595	5	1	31	564	9,6	9,6	7	32
15:00 - 16:00	606	114	437	6	601	4	2	45	556	7,6	10,8	3	32
16:00 - 17:00	777	124	431	3	774	2	1	50	724	6,8	8,8	7	32
17:00 - 18:00	729	140	452	3	726	3	0	52	674	13,2	10	2	29
18:00 - 19:00	564	132	366	4	560	3	1	52	508	9,6	7,6	4	34
Summe	6400	1138	5711	53	6348	27	26	363	5985				
Minimum										2,4	7,6		
Maximum												7	34

Tabelle - A 26: Saarbrücken, GÜdingen-UNner, Zufahrt Großblittersdorfer Straße -Nord

Signalanlage in Zufahrt Großblittersdorfer Straße Ost verursacht Rückstau im Kreis (Zufahrt 5 im Bild)



Bild - A 38: Kreisverkehr GÜdingen-UNner

Durch die Signalanlage bilden sich sowohl in der Einfahrt als auch in der Ausfahrt aus dem Kreisverkehr Stauungen. Dies führt zu in folgender Tabelle dargestellten Behinderungen für IV-Fahrzeuge (Vergleich: Wartezeit 1.Pos. IV: 874s)

	Zufahrt	Ausfahrt
Wartezeit [s/12h]	1463	1516
behinderte Fahrzeuge [-/12h]	208	177
Mittelwerte je Stunde		
Fahrzeuge	528	475
Halte an LSA	5,2	6,0
Fahrzeuge je Halt	3,2	2,5
Wartezeit je Halt [s]	26,5	22,2
Wartezeit je haltendes Fahrzeug [s]	8,5	8,9
Wartezeit je zu- bzw. ausfahrendes Fahrzeug [s]	0,27	0,23

Tabelle - A 27: Wartezeiten durch Lichtsignalanlage

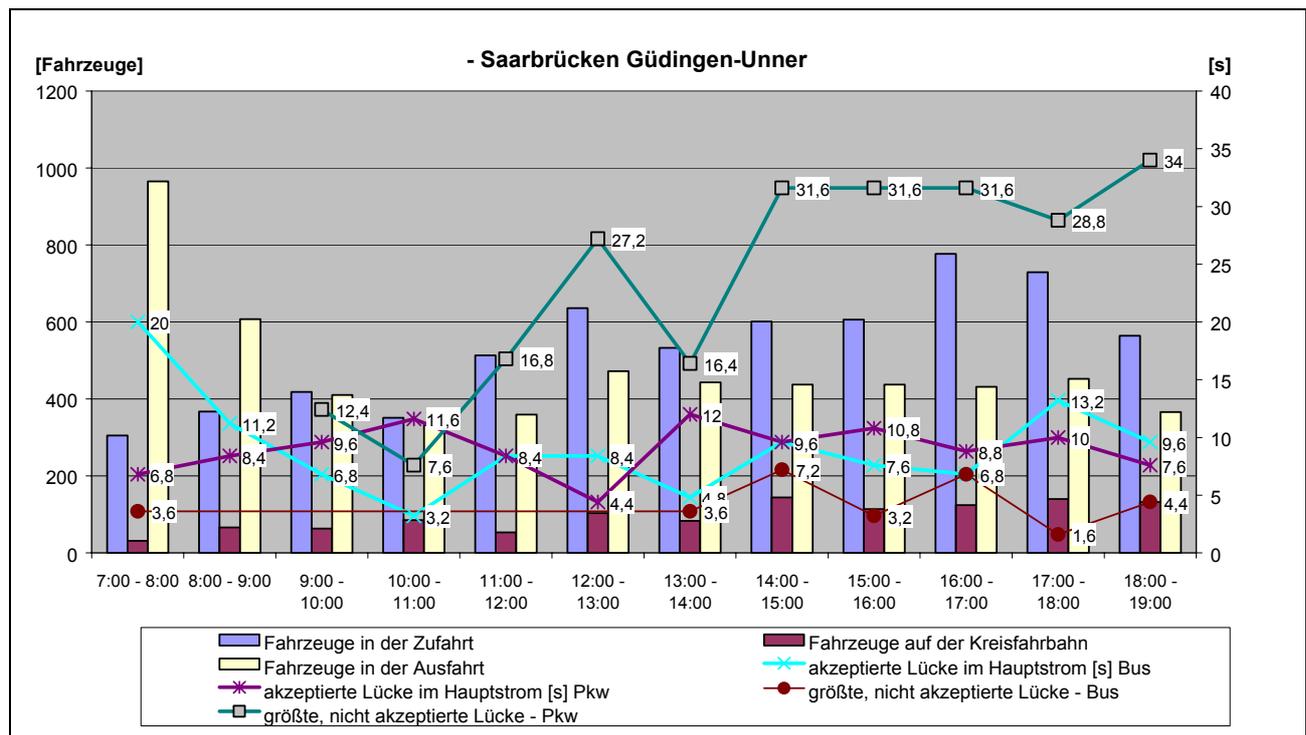


Abbildung - A 25: Saarbrücken, Güdingen-Unner, Zufahrt Großblittersdorfer Straße -Nord

### Verkehrsstärke

Die Gesamtbelastung am Zufahrtbereich Großblittersdorfer Straße Nord zum Kreisverkehr beträgt 13.228 Kfz in 12 Stunden. Der Anteil zufahrender Fahrzeuge beträgt 48%, die Kreisfahrbahn wird von lediglich 8% der Fahrzeuge weiter befahren, die Ausfahrt nutzen 43%. Diese Verkehrsaufteilung basiert auf der „Über-Eck“ Beziehung zwischen der Zufahrt Großblittersdorfer Straße Nord und der Friedrich-Eberstraße-Ost. Noch gravierender wird diese Beziehung in der Stunde zwischen 7:00 und 8:00 Uhr. 74% der Fahrzeuge fahren dann in der Ausfahrt aus dem Kreisverkehr aus in die Saarbrücker Innenstadt.

Der Anteil der im Kreis verbleibenden Fahrzeuge schwankt zwischen 2 und 12%. Die geringe Belastung auf der Kreisfahrbahn führt zu einem geringen Anteil haltender Fahrzeuge von lediglich 6%.

### ÖPNV

Im Mittel verkehrten 4,4 Linienbusse je Stunde in der Zufahrt Großblittersdorfer Straße Nord. In 51% der Fahrten kam es dabei zu Halten in 1. Position.

Dieser Wert ist ungewöhnlich angesichts der geringen Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn.

### 3.9.2 Fazit

Die Wartezeiten am Kreisverkehr Saarbrücken, Güdingen-Unner werden stärker durch die Signalanlage in der Zufahrt geprägt als durch den Verkehrsablauf und die Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn.

Durch die Signalanlage entstehen für den IV in der Zufahrt 1463s Wartezeit, während an der Einfahrt in den Kreisverkehr lediglich Wartezeiten in Höhe von 874s entstanden.

Auch in der Ausfahrt wirkte sich die Signalanlage durch Rückstaubildung bis in den Kreisverkehr aus.

### 3.10 Stuttgart, Daimlerstraße - Deckerstraße

DTV [Kfz/24h]	19.000
Außendurchmesser [m]	36
Fahrbahnbreite [m]	9
Besonderheit	sehr breite einstreifige Fahrbahn mit breitem gepflastertem Innenring



Bild - A 39: Zufahrt Bahnhofstraße

Der direkt an der Bahnstrecke gelegene Kreisverkehrplatz Daimlerstraße - Deckerstraße in Stuttgart hat eine mit 9m sehr breite Kreisfahrbahn, davon sind 4m gepflastert. Diese breite Kreisfahrbahn wird in einigen Abschnitten, insbesondere vor der Zufahrt Daimlerstraße Süd, mehrstreifig befahren.

Die Zufahrten Daimlerstraße Süd und Deckerstraße liegen sehr eng beisammen, Konflikte zwischen einfahrenden Fahrzeugen aus der Daimlerstraße und in die Deckerstraße ausfahrenden Fahrzeugen konnten beobachtet werden.

Haltestellen oder Bevorrechtigungen für ÖPNV-Fahrzeuge sind im Einflussbereich des Kreisverkehrs nicht vorhanden.

### Geometrie

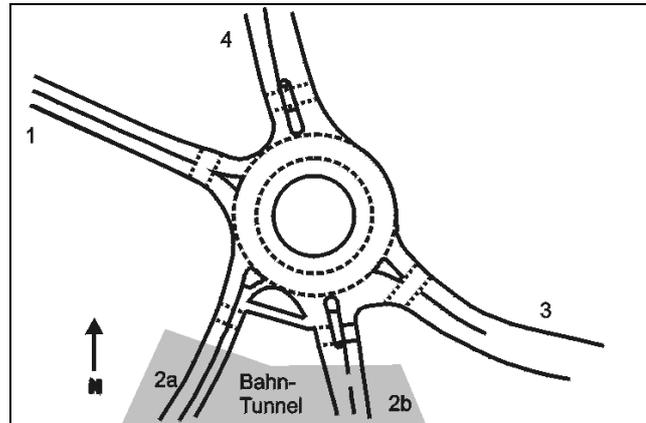


Abbildung 10: Skizze (Maßstab 1: 1500)

	Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]
	36	18	5	4
Zufahrten				
	Bahnhofstraße	Elwert/Daimler (Süd)	Deckerstraße	Daimlerstraße (Nord)
	1	2a / 2b	3	4
ÖPNV	ja	nein / ja	nein	nein
R <sub>Z</sub> [m]	18	- / 4	22	8
R <sub>A</sub> [m]	8	- / 5	8	30
b <sub>Z</sub> [m]	3	- / 4,85	5,6	3,25
b <sub>A</sub> [m]	4	3,5 / 4,85	5	4,75
Fahrbahnteiler	nein	ja	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	3349	6960	-	-
Ausfahrt	2222	4851	-	-
Kreis	7603	2607	-	-
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	16-17 Uhr	17-18 Uhr	-	-
Zufahrt	360	843	-	-
Ausfahrt	202	453	-	-
Kreis	709	280	-	-
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
haltende Busse	15	7	-	-
durchfahrende Busse	30	41	-	-
haltende Lkw	10	16	-	-
durchfahrende Lkw	28	136	-	-
kleinste akzeptierte Zeitlücke				
Bus	5,2	5,6	-	-
Lkw	4	4	-	-
größte nicht akzeptierte Zeitlücke				
Bus	11,2	0,8	-	-
Lkw	9,6	0,4	-	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	3	9	7	10
- mit ÖPNV	0	1	0	0

Tabelle - A 28: Stuttgart - Bad-Cannstatt, Daimlerstraße - Deckerstraße

### 3.10.1 Zufahrt Daimler Straße (Süd)

Die Zufahrt Daimlerstraße Süd befindet sich unter einer Eisenbahnstrecke. In der Zufahrt fahrende Fahrzeuge können erst sehr spät von Verkehrsteilnehmern auf der Kreisfahrbahn erkannt werden.

Der Zufahrtbereich ist der am stärksten belastete aller einstreifigen Kreisverkehre. Im Stundenmittel nutzen 1190 Kfz diesen Bereich. Zusätzlich queren 210 Fußgänger die Zufahrt pro Stunde.

Die oberhalb der Zufahrt liegende Deckerstraße weist eine tangentielle Ausfahrt auf, die sich mit der Zufahrt der Daimlerstraße überlagert.

Stuttgart - Daimler-Deckerstrasse / Zufahrt: Daimler-Straße												
Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	keine Grenzzeitlücke; übergeordnetes Fahrzeug verbleibt im Kreis / akzeptierte größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	491	133	325	5	8	0	5	0	8	0	0	0
8:00 - 9:00	518	172	301	3	21	1	2	3	18	0	2	1,2
9:00 - 10:00	440	179	347	2	12	1	1	1	11	0	0	1,6
10:00 - 11:00	517	198	385	3	23	2	1	2	21	0	4,8	4,8
11:00 - 12:00	515	215	371	3	21	1	2	3	18	5,6	4	4,8
12:00 - 13:00	585	228	429	4	14	1	3	1	13	0	6,4	0
13:00 - 14:00	533	226	445	3	15	0	3	2	13	8,8	5,6	0
14:00 - 15:00	535	219	424	5	15	0	5	1	14	0	4,4	0
15:00 - 16:00	607	251	432	5	11	0	5	2	9	4,4	0	0
16:00 - 17:00	690	268	458	6	7	1	5	1	6	0	0	0,8
17:00 - 18:00	843	280	453	5	3	0	5	0	3	0	0	0
18:00 - 19:00	686	238	481	4	2	0	4	0	2	0	0	0
Summe	6960	2607	4851	48	152	7	41	16	136			
Minimum										5,6	4	
Maximum											4,8	6,8

Tabelle - A 29: Stuttgart, Daimlerstraße – Deckerstraße Zufahrt Daimlerstraße Süd

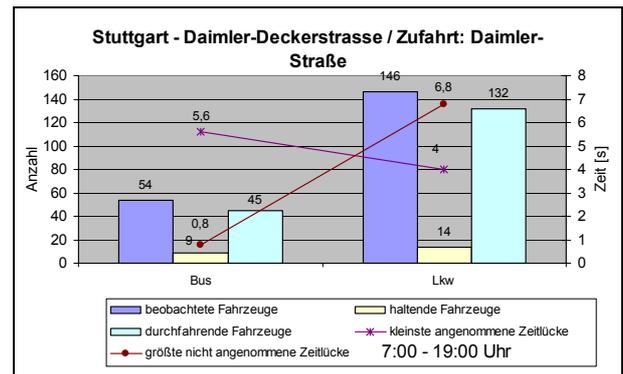


Abbildung - A 26: Stuttgart, Daimlerstraße – Deckerstraße Zufahrt Daimlerstraße Süd

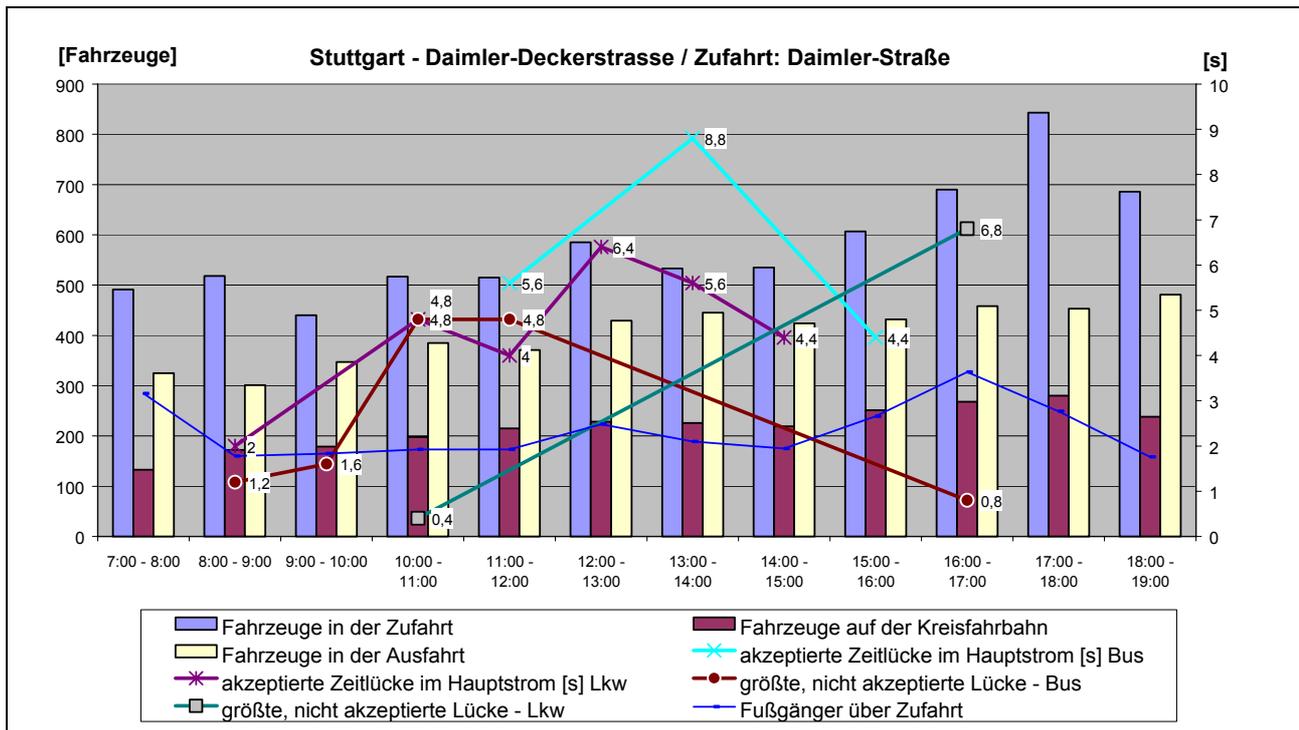


Abbildung - A 27: Stuttgart - Bad-Cannstadt, Daimlerstraße – Deckerstraße Zufahrt Daimlerstraße (Süd)

### Verkehrsstärke

Der am stärksten belastete einstreifige Zufahrtbereich im Untersuchungsfeld weist eine deutliche Dominanz des einfahrenden Stroms in der Zufahrt Daimlerstraße auf. Im Tagesmittel sind 48% aller Fahrzeuge des Zufahrtbereichs eingefahren, 34% haben den Kreisverkehr verlassen und lediglich 18% verblieben im Kreisverkehr. Die Belegung des Zufahrtbereiches steigt im Tagesverlauf kontinuierlich von 949 auf 1576 Kfz/h an.

### Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil liegt bei 2,8%, der ÖV-Anteil lediglich bei 0,8%. Im Stundenmittel verkehrten 12,6 Lkw und 4 Busse.

### ÖPNV

Die 48 im 1/4-Stundentakt verkehrenden Busse konnten zu 85% unbehindert aus der Daimlerstraße in die Kreisfahrbahn einfahren. Lediglich 7 Busse mussten anhalten.

3.10.2 Zufahrt Bahnhofstraße



In der Zufahrt Bahnhofstraße wurde auf eine Mittelinsel mit Fußgängeraufenthaltsbereich verzichtet. Die Zu- und Ausfahrt sind sehr breit und eher tangential ausgerichtet. Auch die Kreisfahrbahn ist in diesem Bereich sehr breit. Wiederholt wurde beobachtet, dass einfahrende Fahrzeuge, während sie verkehrsbedingt auf dem Übergang zur Kreisfahrbahn halten mussten, von anderen einfahrenden Fahrzeugen überholt wurden.

Verkehrsstärke

Die Belastung von 7603 Fahrzeugen innerhalb der 12-stündigen Beobachtungsdauer stellt die größte Verkehrsstärke aller einstreifigen Kreisfahrbahnen im Untersuchungsfeld dar. Bedingt durch diese hohe Belastung wurden zeitweise 2-streifige Befahrungen der Kreisfahrbahn, insbesondere zum Überholen von vor einer Ausfahrt wartenden Fahrzeuge beobachtet. Im Tagesmittel fuhren 58% aller Fahrzeugen im Zufahrtbereich auf der Kreisfahrbahn, in der Morgenstunde zwischen 7:00 und 8:00 Uhr stieg dieser Wert auf 70% an. Lediglich 17% aller Fahrzeuge fuhren in die Bahnhofstraße aus und ¼ nutzten die Einfahrt Bahnhofstraße.

Der Fußgängerstrom betrug ca. 150 querende Fußgänger pro Stunde.

Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil betrug 2,5%. Davon waren 54% Linienbusse. Halte an der Kreiszufahrt traten bei ¼ aller Lkw und 1/3 aller Linienbusse auf. Damit ergaben sich 98 s Wartezeit für Lkw und 151s Wartezeit für Linienbusse in 1. Position.

Stuttgart - Daimler - Deckerstrasse, Zufahrt: Bahnhofstraße

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Bus	kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw	
7:00 - 8:00	164	646	133	6	4	4	2	1	3	5,6	11,2	6,8		
8:00 - 9:00	205	631	186	4	7	2	2	2	5	5,2	0	4,4	5,2	
9:00 - 10:00	244	573	173	3	9	1	2	1	8	6	5,2	5,2	8,8	
10:00 - 11:00	252	551	186	2	2	0	2	1	1	0	0	0	14	
11:00 - 12:00	289	534	197	3	4	0	3	1	3	7,6	7,6	0	6	
12:00 - 13:00	296	599	191	2	2	0	2	0	2	0	5,6	0	0	
13:00 - 14:00	296	666	148	4	4	1	3	1	3	7,2	4	5,6	4,4	
14:00 - 15:00	297	685	187	3	2	2	1	1	1	7,2	0	4	4	
15:00 - 16:00	329	706	212	3	2	0	3	1	1	13,6	9,2	0	3,6	
16:00 - 17:00	360	709	202	5	1	1	4	1	0	0	0	9,6	6,8	9,6
17:00 - 18:00	318	688	211	5	1	2	3	0	1	11,6	0	7,2	0	
18:00 - 19:00	299	615	196	5	0	2	3	0	0	10	0	7,6	0	
Summe	3349	7603	2222	45	38	15	30	10	28					
Minimum										5,2	4			
Maximum												11,2	14	

Tabelle - A 30: Stuttgart, Daimlerstraße – Deckerstraße Zufahrt Bahnhofstraße

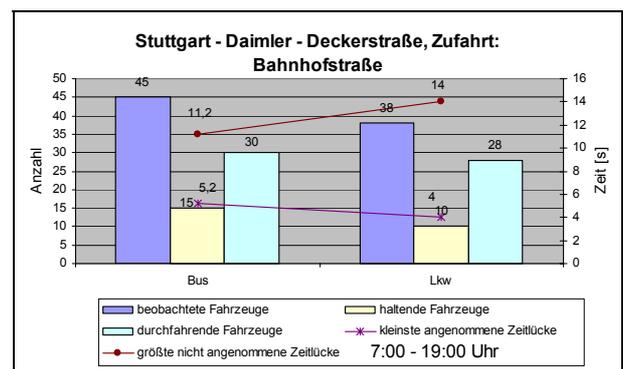


Abbildung - A 28: Stuttgart, Daimlerstraße – Deckerstraße Zufahrt Bahnhofstraße

ÖPNV

Die Zufahrt Bahnhofstraße wird von einer Buslinie im ¼-Stunden-Takt bedient. Von den 45 Linienbusfahrten waren 15 mit einem Halt an der Kreisfahrbahn verbunden. Der längste Halt dauert 23,8s. Im Mittel ergaben sich für jeden Linienbus Haltezeiten von 3,4s.

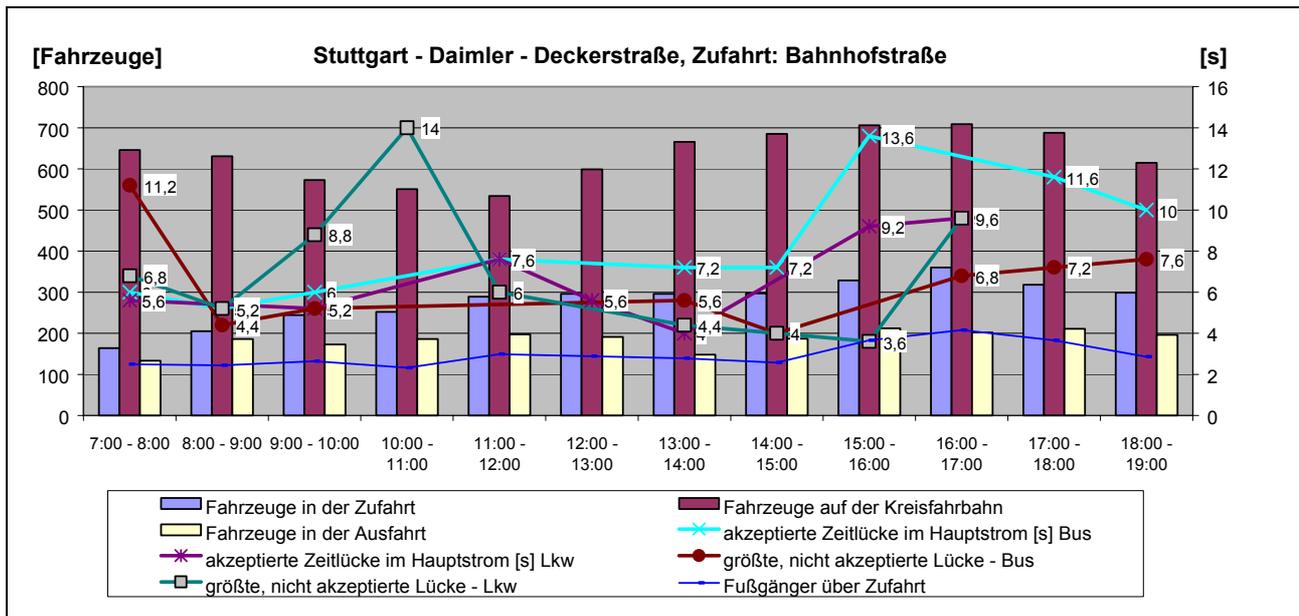


Abbildung - A 29: Stuttgart - Bad-Cannstadt, Daimlerstraße – Deckerstraße, Zufahrt Bahnhofstraße

### 3.10.3 Fazit

Die beiden Zufahrten Daimlerstraße-Süd und Bahnhofstraße am Kreisverkehr Daimlerstraße – Deckerstraße weisen deutliche Unterschiede in Gestalt und Verkehrsablauf auf.

Während im Zufahrtbereich Daimlerstraße die Einfahrt dominiert und die Belastung auf der Kreisfahrbahn relativ gering ist, stellt sich der Verkehrsablauf im Einfahrtbereich Bahnhofstraße komplett konträr dar.

Die mittleren Wartezeiten lassen eine deutliche Abhängigkeit von der Verkehrsstärke im übergeordneten Strom erkennen: Während in der Daimlerstraße einfahrende Linienbusse eine mittlere Wartezeit von 0,3s haben, müssen Linienbusse aus der Bahnhofstraße im Mittel 3,4s warten, Spitzenwerte liegen bei 23,6 s je Fahrzeug. Damit summieren sich die Wartezeiten in der Bahnhofstraße auf 151s, während in der Daimlerstraße lediglich 14,8 s Wartezeit anfallen.

### 3.11 Stuttgart, Regerstraße - Beethovenstraße

DTV [Kfz/24h]	16.000
Außendurchmesser [m]	35
Fahrbahnbreite [m]	7,5
Besonderheit	sehr breite einstreifige Fahrbahn



Bild - A 41: Kreisverkehr Reger- / Beethovenstraße

Der südlichste von 5 Kreisverkehren im Zuge der Stuttgarter Regerstraße im Stadtteil Botnang dient neben dem Anschluss eines Waldparkplatzes und der Erschließung des Stadtteil Botnang der Umlagerung der Straßenbahn aus der Seitenlage in die Mittellage. Der Kreisverkehr ist im Normalfall nicht signalisiert, lediglich die Querung der Straßenbahn wird durch signaltechnische Einzelmaßnahmen gesichert. Unmittelbar vor den Gleisbereichen sind Haltlinien und „schlafende Lichtsignalanlagen“ installiert. Durch die sehr breite Fahrbahn ist es möglich, diesen Kreisverkehr mehrstreifig zu befahren. Bei Sperrung der Kreisfahrbahn zwecks Straßenbahnquerung können Fahrzeuge im äußeren Bereich der Fahrbahn an wartenden Fahrzeugen vorbeifahren.

### Geometrie

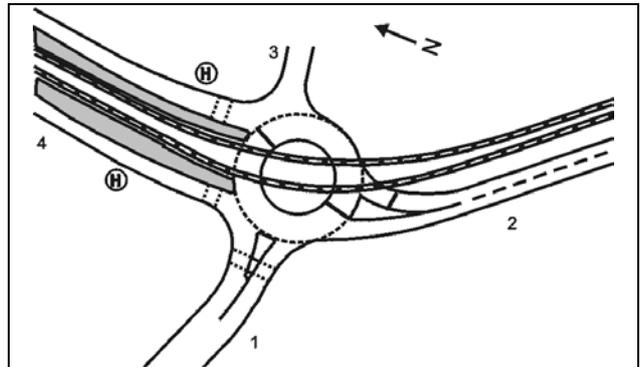


Abbildung 11: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
35	20	7.5	-	
Zufahrten				
	Beethovenstraße (Ost)	Beethovenstraße (Süd)	Waldweg	Regerstraße
	1	2	3	4
ÖPNV	nein	ja (Seitenlage)	nein	ja (Mittellage)
R <sub>Z</sub> [m]	n.n.	n.n.	n.n.	oo
R <sub>A</sub> [m]	n.n.	oo	n.n.	oo
b <sub>Z</sub> [m]	5	5	3,5	5
b <sub>A</sub> [m]	5,5	4,5	3,5	7
Fahrbahnteiler	ja	ja	nein	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	-	5304	-	4350
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	-	-	-	-
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	-	17-18 Uhr	-	-
Zufahrt	-	695	-	417
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	-	-	-	-
beobachtete Fahrzeuge (Straßenbahnen)				
7-19 Uhr	-	180	-	-
16-17 Uhr	-	21	-	-
haltende Pkw	-	104	-	48
Summe	-	724	-	5028
Wartezeit				

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	3	7	3	4
- mit ÖPNV	0	0	0	0

Tabelle - A 31: Stuttgart-Botnang – Regerstraße – Beethovenstraße

### 3.11.1 Zufahrten Regerstraße und Beethovenstraße



#### Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke des Knotenpunktes betrug 9694 Kfz während der 12-stündigen Auswertung. Die Belastung der Zufahrt Beethovenstraße stieg von 305 Kfz/h zwischen 7:00 und 8:00 Uhr kontinuierlich auf 695 Kfz während der Spitzestunde zwischen 17:00 und 18:00 Uhr. Die Belastung der Zufahrt Regerstraße schwankte zwischen 475 Kfz

Aus der Zufahrt Regerstraße mussten lediglich 48 Fahrzeuge halten. Dies sind lediglich ca. 1% der zufahrenden Fahrzeuge. Ursächlich ist die uneinträgliche Führung von Rechtsabbiegern und der Geradeausfahrer aus der Zufahrt Regerstraße. Lediglich linksabbiegende (Zufahrt Parkplatz) bzw. wendende Fahrzeuge müssen an der LSA anhalten. Damit ergab sich eine durchschnittliche Haltezeit von 15s je haltendes Fahrzeug und 1,6s je zufahrendes Fahrzeug.

Fahrzeuge in der Zufahrt Beethovenstraße müssen bei ÖV-Verkehr vor der Einfahrt in den Kreisverkehr grundsätzlich halten. Der Anteil der haltenden Fahrzeuge an allen Fahrzeugen liegt mit 24% somit deutlich höher. Allerdings liegt die Haltezeit je haltendes Fahrzeug mit 4,4s ebenso wie die Haltezeit je zufahrendes Fahrzeug mit 0,94s deutlich niedriger als in der Zufahrt Regerstraße.

von	bis	Straßenbahnen	Kfz Regerstraße	Kfz Beethovenstraße	Gesamtverkehrsstärke	Haltende FZG Regerstraße	Gesamthaltezeit Regerstraße	Haltende Fahrzeuge Beethovenstraße	Gesamthaltezeit Beethovenstraße
7:00	8:00	21	475	305	780	8	184,1	86	520,6
8:00	9:00	12	458	312	770	1	7,78	65	351
9:00	10:00	11	399	392	791	3	40,28	57	308,5
10:00	11:00	10	333	367	700	1	14,28	35	174,1
11:00	12:00	11	294	388	682	4	98,26	64	241,2
12:00	13:00	11	302	421	723	3	12,06	63	271
13:00	14:00	14	356	400	756	2	26,57	99	371,2
14:00	15:00	11	313	402	715	4	75,84	52	242,2
15:00	16:00	15	331	453	784	5	36,94	101	426,2
16:00	17:00	21	369	577	946	7	55,88	226	602,1
17:00	18:00	22	417	695	1112	6	91,91	238	796,7
18:00	19:00	21	343	592	935	4	80,49	161	722,8
Mittelwert		15	366	442	808	4	60,37	104	419
Summe		180	4390	5304	9694	48	724,4	1247	5028

Tabelle - A 32: Stuttgart-Botnang – Regerstraße – Beethovenstraße

#### ÖPNV

Im Stundenmittel verkehren 14 Straßenbahnen über den Kreisverkehr. Dabei ist die Verteilung sehr unterschiedlich. In den Morgen- und Abendstunden verkehren doppelt so viele Straßenbahnen wie in der Mittagszeit. Insgesamt verkehrten 180 Straßenbahnen innerhalb 12 Stunden. Lediglich bei 9 Fahrten traten keinerlei Beeinträchtigungen für den IV auf (5%).

Bedingt durch die Querung des Kreisverkehrs kam es dementsprechend zu Halten und Wartezeiten im IV. Insgesamt mussten 1295 Kfz halten. Die Haltezeit summierte sich auf 84 Warteminuten. Dabei waren Fahrzeuge in der Beethovenstraße zu 96% betroffen, während aus der Zufahrt Regerstraße lediglich 48 Fahrzeuge anhalten mussten.

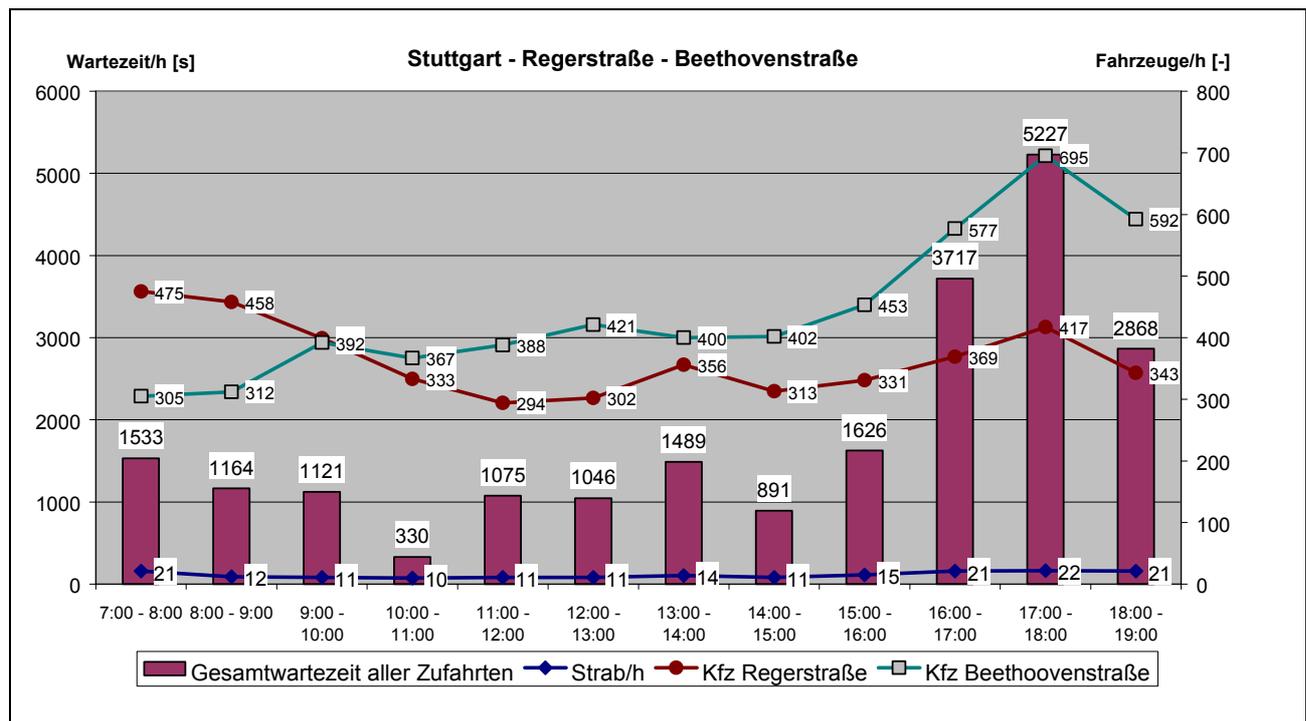


Abbildung - A 30: Stuttgart-Botnang – Regerstraße – Beethovenstraße

### 3.11.2 Fazit

Der Kreisverkehr Regerstraße / Beethovenstraße ist durch die diagonale Querung der Straßenbahn und die Signalanlagen in Zufahrt und Kreisfahrbahn eine komplexe Verkehrsanlage.

Der Kreisverkehr liegt am Eingang eines Stadtteils, Durchgangsverkehr oder überregionaler Verkehr ist nicht vorhanden, den meisten Verkehrsteilnehmern dürfte die Verkehrssituation bekannt sein.

Der Kreisverkehr zeigt, dass sowohl das Anhalten von Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn als auch das Anhalten von Fahrzeugen in der Zufahrt mittels bedarfsgesteuerter Lichtsignalanlagen („Dunkelschaltung“, „schlafende LSA“, „Gelb/Rot Ampel“) zuverlässig möglich ist. Überfahrungen der Haltlinie bei Sperrungen konnten nicht beobachtet werden.

Die Kombination der „schlafenden LSA“ in der Zufahrt Beethovenstraße und die teilweise Aufrechterhaltung der Verkehrsströme aus der Zufahrt Regerstraße zeigt, dass unkonventionelle Möglichkeiten zur Führung des ÖV an Kreisverkehrsplätzen möglich sind und ÖV-beschleunigende Wirkung haben. Darüber hinaus konnte so die maximal mögliche Anzahl von Fahrbeziehungen während der Sperrung aufrecht erhalten werden. Bedingt durch die großzügige Kreisfahrbahn (Breite: 7,5m) sowie die bypassartige Führung der Rechtsabbieger aus der Regerstraße konnten Wartezeiten und Anzahl der haltenden Fahrzeuge minimal gehalten werden. Eine vollständige Sperrung aller Zufahrten

hätte hier keine weiteren Vorteile erbringen können.

### 3.12 Stuttgart, Regerstraße - Schumannstraße

DTV [Kfz/24h]	13.000
Außendurchmesser [m]	32
Fahrbahnbreite [m]	7
Besonderheit	sehr breite einstreifige Fahrbahn ohne Innenring, Straßenbahn in Mittellage



Bild - A 43: Kreisverkehr Regerstraße – Schumannstraße

Der Kreisverkehr liegt im Zuge der Regerstraße in Stuttgart-Botnang. Der Gleisbereich der Straßenbahn ist wie am Kreisverkehr Regerstraße - Beethovenstraße mittels „schlafender LSA“ gesichert, Signale in den Zufahrten sind nicht vorhanden.

Der Kreisverkehr besitzt einen Bypass in der Zufahrt Regerstraße Ost sowie eine nicht baulich getrennte Führung der Rechtsabbieger in der Zufahrt Schumannstraße (Nord). Durch diese separaten Führungen reduziert sich das Verkehrsaufkommen im Kreisverkehr sowie die Wartezeit bei Straßenbahnquerung erheblich.

Alle Zufahrten treffen relativ weit von der Mittelachse abgesetzt auf die Kreisfahrbahn. Durch diese annähernd tangentielle Führung werden die Fahrzeuge weit außen auf der Kreisfahrbahn geführt. Durch die breite Kreisfahrbahn ist es während der Sperrung der Kreisfahrbahn infolge Straßenbahnquerung möglich, außen an nahe der Kreisfahrbahn haltenden Fahrzeugen vorbei zu fahren. Somit bleiben z.B. Geradeausfahrer aus der Regerstraße West von Rückstauungen im Kreisverkehr nahezu unbehelligt.

### Geometrie

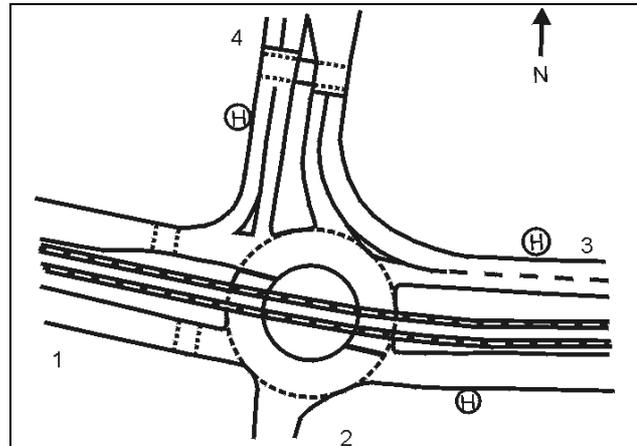


Abbildung 12: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
32	18	7	-	
Zufahrten				
	Regerstraße (West)	Schumannstraße (Süd)	Regerstraße (Ost)	Schumannstraße (Nord)
	1	2	3	4
ÖPNV	ja	nein	ja	ja
R <sub>Z</sub> [m]	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
R <sub>A</sub> [m]	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
b <sub>Z</sub> [m]	6,5	4	6 (2FS), Haltest.	6 (2FS), Haltest.
b <sub>A</sub> [m]	5	4	6	7 (2 FS), Haltest.
Fahrbahnleiter	ja	nein	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	1468	-	-	3917
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	2305	-	-	1271
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	18-19 Uhr	-	-	16-17 Uhr
Zufahrt	224	-	-	424
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	371	-	-	115
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
haltende Busse	2	-	-	1
durchfahrende Busse	-	-	-	-
haltende Pkw	183	-	-	420
durchfahrende Pkw	-	-	-	-
kleinste akzeptierte Zeittücke				
Pkw	2	-	-	3,6
Größte nicht akzeptierte Zeittücke				
Pkw	22	-	-	49
Bus	5	-	-	12
Unfälle				
	1997	1998	1999	2000
- gesamt	3	5	4	5
- mit ÖPNV	0	1	0	0

Tabelle - A 33: Stuttgart-Botnang, Regerstraße - Schumannstraße

3.12.1 Zufahrt Schumannstraße

haltende Pkws in der Zufahrt Schumannstraße während einer Straßenbahndurchfahrt



Bild - A 44: Kreisverkehr Regerstraße – Schumannstraße

Bus nutzt die freie Rechtsabbiegemöglichkeit und biegt trotz Rückstau in der Zufahrt rechts ab.....



Bild - A 45: Kreisverkehr Regerstraße – Schumannstraße

Die Zufahrt Schumannstraße ist eine zweistreifig befahrbare und zweistreifig markierte Zufahrt. Der linke Fahrstreifen führt tangential auf den Außenrand des Kreisverkehrs zu. Der Rechtsabbiegefahrstreifen führt ohne Tangierung der Kreisfahrbahn bypassähnlich am Kreisverkehr vorbei. Rechtsabbiegende Fahrzeuge beeinträchtigen den Verkehrsablauf auf der Kreisfahrbahn nicht.

Bedingt durch die Straßenbahnquerung des Kreisverkehrs kommt es zu Rückstauungen in der Zufahrt Schumannstraße.

Je Straßenbahn stauen sich im Mittel 1,86 Fahrzeuge. Dabei entstehen mittlere Wartezeiten von 15,6s je Straßenbahnquerung, entsprechend 0,6s je zufahrendes Fahrzeug. Die Wahrscheinlichkeit für ein zufahrendes Fahrzeug infolge einer Straßenbahnquerung halten zu müssen, liegt im Tagesmittel bei 11%.

Stuttgart-Botnang - Regerstraße - Schumannstraße, Zufahrt Schumannstraße													
Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	rechts abbiegende Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Straßenbahnen	Linienbusse, rechts abbiegend	Halte Fahrzeuge	am haltenden Fahrzeug vorbei fahrende Fahrzeuge	Gesamtwartezeit je Stunde bei Straßenbahnquerungen	Wartezeit infolge Straßenbahnquerung je Zufahrendes Fahrzeug	Wartezeit in 1. Position infolge Queerverkehr je zufahrendes Fahrzeug	Kleinste zur Einfahrt in den Kreis akzeptierte Lücke [s] Pkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Umdrehungen	größte, nicht akzeptierte Lücke- Zeit
7:00 - 8:00	428	85	77	21	4	34	39	351	0,84	0,22			0
8:00 - 9:00	425	9	88	12	3	28	13	181	0,45	0,24	2,4		2,4
9:00 - 10:00	288	35	116	12	2	26	42	223	0,81	0,33	4		0
10:00 - 11:00	236	49	104	10	2	21	17	158	0,72	0,41	4	6	3,2
11:00 - 12:00	256	48	137	9	1	13	30	154	0,62	0,46	4	5,2	4,4
12:00 - 13:00	256	141	120	12	3	19	22	175	0,68	0,52	4,8	0	0
13:00 - 14:00	276	23	79	13	3	23	17	186	0,68	0,61	4,4	1,6	5,2
14:00 - 15:00	272	31	99	11	2	21	14	161	0,59	0,45	4	2,4	0
15:00 - 16:00	275	25	116	7	2	10	14	102	0,45	0,53	2,4	7,6	4,4
16:00 - 17:00	422	31	115	20	2	38	54	304	0,74	0,36	2,8	2	0
17:00 - 18:00	409	110	110	21	2	43	51	310	0,77	0,82	4	0	1,6
18:00 - 19:00	341	29	109	22	2	41	37	346	1,02	0,66	3,6	2,4	0
Summe	3884	616	1270	170	28	317	350	2652					
Minimum									0,45	0,22	2,4		
Maximum												7,6	5,2

Tabelle - A 34: Stuttgart-Botnang, Regerstraße - Schumannstraße, Zufahrt Schumannstraße

Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke im Zufahrtbereich Schumannstraße betrug insgesamt 5798 Kfz. Davon waren lediglich 28 Fahrzeuge Linienbusse.

78% aller Fahrzeuge fuhren aus der Schumannstraße in den Zufahrtbereich ein, lediglich 22% der Fahrzeuge befuhren den Kreisverkehr. Aus der Zufahrt Schumannstraße fuhren 14% der 4528 Fahrzeuge über den Rechtsabbiege-Bypass am Kreisverkehr vorbei.

ÖPNV

Der ÖPNV am Kreisverkehr wird dominiert von der Straßenbahnquerung, zusätzlich verkehren aus der Schumannstraße rechts abbiegende Linienbusse. Während der Beobachtungszeit wurde lediglich 1 Bus bei der Ausfahrt der Schumannstraße von einem aus dem Kreis ausfahrenden Fahrzeug beeinträchtigt. Negativer wirkte sich ein direkt im Anschluss an die Zufahrt Schumannstraßen befindlicher Fußgängerüberweg aus. Durch querende Fußgänger kann es zu 4 Behinderungen der Linienfahrten (siehe Bild - A 45).

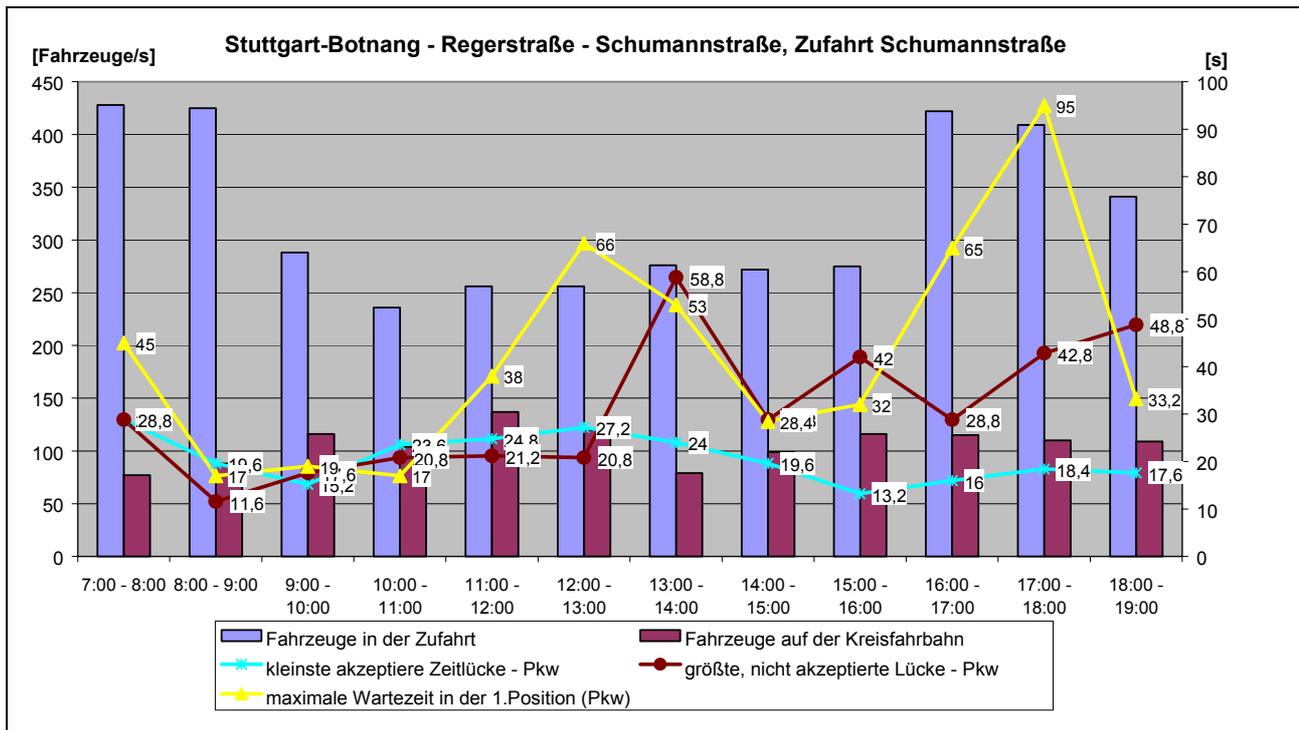


Abbildung - A 31: Stuttgart-Botnang, Kreisverkehr Regerstraße – Schumannstraße, Zufahrt Schumannstraße

### 3.12.2 Zufahrt Regerstraße

Bus hält aufgrund querender Straßenbahn



Bild - A 46: Zufahrt Regerstraße West

In der Zufahrt Regerstraße West treten zeitweise lange Wartezeiten für zufahrende Fahrzeuge an der Kreislinie auf. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn nach einer Straßenbahnquerung ein in der Zufahrt Schumannstraße entstandener Pulk über die Kreisfahrbahn vorfahrberechtigt in Richtung Regerstraße Ost fährt.

### Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke in der Zufahrt betrug 177 Kfz je Stunde. Die Kreisfahrbahn befuhren 279 Kfz pro Stunde. In der Zufahrt verkehrten 24 Busse während der 8-stündigen Auswertzeit. Davon kamen lediglich 2 Busse zum Halt an der Kreisfahrbahn (8%). Von den 1444 ausgewerteten Pkw mussten

183 (12%) an der Kreisfahrbahn verkehrsbedingt anhalten.

### ÖPNV

Bei 149 auswertbaren Straßenbahnquerungen kamen 221 Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn vor der Straßenbahnquerung zum Halt. Da die Kreisfahrbahn überbreit gestaltet ist, konnten während der Sperrzeit 122 Fahrzeuge die haltenden Fahrzeuge außen passieren, so dass für diese Fahrzeuge keine Wartezeiten entstanden.

### 3.12.3 Fazit

Der Kreisverkehrsplatz Regerstraße – Schumannstraße zeigt, dass auch über kleine Kreisverkehrsplätze eine Straßenbahn geführt werden kann. Durch die Kombination aus Sonderfahrstreifen, überbreiter Fahrbahn, Bypässen und Lichtsignalanlage können viele Verkehrsbeziehungen während ÖV-bedingter Sperrzeiten aufrecht erhalten werden. Die Lichtsignalanlagen werden trotz teilweise langen Vorlaufes (Zeit zwischen Rotsignal und Straßenbahnankunft bis zu 79s) respektiert. Diese Lösung könnte auch für Linienbusse, die in Mittel-lage über einen Kreisverkehr geführt werden sollen, Anwendung finden.

### 3.13 Wolfen, Oppenheimer Straße - Thälmann Straße

DTV [Kfz/24h]	k.A.
Außendurchmesser [m]	28m
Fahrbahnbreite [m]	7
Besonderheit	2 Zufahrten mit parallelen IV- und ÖV-Spuren



Bild - A 47: Kreisverkehr Oppenheimer Straße - Thälmann Straße

Der Kreisverkehr ist geprägt durch separate Busspuren in den Zufahrten Oppenheimer Straße West und Oppenheimer Straße Ost. Diese sind bis zur Kreisfahrbahn vorgezogen. Auf die einstreifige Kreisfahrbahn führen somit zweistreifige Zufahrten zu.

In der östlichen Zufahrt führt die ÖV-Spur gerade auf den Kreisverkehr zu, in der westlichen Zufahrt versetzt die Spur um eine Fahrstreifenbreite unmittelbar vor dem Kreisverkehr.

Die ÖV-Spuren sollen dem Linienbus unabhängig vom IV-Verkehr in der Zufahrt ein direktes Einfahren in den Kreisverkehr ermöglichen.

### Geometrie

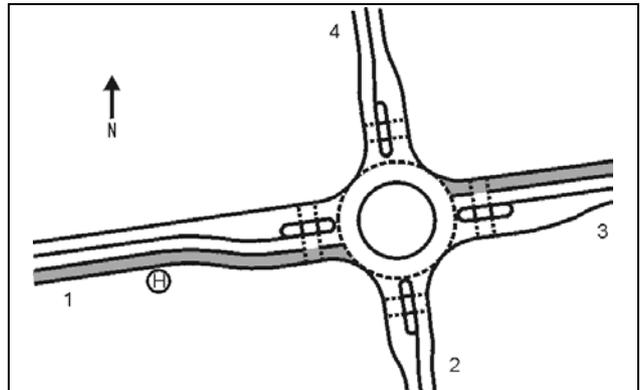


Abbildung 13: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
28	14	5	2	
Zufahrten				
	Oppenheimer Straße (West)	Thälmannstraße (Süd)	Oppenheimer Straße (Ost)	Thälmannstraße (Nord)
	1	2	3	4
ÖPNV	ja	nein	ja	nein
R <sub>Z</sub> [m]	12	12	12	12
R <sub>A</sub> [m]	12	12	12	12
b <sub>Z</sub> [m]	6,5 (2 FS), markiert	3,25	6,5 (2 FS), markiert	3,25
b <sub>A</sub> [m]	4,5	4,5	4,5	4,5
Fahrbahnleiter	ja	ja	ja	ja
Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)				
Zufahrt	2374	-	-	-
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	-	-	-	-
Spitzenstundenbelastung				
Spitzen-h	16-17 Uhr	-	-	-
Zufahrt	370	-	-	-
Ausfahrt	-	-	-	-
Kreis	-	-	-	-
beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)				
haltende Busse	2	-	-	-
durchfahrende Busse	29	-	-	-
haltende Pkw	92	-	-	-
durchfahrende Pkw	2282	-	-	-
kleinste akzeptierte Zeitlücke				
Pkw	1,2	-	-	-
Bus	1	-	-	-
größte nicht akzeptierte Zeitlücke				
Pkw	13,6	-	-	-
Bus	13,6	-	-	-

Unfälle	1997	1998	1999	2000
- gesamt	--	--	--	3
- mit ÖPNV	--	--	--	0

Tabelle - A 35:

3.13.1 Zufahrt Oppenheimer Straße (Ost)



In der Zufahrt Oppenheimer Straße sind die beiden Fahrstreifen lediglich durch einen Breitstrich voneinander getrennt. Die Zufahrt führt dem Merkblatt kleiner Kreisverkehre entsprechend radial auf den Kreismittelpunkt zu. Durch die ÖV-Spur entsteht allerdings eine Zufahrtbreite von 6,5m.

Mehrfach wurde beobachtet, das die Kfz die ÖPNV-Spur schneiden. Das Überfahren der ÖV-Spur trat dabei unabhängig von der Anwesenheit von Linienbussen auf, wie Bild - A 49 zeigt.

Die vollständige Funktion der Busspur ist hier also nicht gewährleistet, der Busfahrer muss stets mit Fahrzeugen auf der ÖV-Spur rechnen, die ihn an der zügigen Einfahrt hindern.

Wolfen - Thälmannstraße-Oppenheimer Straße Ost

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Pkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Pkw mit Halt	Lkw ohne Halt	akzeptierte Lücke - Bus	akzeptierte Lücke - Pkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Pkw
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	65	2	19	0	65	0	0	0	65	0	0	0	0
10:00 - 11:00	190	75	161	8	186	0	4	7	179	0	4,4	0	6
11:00 - 12:00	256	75	145	2	254	1	1	4	250	6	0	2,4	5
12:00 - 13:00	183	82	137	4	181	0	2	3	178	0	2,4	0	4
13:00 - 14:00	295	65	147	8	291	0	4	5	286	4	6	0	8
14:00 - 15:00	272	103	164	6	268	1	3	14	254	3,2	4,8	1,6	6
15:00 - 16:00	347	113	166	4	343	2	2	15	328	4,8	0	2	6
16:00 - 17:00	373	141	150	6	370	0	3	17	353	5,2	6,8	0	7
17:00 - 18:00	323	136	155	6	320	0	3	27	293	3,6	4	0	9
18:00 - 19:00	99	55	55	4	97	0	2	5	92	0	0	0	4
Summe	2403	847	1299	48	2375	4	24	97	2278				
Minimum										3,2	2,4		
Maximum												2,4	9

Tabelle - A 36: Kreisverkehr Wolfen, Oppenheimer-Thälmann, Zufahrt Ost



Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke in der Kreisfahrbahn beträgt im Mittel 19% des gesamten Fahrzeugaufkommens im Zufahrtbereich. 53% der Fahrzeuge im Zufahrtbereich nutzen die Zufahrt, während 29% an der Ausfahrt Oppenheimer Straße Ost den Kreisverkehr verlassen.

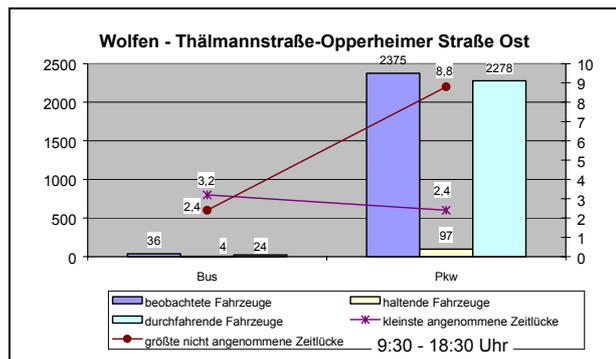


Abbildung - A 32: Wolfen, Oppenheimer-Thälmann, Zufahrt Ost

3.13.2 Zufahrt Oppenheimer Straße (West)

Parallele IV- und ÖV-Fahstreifen, Markierung bis zur Kreisfahrbahn durchgezogen



Bild - A 51: Kreisverkehr Oppenheimer-Thälmann, Zufahrt West

Unmittelbar vor dem Kreisverkehr wird in der westlichen Zufahrt der Oppenheimer Straße die Fahrspuren um eine Fahrspurbreite versetzt. Dadurch ergeben sich für zufahrende Fahrzeuge 2 Richtungswechsel auf sehr kurzem Raum.

Die Zufahrt ist radial auf den Kreismittelpunkt ausgerichtet, allerdings ermöglicht die breite Zufahrt mit der lediglich markierungstechnisch getrennten IV- und ÖV Spuren eine tangentielle Zufahrt (Bild - A 51). Diese Überführung der Fahrstreifenbegrenzungslinie trat bei 69% aller zufahrenden Fahrzeuge mit mindestens 2 Reifen, bei weiteren 17% sogar vollständig mit allen 4 Reifen auf.

Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	akzeptierte Lücke - Bus	akzeptierte Lücke - Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - Lkw
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	88	22	51	1	3	0	1	0	3	8	3,2	0	0
10:00 - 11:00	285	109	209	3	18	0	3	2	16	81	6	0	2
11:00 - 12:00	265	112	222	5	18	0	5	3	15	56	3,2	0	22
12:00 - 13:00	251	96	194	4	16	0	4	1	15	83	2,4	0	0
13:00 - 14:00	271	117	220	6	8	1	5	2	6	120	6	8,8	4
14:00 - 15:00	367	141	263	3	18	2	1	2	16	80	3,2	10	32
15:00 - 16:00	387	164	303	5	6	2	3	1	5	150	10	21	4
16:00 - 17:00	326	140	325	3	6	1	2	1	5	118	12,4	22	6
17:00 - 18:00	322	160	346	4	0	0	4	0	0	72	8,8	4,4	0
18:00 - 19:00	132	41	124	2	3	0	2	1	2	0	0	0	0
Summe	2694	1102	2257	36	96	6	30	13	83				
Minimum										8	2,4		
Maximum												22	32

Tabelle - A 37: Wolfen, Oppenheimer-Thälmann, Zufahrt West

Verkehrsstärke

Die Verkehrsstärke in der Kreisfahrbahn beträgt im Mittel 18% des gesamten Fahrzeugaufkommens im Zufahrtbereich. 45% der Fahrzeuge im Zufahrtbereich nutzen die Zufahrt, während 37% an der Ausfahrt Oppenheimer Straße Ost den Kreisverkehr verlassen. Insgesamt konnten 6053 Fahrten ausgewertet werden.

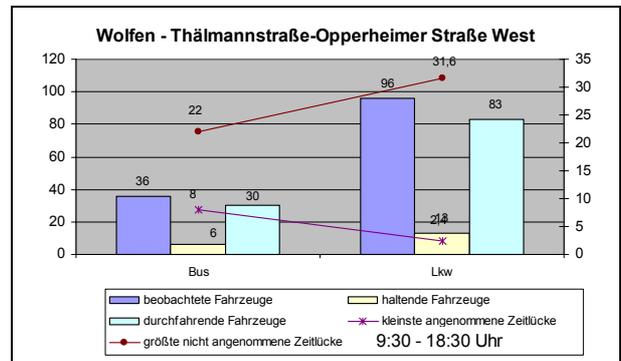


Abbildung - A 33: Wolfen, Oppenheimer-Thälmann, Zufahrt West

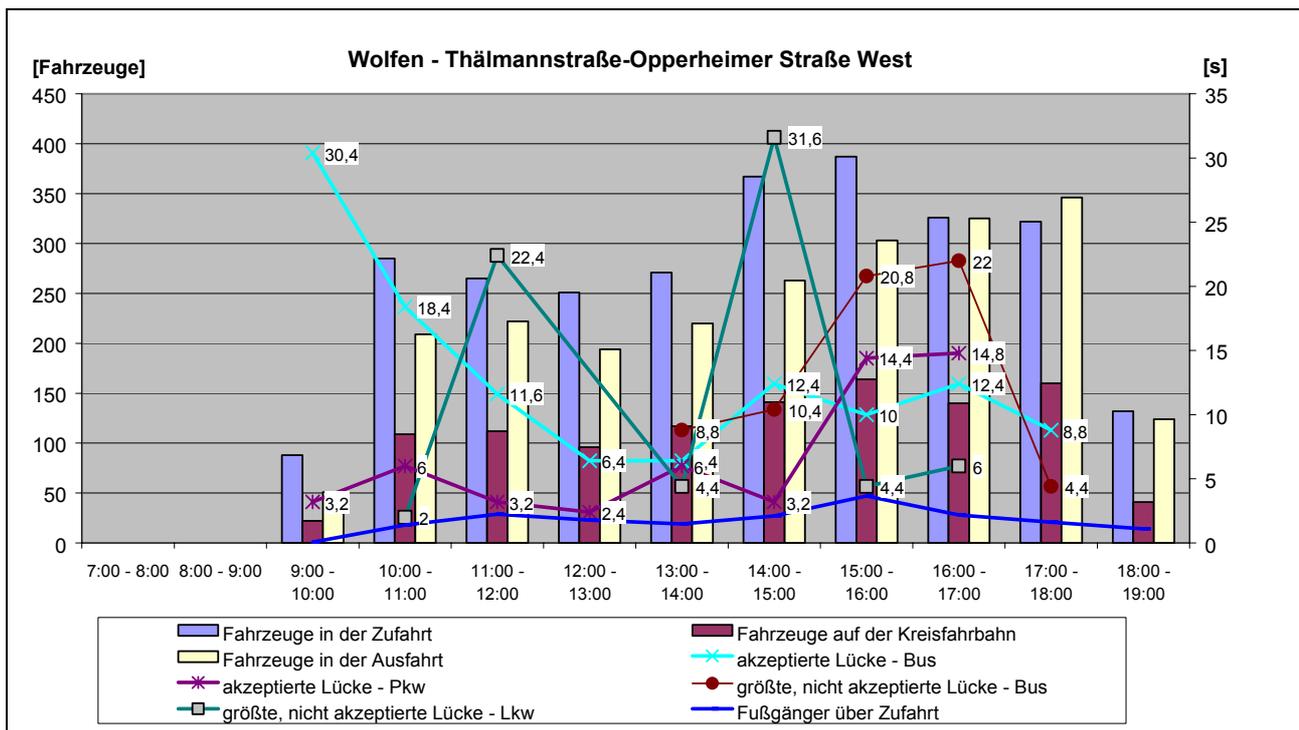


Abbildung - A 34: Wolfen, Thälmannstraße – Oppenheimer Straße, Zufahrt West

### 3.13.3 Fazit

Die Zufahrten Oppenheimer Straße Ost und Oppenheimer Straße West am Kreisverkehr Oppenheimer Straße – Thälmannstraße in Wolfen besitzen jeweils eine zweistreifige Fahrbahn mit getrennten IV- und ÖV-Spuren.

Diese Spuren sind über die Fußgängerquerungen hinweg bis zur Kreisfahrbahn markiert. Durch die beiden Fahrspuren wirkt der Zufahrtbereich sehr großzügig. Dies verleitet IV-Fahrzeuge, den eigenen Fahrstreifen zu verlassen und führt zum schneiden der ursprünglich radial ausgerichteten Fahrspuren. Dadurch entfällt der geschwindigkeitsdämpfende Effekt des Kreisverkehrs in weiten Teilen.

Aufgrund der geringen Belegung der Zufahrten, (kein Rückstau vor der Zufahrt) konnten die Linienbusse keine Beschleunigungen gegenüber andern Fahrzeugen erwirken.

Die markierungstechnische Trennung der IV- und ÖV – Spur erscheint an diesem Kreisverkehr nicht ausreichend, es kommt zur Fehlnutzung durch den IV. Die bauliche Trennung am Kreisverkehr Kronendorfer Straße wird deutlich seltener missachtet.

### 3.14 Wolfen, Krondorferstraße - Verbindungsstraße

DTV [Kfz/24h]	k.A.
Außendurchmesser [m]	27
Fahrbahnbreite [m]	8
Besonderheit	ÖV im Gegenverkehr in Verbindungsstraße



Bild - A 52: Kreisverkehr Wolfen, Krondorfer Straße – Verbindungsstraße

Die Zufahrt Verbindungsstraße zum Kreisverkehr Krondorfer Straße weist eine Einmaligkeit im Untersuchungsumfeld auf: Die in Seitenlage liegende einstreifige ÖV-Spur wird zeitversetzt in zwei Fahrrichtungen befahren. Vormittags nutzen die Linienbusse die ÖV-Spur in Richtung Kreisverkehr (Bild - A 53), nachmittags verkehren die Busse in entgegengesetzter Fahrrichtung.

### Geometrie

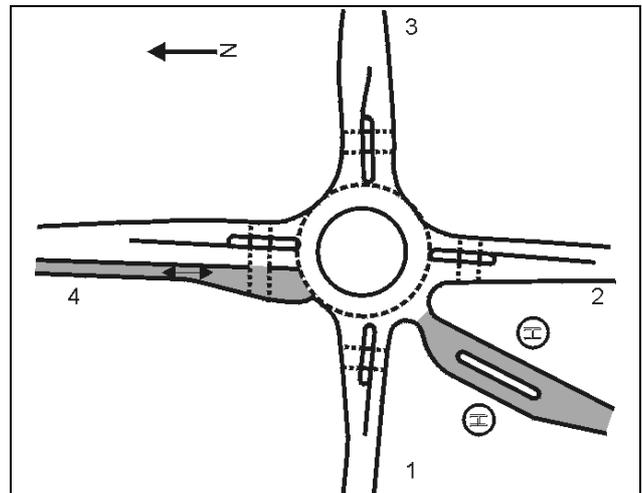


Abbildung 14: Skizze (Maßstab 1: 1500)

Außen-Ø [m]	Innen-Ø [m]	Kreisfahrbahn [m]	Aufpflasterung [m]	
27	11	4,5	3,5	
<b>Zufahrten</b>				
	Krondorfer Straße (West)	Reudener Straße	Krondorfer Straße (Ost)	Verbindungsstraße
	1	2	3	4
ÖPNV	nein	nein	nein	ja
R <sub>Z</sub> [m]	4	12	12	∞
R <sub>A</sub> [m]	12	3	14	12
b <sub>Z</sub> [m]	3	3	4	3,5 (IV)+5,5 (ÖV)
b <sub>A</sub> [m]	4	4	4,5	3
Fahrbahnsteiler	ja	ja	ja	ja
<b>Gesamtbelastung (7:00 – 19:00 Uhr)</b>				
Zufahrt	-	-	-	6188
Ausfahrt	-	-	-	6627
Kreis	-	-	-	1446
<b>Spitzenstundenbelastung</b>				
Spitzen-h	-	-	-	14-15Uhr
Zufahrt	-	-	-	600
Ausfahrt	-	-	-	770
Kreis	-	-	-	154
<b>beobachtete Fahrzeuge (LKW und Busse)</b>				
haltende Busse	-	-	-	14
durchfahrende Busse	-	-	-	30
haltende Lkw	-	-	-	-
durchfahrende Lkw	-	-	-	-
<b>kleinste akzeptierte Zeitlücke</b>				
Bus	-	-	-	4
Lkw	-	-	-	6,2
<b>größte nicht akzeptierte Zeitlücke</b>				
Bus	-	-	-	12
Lkw	-	-	-	14
<b>Unfälle</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
- gesamt	6	10	7	12
- mit ÖPNV	0	0	0	1

Tabelle - A 38: Wolfen, Krondorfer Straße -Verbindungsstraße

3.14.1 Zufahrt Verbindungsstraße

Pkw fahren bis zur Kreisfahrbahn vor und warten verkehrsbedingt, werden dabei von ÖV-Fahrzeug überholt



IV-Fahrzeug muss verkehrsbedingt warten, Linienbus nähert sich auf ÖV-Spur (oben)



ÖV- und IV- Fahrzeug warten verkehrsbedingt (Mitte)



Öv-Fahrzeug fährt vor dem IV-Fahrzeug in die Kreisfahrbahn ein (unten)

Bild - A 53: Kreisverkehr Krondorfer Straße – Verbindungsstraße

Wolfen - Krondorfer Straße Zufahrt: Verbindungsstraße															
Uhrzeit	Fahrzeuge in der Zufahrt	Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn	Fahrzeuge in der Ausfahrt	Busse in der Zufahrt	Lkw in der Zufahrt	Busse mit Halt	Busse ohne Halt	Lkw mit Halt	Lkw ohne Halt	Kleinste akzeptierte Lücke (überg. FZ fährt auf Kreisfahrbahn) [s]	Bus	Kleinste akzeptierte Lücke (überg. FZ fährt auf Kreisfahrbahn) [s]	Lkw	größte, nicht akzeptierte Lücke - Bus	größte, nicht akzeptierte Lücke - pkw
7:00 - 8:00	571	172	371	12	14	4	8	6	8	12,4	12,8	5	14		
8:00 - 9:00	407	97	347	4	7	1	3	4	3	10,8	0	6	6		
9:00 - 10:00	533	99	409	4	17	1	3	5	12	0	3,6	6	8		
10:00 - 11:00	541	139	515	4	8	0	4	1	7	10,8	0	0	5		
11:00 - 12:00	501	128	508	8	21	0	8	3	18	11,4	7,6	0	6		
12:00 - 13:00	507	99	532	6	7	2	4	5	2	7,2	0	6	8		
13:00 - 14:00	566	121	650	6	11	3	3	2	9	0	6,2	5	5		
14:00 - 15:00	600	154	770	9	5	2	7	2	3	8,4	0	6	4		
15:00 - 16:00	536	137	812	9	5	4	5	0	5	4	5,6	12	0		
16:00 - 17:00	581	121	703	3	1	1	2	1	0	0	0	8	6		
17:00 - 18:00	543	122	641	5	2	1	4	0	2	0	7,2	5	0		
18:00 - 19:00	302	57	369	1	3	0	1	1	2	0	5,2	0	4		
Summe	6188	1446	6627	71	101	19	52	30	71						
Minimum										4	6,2				
Maximum												12	14		

Tabelle - A 39: Wolfen, Kreisverkehr Krondorfer Straße - Verbindungsstraße

Verkehrsstärke

Der Zufahrtbereich Verbindungsstraße am Wolfener Kreisverkehr weist mit 14.261 Fahrzeugen in 12 Stunden die zweithöchste Belastung aller Zufahrtbereiche aus. Das Stundenmittel (1188 Kfz) unterliegt dabei erheblichen Schwankungen zwischen 728 Kfz zwischen 18:00 und 19:00 Uhr und 1524 Kfz zwischen 14:00 und 15:00 Uhr.

Im Tagesmittel nutzen 43% der Fahrzeuge die Zufahrt zum Kreisverkehr, 46% die Ausfahrt und lediglich 10% sind übergeordnete Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn. Allerdings unterliegen auch dies Werte einem ausgeprägten zeitlichen Richtungsbezug: In der Zeit von 7:00 bis 10:00 Uhr verkehren 50% der Fahrzeuge in der Zufahrt und lediglich 35% in der Ausfahrt, in den Abendstunden dreht sich dieses Verhältnis um.

Schwerverkehr

Der Schwerverkehrsanteil beträgt in der Zufahrt 2,8%. Davon stellen die Linienfahrzeuge 41%. Der Anteil der haltenden Fahrzeuge liegt mit 27% (Bus) bzw. 30% (Lkw) auf vergleichbarem Niveau.

ÖPNV

Im Stundenmittel verkehren 5,9 Busse in der Zufahrt Verbindungsstraße. In der Zeit von 7:00 bis 14:00 Uhr nutzen die zufahrenden Busse die ÖV-Spur, während ab 14 Uhr die IV-Spur mitgenutzt wird. Die ausfahrenden Busse verkehren ab 14:00 Uhr in entgegengesetzter Fahrtrichtung auf der ÖV-Spur. Dazu fahren die Busse an der Ausfahrt Verbindungsstraße vorbei, queren die einfahrenden Fahrzeuge vorfahrtsberechtig und biegen vor diesen in den ÖV-Fahrstreifen ein.

Der Anteil in 1. Position haltenden Linienbusse ändert sich kaum: Auf der ÖV-Spur kamen 25% der Linienbusse zum Halt in 1. Position, während in den Nachmittagsstunden 29% der jetzt auf dem IV-Fahrstreifen fahrenden ÖV-Fahrzeuge vor der Einfahrt in die Kreisfahrbahn halten mussten.

Deutlich änderte sich hingegen die Fahrzeit der Fahrzeuge, die diese für die Befahrung der Zufahrt benötigten:

Linienbusse benötigten auf der ÖV-Spur im Schnitt 13,5s für einen Streckenabschnitt in der Zufahrt. Derselbe Streckenabschnitt wurde von Pkw in durchschnittlich 24,3s zurückgelegt.

Ursache hierfür war, dass während 25 von 41 Linienfahrten der Linienbus insgesamt 64 Fahrzeuge im IV-Rückstau überholen konnten. Durch die parallele Zufahrt wurden 342s Wartezeit eingespart, was einer durchschnittlichen Wartezeitreduzierung von 11s je Fahrt entspricht. Neben der allgemeinen Reduzierung der Wartezeit je Fahrt eignet sich die getrennte ÖV-Spur besonders zur Verstetigung des Fahrplans durch Reduzierung von Spitzenwartezeiten: Es konnten bei sechs Fahrten Wartezeiten von jeweils mehr als 30s eingespart werden!

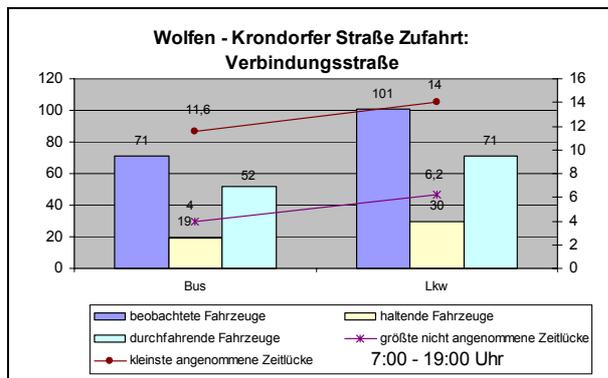


Abbildung - A 35: Wolfen, Krondorfer Straße – Verbindungsstraße

In den Nachmittagsstunden wird die ÖV-Spur in entgegengesetzter Fahrtrichtung genutzt (Bild - A 53). Auf dem beobachteten Teilstück stellten sich in der regulären Ausfahrt keine Rückstauungen ein, die diese Maßnahme begründet hätten.

Durch die Umlegung der Fahrtrichtung müssen ab 14:00 Uhr zum Kreis zufahrende Linienbusse die IV-Spur mitnutzen. Im Beobachtungszeitraum von 14:00 bis 19:00 Uhr konnten 20 zufahrende Busse ausgewertet werden. Bei 11 dieser Fahrten traten Beeinträchtigungen durch vorausfahrende Fahrzeuge auf. Insgesamt ergaben sich bei diesen 20 Fahrten 200s Wartezeit für die zufahrenden Linienbusse. 4 mal wurden Wartezeiten von mehr als 30s verursacht. Bei Fortsetzung der Morgenregelung hätte die Fahrzeit erheblich verstetigt und reduziert werden können.



Linien-Gelenkbus fährt aus der Kreisfahrbahn in die ÖV-Spur ein



Linienbus schneidet die IV-Zufahrt (Mitte)



Linienbus fährt ab 14:Uhr in Fahrtrichtung Kreisverkehr über IV-Fahrstreifen.

Bild - A 54: Kreisverkehr Krondorfer Straße – Verbindungsstraße

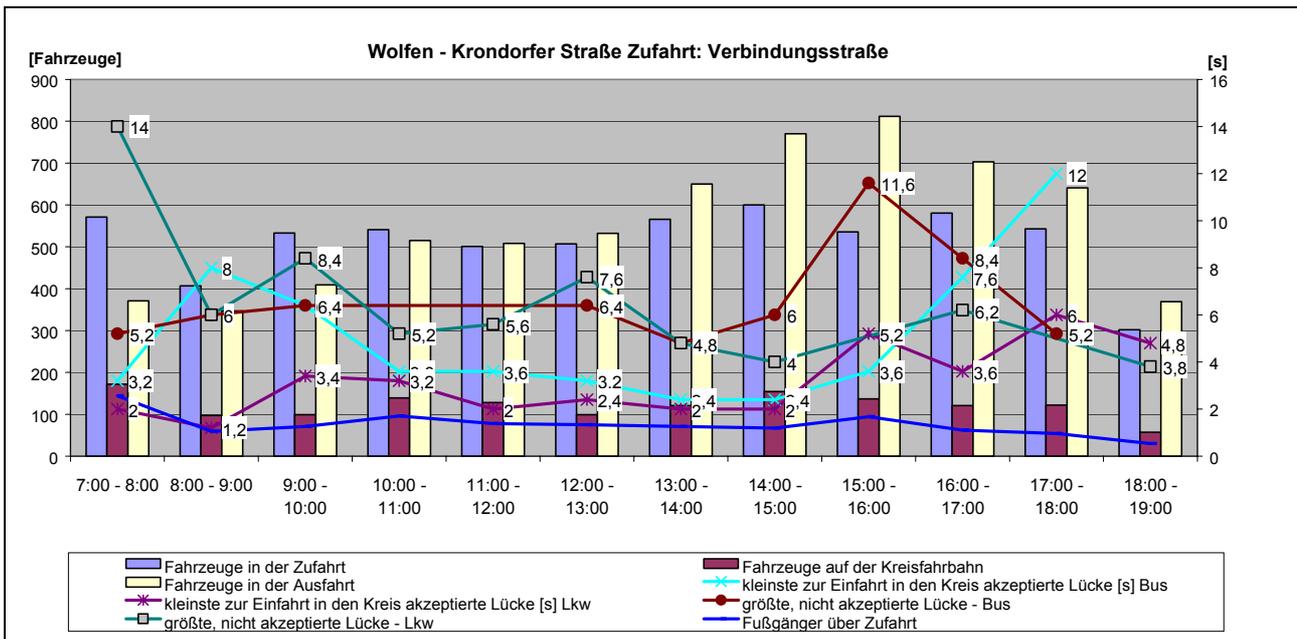


Abbildung - A 36: Wolfen; , Krondorfer Straße – Verbindungsstraße

### 3.14.2 Fazit

Die Zufahrt Verbindungsstraße an Kreisverkehr Krondorfer Straße in Wolfen besitzt als einzige untersuchte Zufahrt eine seitliche ÖV-Spur, die in wechselnder Fahrtrichtung befahren wird.

Durch die ÖV-Spur werden Wartezeitreduzierungen von durchschnittlich 11 Sekunden realisiert. Ebenso wichtig ist die Vermeidung von Spitzenwartezeiten: Bei 15% der Linienbusfahrten konnten Wartezeiten von mehr als 30s je Fahrt durch die ÖV-Spur vermieden werden.

Die Wirkung der umgekehrten Fahrtrichtung in den Nachmittagsstunden konnte nicht dokumentiert werden. Allerdings hat der Verzicht der Nutzung der ÖV-Spur durch zufahrenden Busse zu einer vermeidbaren Wartezeit von 200s bei 20 Bussen geführt. Hier ergaben sich bei 20% der Fahrten Spitzenwartezeiten von mehr als 30s. Gerade diese uneinheitlichen Wartezeiten an Kreisverkehren lassen sich durch die Anlage ausreichend langer ÖV-Spuren vermeiden.

Trotz der baulichen Trennung durch eine Rinne schneiden IV-Fahrzeuge gelegentlich die ÖV-Spur um durch eine tangentialere Einfahrt den Kreis schneller und dynamischer zu passieren, allerdings deutlich seltener als am Kreisverkehr Oppenheimer Straße.

Ein besonderes Problem der parallelen, bis zum Kreisverkehr vorgezogenen ÖV-Spur besteht darin, dass sich die Busse nach Überholen des IV-Rückstaus nicht im Blickfeld des vordersten Fahrzeugs befinden, welches in den Kreisverkehr einfahren möchte. Die Busse können daher nicht unbremst in den Kreis einfahren, obwohl dies aus fahrdynamischen Gesichtspunkten (Zufahrt für die

Busse ist annähernd tangential) möglich wäre. Behinderungen zwischen dem 1. schon in der Zufahrt wartendem IV-Fahrzeug und einem nachträglich in der ÖV-Spur in den Einfahrtbereich einfahrenden ÖV-Fahrzeugen traten bei 6 von 71 ÖV-Fahrten auf. Konflikte konnten durch die Übersicht der Busfahrer vermieden werden. Bereits beim 2. IV-Fahrzeug besteht diese Problematik nicht mehr, der Linienbus steht so weit vor dem Fahrzeug, dass der Fahrer den Bus bei üblicher Beobachtung des Verkehrsgeschehens rechtzeitig wahrnehmen konnte. Sobald die Busse im Blickfeld des parallelen IV-Fahrzeuges sind, wird ihnen bei der Einfahrt in den Kreisverkehr Vorfahrt gewährt.





## Anhang 4 Empirie

Auswertung	Bottrop - Kirchheller Straße - Eichenstraße; Zufahrt: Ra-debrook str.	Bottrop - Kirchheller Straße - Eichenstraße; Zufahrt: Eichenstraße	Esslingen - Wäl-denbron-ner Straße; Zufahrt Wäl-denbron-ner Straße Nord	Leverkuse-n - Kùppersteg, Zufahrt: Hardenberg (Nord)	Leverkuse-n - Felderstraße, Zufahrt Wupperstraße	Leverkuse-n - Bis-marckstr . - Ro-ber-t-Blum-Str. Zufahrt: Robert-Blum.Str .	Leverkuse-n - Bis-marckstraße - Robert-Blum-Straße, Zufahrt Bis-marckstr .	Münster - Ludgeri-platz, Zufahrt: Schor-lemer Straße	Ober-hausen - Concor-dia-Hansa-straße Zufahrt: Concor-diastr. - Ost	Ober-hausen - Concor-dia - Han-sastr. Zufahrt: Concor-diastr. West	Rem-scheid - Bahn-hofsplatz - Willy-Brandt-Platz	Saar-brücken Gùdìn-gen-Unner	Stuttgart - Daim-ler-Deckerstrasse / Zufahrt: Daimler-Straße	Daimler - Deckerstrasse, Zufahrt: Bahn-hofstraße	Stuttgart - Regerstraße - Beetho-venstraße	Stutt-gart-Botnang - Regerstraße - Schu-mannstraße, Zufahrt Schu-mannstraße	Wolfen - Thäl-mannstraße-Op-perheimer Straße West	Wolfen - Thäl-mannstraße-Op-perheimer Straße Ost	Wolfen - Krondorfer Straße Zufahrt: Verbindungsstraße
Erhebungszeit	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	9:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7-12:30+15-19	7:00 - 19:00 Uhr	7-9,11-13,16-18 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr	9:00 - 19:00 Uhr	9:00 - 19:00 Uhr	7:00 - 19:00 Uhr
Erhebungsdauer [h]	12:00	12:00	12:00	12:00	10:00	12:00	12:00	12:00	9:30	12:00	6:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	10:00	10:00	12:00
Verkehrsbelastung																			
Zufahrt	1389	2905	2166	1691	457	6627	5068	7843	5367	6252	6316	6400	6960	3349	4390	4500	2694	2403	6188
Kreisfahrbahn	2518	861	3622	4567	2059	1172	3020	13315	1701	5658	0	1138	2607	7603	5304	1270	1102	847	1446
Ausfahrt	1246	2123	2266	2823	572	6582	4827	4647	7095	5994	0	5711	4851	2222	0	0	2257	1299	6627
Fußgänger	269	353	548	1499	1257	337	252	6772	329	424	0	0	2515	1773	0	0	227	0	901
Kfz-Summe	5153	5889	8054	9081	3088	14381	12915	25805	14163	17904	6316	13249	14418	13174	9694	5770	6053	4549	14261
Mittelwerte je Stunde																			
Zufahrt	115	242	176	141	36	552	418	653	513	520	514	531	570	277	428	375	285	256	516
Kreisfahrbahn	211	71	293	381	167	98	249	1128	172	478	0	91	215	635	368	106	118	88	126
Ausfahrt	104	177	189	235	48	549	402	387	710	500	0	476	404	185	0	0	226	130	552
Fußgänger	22	29	46	125	126	28	21	0	23	11	0	0	210	148	0	0	2	1	0
Minimum																			
Zufahrt	80	168	150	104	0	422	335	440	193	371	336	305	440	164	305	285	88	65	407
Kreisfahrbahn	168	52	199	293	0	64	150	864	61	346	0	31	133	534	294	79	22	2	97
Ausfahrt	83	0	145	182	0	472	324	332	265	277	0	332	301	133	0	0	51	19	347
Fußgänger	13	18	12	97	33	15	8	0	10	9	0	0	158	116	0	0	0	0	0
Maximum																			
Zufahrt	150	321	228	163	76	722	615	745	804	645	747	777	843	360	695	519	387	373	600
Kreisfahrbahn	281	92	409	531	255	165	362	1268	287	593	0	144	280	709	475	137	164	141	172
Ausfahrt	134	346	266	302	79	669	626	474	1008	672	0	965	481	212	0	0	346	166	812
Fußgänger	35	42	61	165	215	41	36	781	50	77	0	0	327	208	0	0	47	0	144

Auswertung	Bottrop - Kirchheller Straße - Eichenstraße; Zufahrt: Ra-debrooks tr.	Bottrop - Kirchheller Straße - Eichenstraße; Zufahrt: Eichenstraße	Esslingen - Wäldenbronner Straße; Zufahrt: Wäldenbronner Straße Nord	Leverku-sen - Kuppersteg, Zufahrt: Hardenberg (Nord)	Leverku-sen - Felderstraße, Zufahrt: Wupperstraße	Leverku-sen - Bismarckstr. - Robert-Blum-Str. Zufahrt: Robert-Blum.Str.	Leverku-sen - Bismarckstraße - Robert-Blum-Straße, Zufahrt Bismarckstr.	Münster - Ludgeriplatz, Zufahrt: Schorlemer Straße	Oberhausen - Concordia-Hansastraße Zufahrt: Concordiastr. - Ost	Oberhausen - Concordia - Hansastr. Zufahrt: Concordiastr. West	Remscheid - Bahnhofsplatz - Willy-Brandt-Platz	Saarbrücken - Gündingen-Unner	Stuttgart - Daimler-Deckerstrasse / Zufahrt: Daimler-Straße	Daimler - Deckerstraße, Zufahrt: Bahnhofstraße	Stuttgart - Regerstraße - Beethovenstraße	Stuttgart - Botnang - Regerstraße - Schumannstraße, Zufahrt Schumannstraße	Wolfen - Thälmannstraße - Opperheimer Straße West	Wolfen - Thälmannstraße - Opperheimer Straße Ost	Wolfen - Krondorfer Straße Zufahrt: Verbindungsstraße
Ausgewertete Fahrzeuge																			
Busse	25	28	57	81	124	84	49	410	226	135	1529	52	48	45	0	0	36	28	71
Lkw	7	26	30	35	4	150	167	0	43	63	0	0	152	38	0	0	96	0	101
Pkw	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8600	6348	0	0	9694	3884	0	2375	0
BUS																			
Halte	5	1	10	28	12	19	17	60	56	66	1529	27	7	15	0	0	6	4	19
Durchfahrt	20	27	47	53	112	65	32	350	170	69	0	25	41	30	0	0	30	24	52
Halte [%]	20%	4%	18%	35%	10%	23%	35%	15%	25%	49%	100%	52%	15%	33%	0%	0%	17%	14%	27%
Durchfahrt [%]	80%	96%	82%	65%	90%	77%	65%	85%	75%	51%	0%	48%	85%	67%	0%	0%	83%	86%	73%
LKW																			
Halte	2	2	10	8	1	19	44	0	1	16	0	0	16	10	0	0	13	0	30
Durchfahrt	5	24	20	27	3	131	123	0	42	47	0	0	136	28	0	0	83	0	33
Halte [%]	29%	8%	33%	23%	25%	13%	26%	0%	2%	25%	0%	0%	11%	26%	0%	0%	14%	0%	30%
Durchfahrt [%]	71%	92%	67%	77%	75%	87%	74%	0%	98%	75%	0%	0%	89%	74%	0%	0%	86%	0%	33%
PKW																			
Halte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8600	363	0	0	1295	419	0	97	0
Durchfahrt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5985	0	0	8399	3465	0	2278	0
Halte [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100%	6%	0%	0%	13%	11%	0%	4%	0%
Durchfahrt [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	94%	0%	0%	87%	89%	0%	96%	0%
Fußgänger																			
Behinderungen durch Fußgänger	3	0	0	9	3	10	6	149	9	5	0	3	2	0	0	0	0	26	0
[%]	9,38%	0	0	7,76%	2,34%	4,27%	2,78%	36,34%	3,35%	2,53%	0	5,77%	1,00%	0	0	0	0	1,08%	0





## Anhang 5 Auswertung

Folgende Abbildungen und Diagramme stellen die Ergebnisse der empirischen Auswertungen für die Zufahrten der Kreisverkehre zusammen. Unterschieden wird dabei nach einstreifigen Zufahrten, ohne ÖV-beschleunigende Maßnahmen, nach getrennten oder gemischten zweistreifigen Zufahren

für IV und ÖV sowie nach Sonderfällen. Dies sind die Leverkusener Lösungen am Kreisverkehr Robert-Blumstraße, die zweistreifige Zufahrt in Münster als Radstreifen mit Busberechtigung sowie die Kreisverkehre in Stuttgart mit Straßenbahnverkehr.

### 5.1 Einstreifige Zufahrten

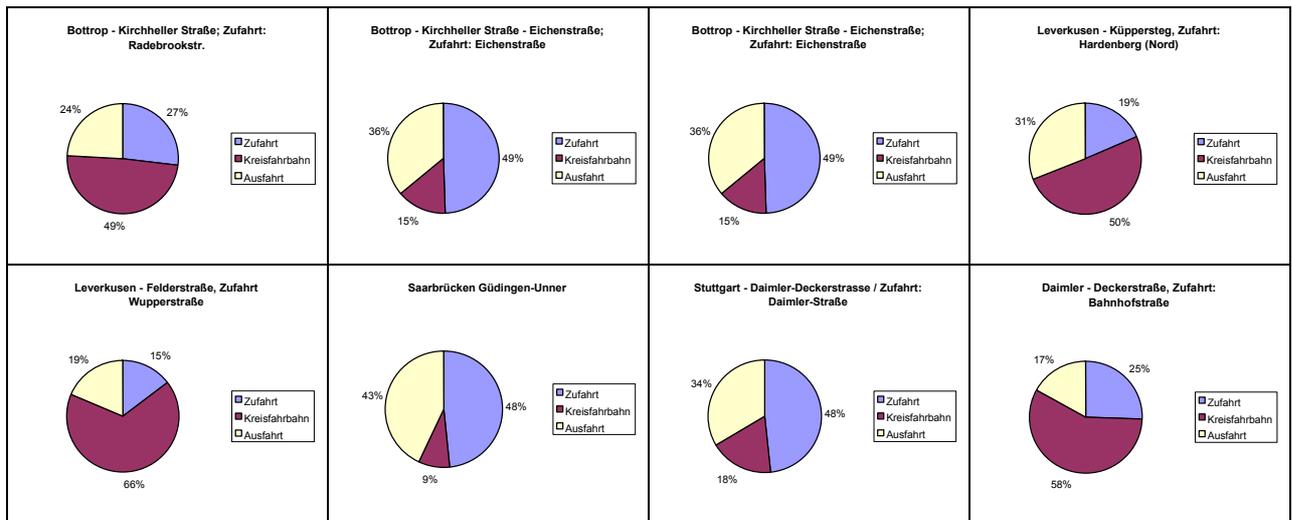


Abbildung - A 37: Verkehrsströme im Zufahrtbereich

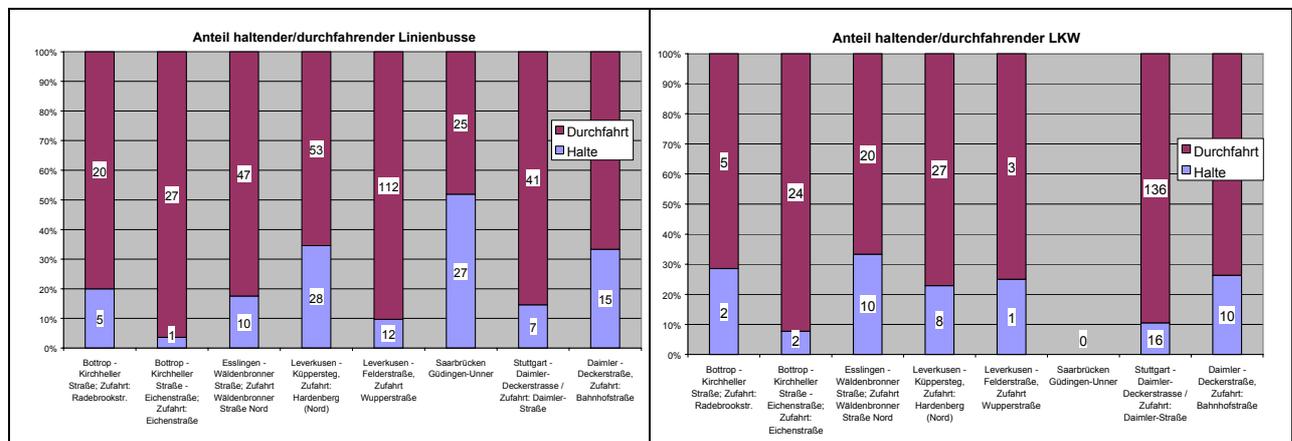


Abbildung - A 38: Haltende und durchfahrende Schwerverkehrsfahrzeuge in der Einfahrt

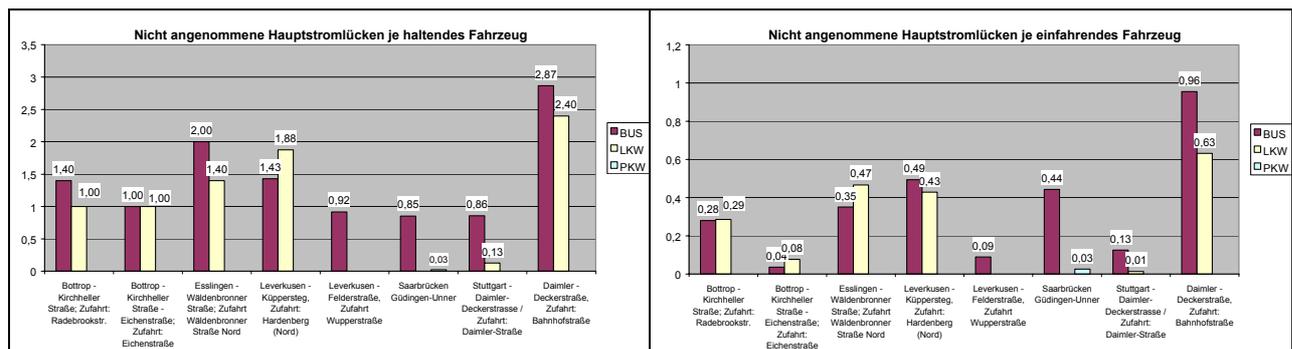


Abbildung - A 39: abgelehnte Lücken im Hauptstrom

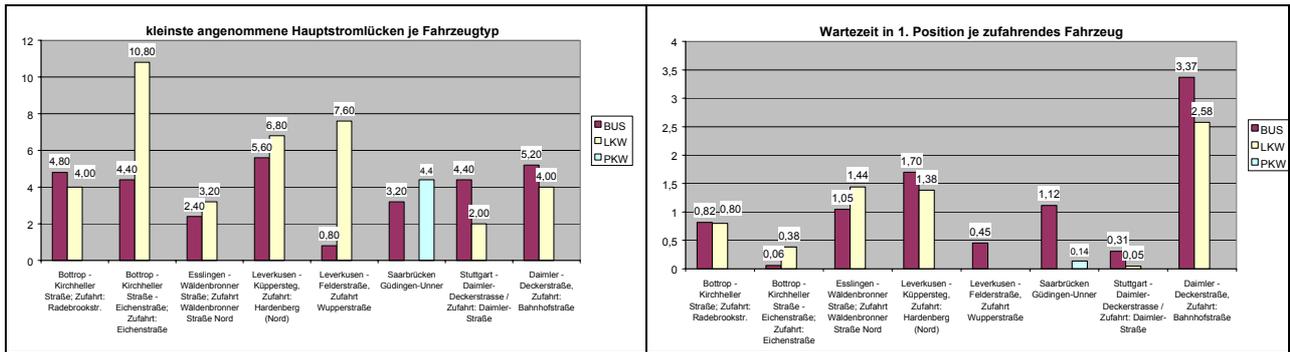
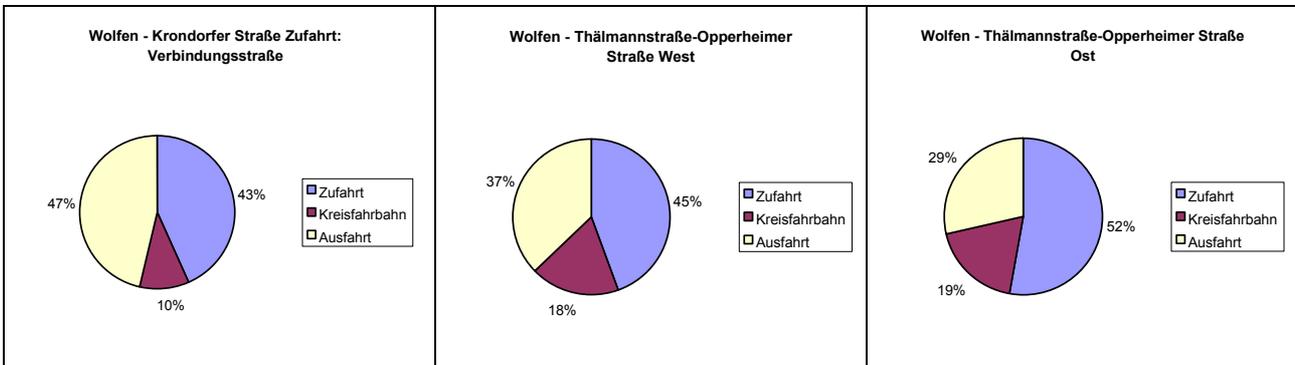
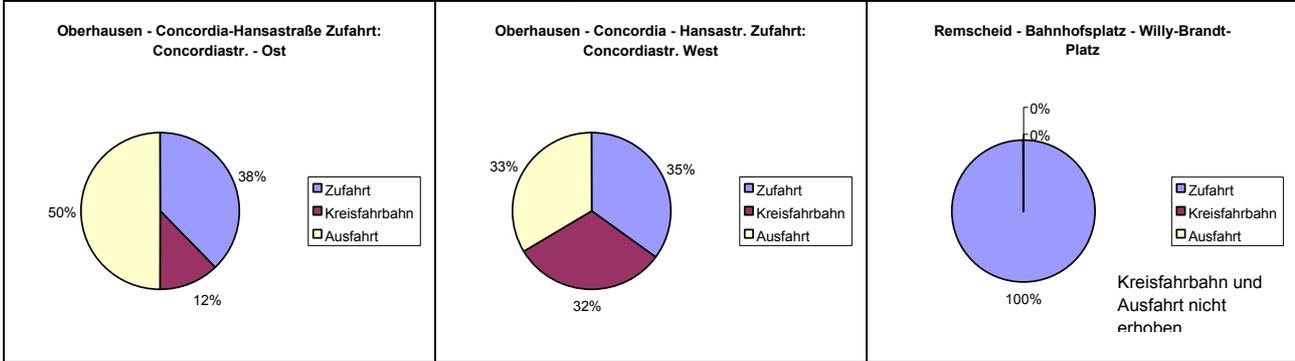


Abbildung - A 40: Akzeptierte Zeittlücken (links) - kleinste Wartezeit je Kreisverkehr (rechts)

## 5.2 Zweistreifige Zufahrten



### Zufahrten mit getrennten Fahrstreifen (Vorfahrtgeregelt)



### Zufahrten mit gemischten Fahrstreifen (Vorfahrtgeregelt)

### Signalisierte getrennte Zufahrten

Abbildung - A 41: Verkehrsströme im Zufahrtbereich

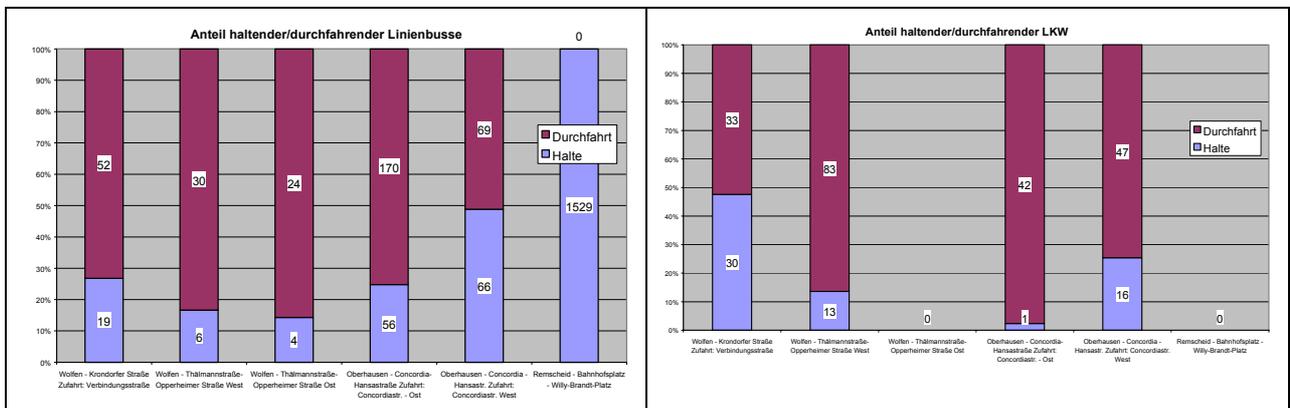


Abbildung - A 42: Haltende und durchfahrende Schwerverkehrsfahrzeuge in der Einfahrt

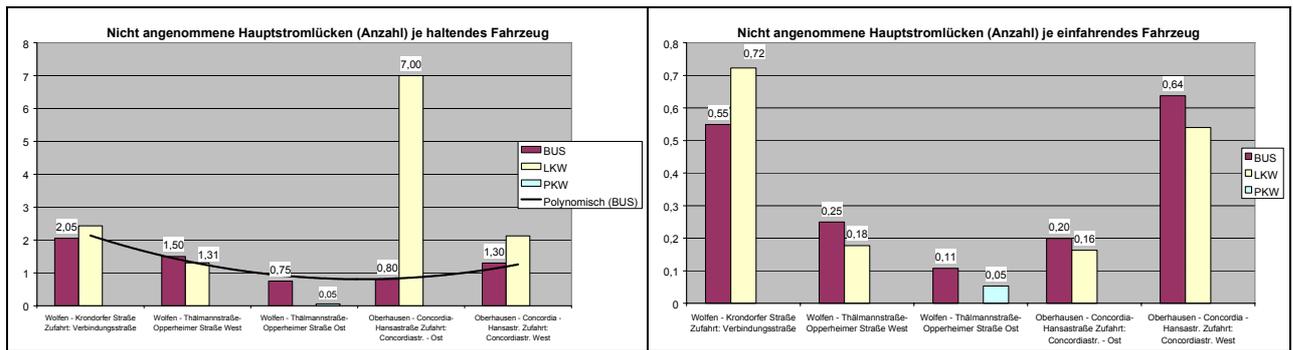


Abbildung - A 43: abgelehnte Lücken im Hauptstrom

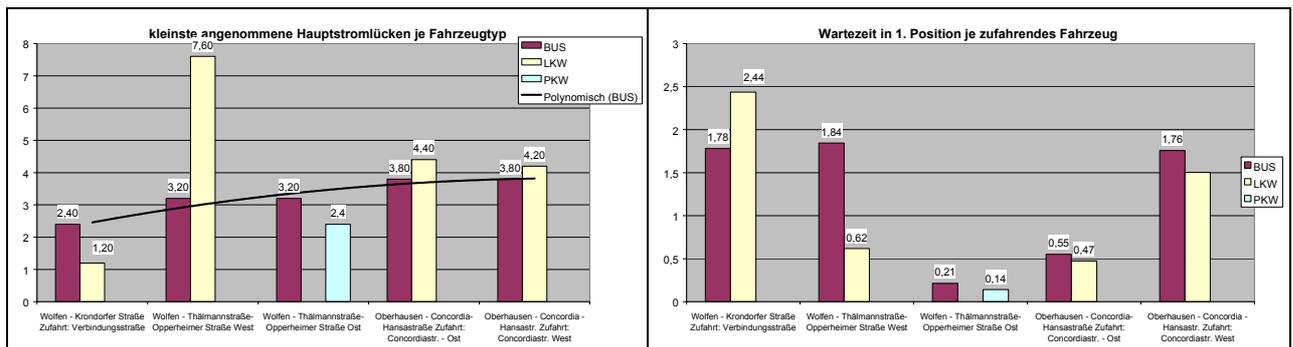


Abbildung - A 44: Akzeptierte Zeittücken (links) - kleinste Wartezeit am Kreisverkehr (rechts)

### 5.3 Sonderlösungen

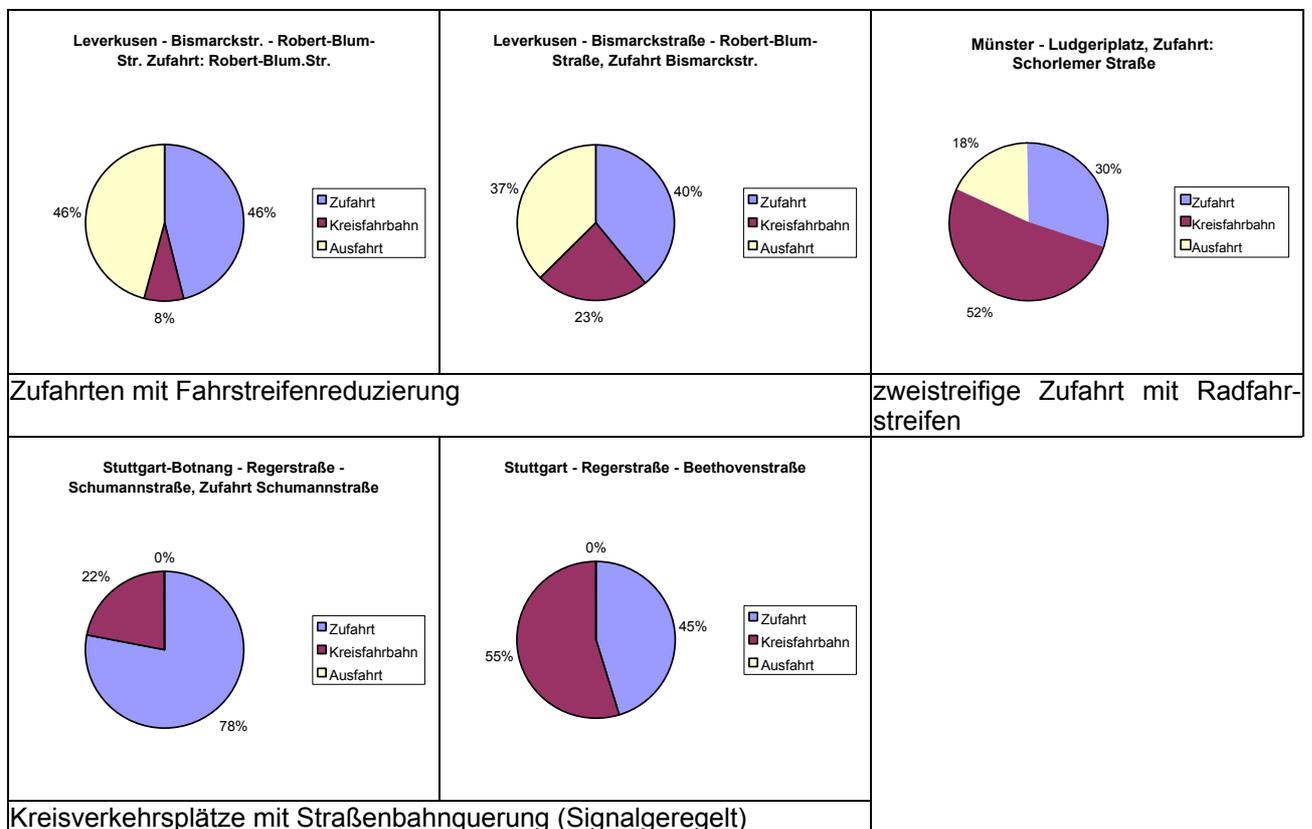


Abbildung - A 45: Verkehrsströme im Zufahrtbereich

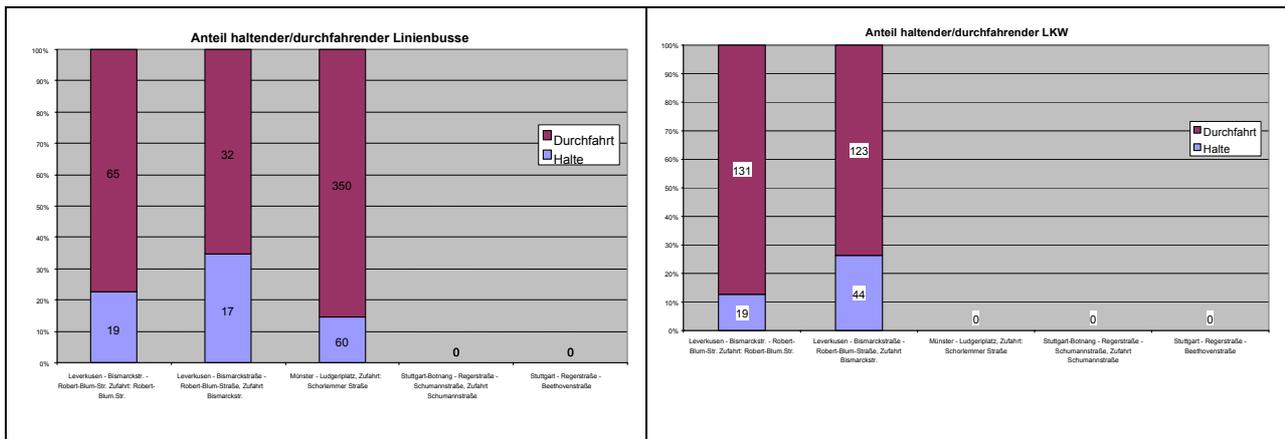


Abbildung - A 46: Haltende und durchfahrende Schwerverkehrsfahrzeuge in der Einfahrt

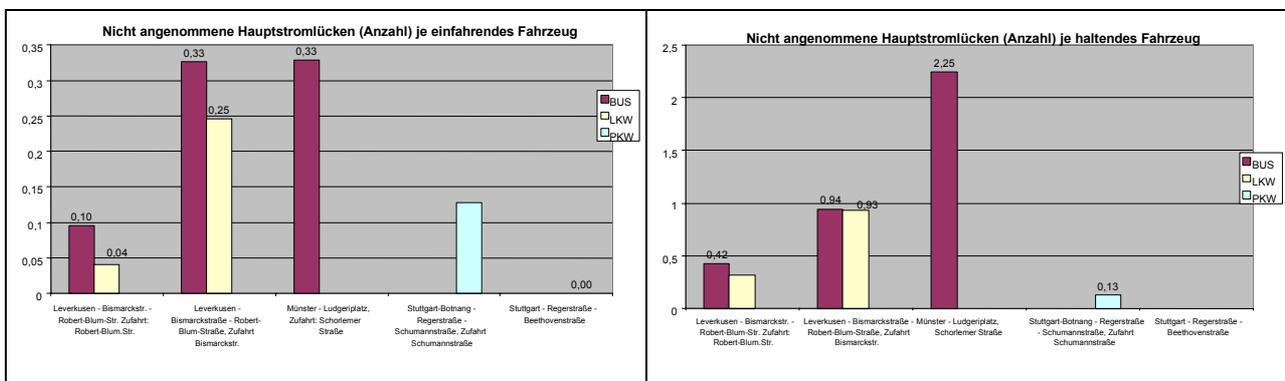


Abbildung - A 47: abgelehnte Lücken im Hauptstrom

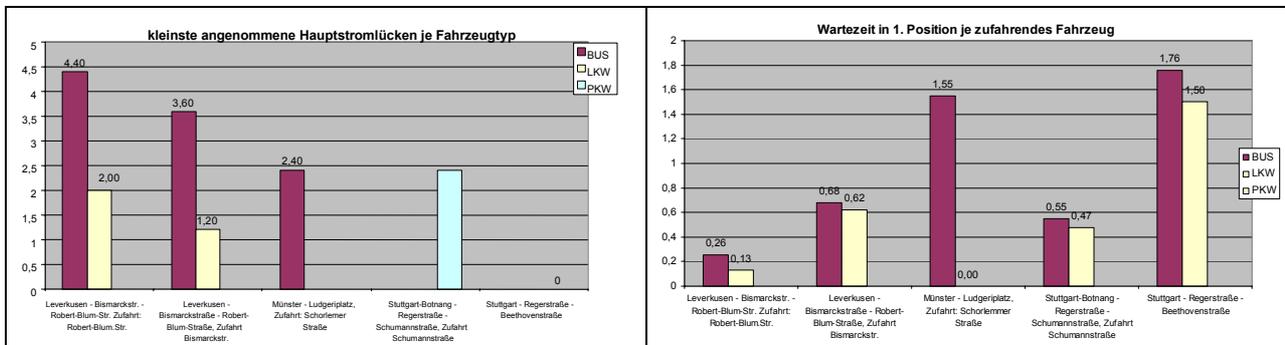
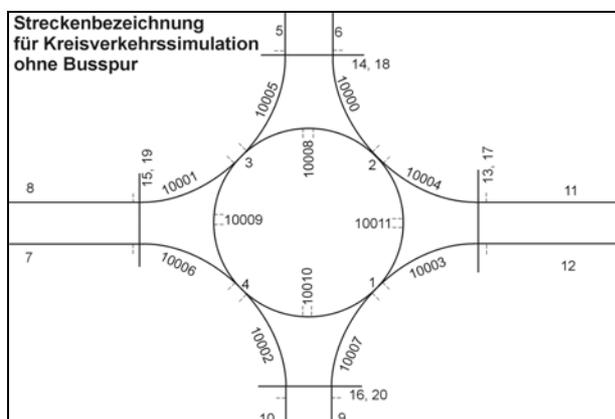


Abbildung - A 48: Akzeptierte Zeitlücken (links) - kleinste Wartezeit am Kreisverkehr (rechts)

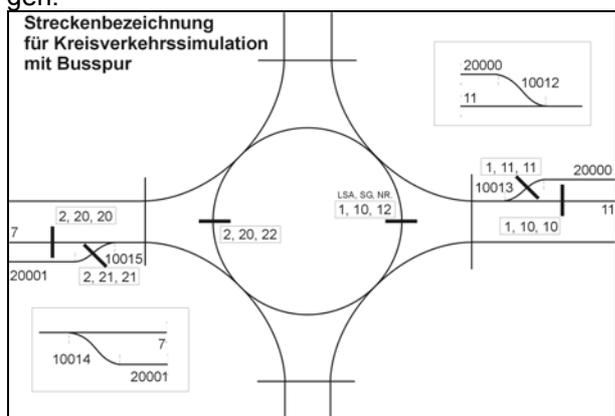
## Anhang 6 Simulation

### 6.1 Allgemein

Die Simulation basiert auf dem EDV-Programm VISSIM 3 der PTV-AG. Mit dem Simulationsmodell können auf mikroskopischer Ebene, einzelfahrzeugorientiert, zeitdiskrete Simulationen unter Berücksichtigung verhaltensgesteuerter Vorgänge durchgeführt werden. Die Simulation basiert auf dem Verkehrsablauf an einem kleinen Kreisverkehr. Die Kalibrierung der Einstellungen wurde unter Berücksichtigung des EDV-Programms Kreisel durchgeführt. Zur Eichung wurden empirisch ermittelte Daten und Parameter der Kreisverkehrsplätze in Saarbrücken, Leverkusen und Bottrop verwendet.



Die Simulation erfolgt auf dem oben dargestellten Streckennetz, Alternativen mit Busspur (=ÖV-Spur) basieren ebenfalls auf obigen Streckennetz, versehen mit den unten dargestellten Änderungen.



Die Simulation erfolgte unter Beachtung der Richtlinien für Lichtsignalanlagen, des Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahn und Bussen sowie des Merkblatt zur Anlage von kleinen Kreisverkehren.

### 6.2 Weitere Auswerteparameter

Neben den im Bericht dargestellten Parametern Wartezeit, Anzahl der Halte und Staulängen sind die folgenden Parameter bei der Bewertung von Lösungen zu berücksichtigen, allerdings muss die Mehrfachbewertung des Parameters Zeit durch die gleichzeitige Auswertung diverser Faktoren vermieden werden. Daher sind die folgenden Auswertungen nachrichtlich zu interpretieren:

#### 6.2.1 Reisezeiten

Gegenübergestellt werden für die Alternativen 0 bis 3 die Reisezeiten der parallelen Ströme für den öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖV) und den Individualverkehr (IV) sowie die Reisezeit im Querverkehr.

##### 6.2.1.1 IV-Reisezeiten

Die Simulationen liefern für die mittlere IV-Reisezeit auf dem 900m langen Simulationsabschnitt folgende Ergebnisse:

IV-Reisezeiten [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	76,74	78,94	85,66	127,93	0
Alternative 1a	77,18	79,18	85,58	123,74	+
Alternative 1b	76,82	78,87	83,59	102,44	++
Alternative 2a	76,50	79,06	85,20	127,70	0
Alternative 2b	76,42	79,18	84,34	127,67	0
Alternative 3a	80,53	84,31	92,67	159,92	--
Alternative 3b	80,44	83,72	92,93	161,69	--
Bewertung		Entwicklung der Reisezeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 1: Reisezeitenvergleich IV (Alternativen 0-3)

Der Vergleich der IV-Reisezeiten zeigt, dass sich bei Verkehrsstärken zwischen 300 und 600 Kfz/h und Zufahrt nur relativ geringe Unterschiede der Reisezeiten zwischen dem Nullfall und den Alternativen 1a, 1b, 2a und 2b ergeben. Die Alternativen 1 und 2 beeinträchtigen also die Reisezeiten für IV- Verkehrsteilnehmer nicht negativ. Günstig auf die IV Reisezeit wirkt sich sogar die Alternative

1, Kombination aus langer ÖV-Spur und Lichtsignalanlage, aus.

Im Gegensatz dazu verlängern sich die Reisezeiten für IV-Fahrzeuge im Vergleich zum Nullfall und zu allen anderen Priorisierungsmaßnahmen bei den Alternativen 3a und 3b deutlich.

### 6.2.1.2 ÖV-Reisezeiten

Die Simulation liefert die gesondert erfassten Reisezeit für Linienbusse auf der 900m langen Simulationstrecke:

ÖV-Reisezeiten [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	81,01	82,78	87,37	128,65	0
Alternative 1a	81,17	81,61	82,17	92,84	++
Alternative 1b	80,65	80,79	81,06	94,22	++
Alternative 2a	80,85	82,68	85,60	102,74	+
Alternative 2b	80,89	83,07	85,21	95,15	+
Alternative 3a	80,99	81,09	81,17	104,35	+
Alternative 3b	80,96	81,05	81,23	94,73	++
Bewertung		Entwicklung der Reisezeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 2: Reisezeitenvergleich ÖV-Fahrzeuge (Alternativen 0-3)

Die Reisezeiten für ÖV-Fahrzeuge liegen bei allen Alternativen bei Verkehrsstärken von 300 bis 400 Kfz/h je Zufahrt etwa auf gleichem Niveau wie im Nullfall. Ab 500 Kfz/h je Zufahrt wird deutlich, dass Reisezeiten durch die Priorisierungen niedriger sind als im Nullfall. Bei Verkehrsstärken von 600 Kfz/h je Zufahrt reduzieren sich die Reisezeiten z.T. um ca. 30%. Die Alternativen 1a und 1b weisen die größten Reisezeitgewinne auf.

Die Alternativen 2b und 3b zeigen, dass durch eine Verlängerung der ÖV-Spur Reisezeitgewinne erst bei hohen Verkehrsstärken ab 500 bzw. 600 Kfz/h je Zufahrt realisiert werden können. Die Alternative 1 zeigt, dass durch eine "kleine Lichtsignalanlage" (Priorisierung nur an der Ausfahrt aus dem Sonderfahrstreifen und an der Einfahrt zur Kreisfahrbahn mit Regelung der Fußgängerfurt) Reisezeit-

gewinne möglich sind. Alternative 2 zeigt, dass auch ohne Einsatz von Lichtsignaltechnik ÖV-Beschleunigungen möglich sind. Alternative 3 kann trotz aufwendiger Lichtsignalsteuerung aller Zufahrten keine weiteren Reisezeitgewinne gegenüber Alternative 1 herausstellen.

### 6.2.1.3 IV-Reisezeiten im Querverkehr

Beschleunigungsmaßnahmen für ÖV-Fahrzeuge können auch Auswirkungen auf Verkehrsabläufe anderer Verkehrsbeziehungen im Kreisverkehr haben. In folgender Tabelle wird der Querverkehr (Geradausströme aus nördlicher und südlicher Zufahrt) ausgewertet. Er ermöglicht die direkte Vergleichbarkeit mit dem ÖV-parallelen Geradeausstrom.

IV-Reisezeiten - Querverkehr [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	76,03	78,48	84,81	113,10	0
Alternative 1a	76,39	79,00	84,75	110,45	+
Alternative 1b	76,89	78,84	82,22	99,34	++
Alternative 2a	75,62	78,44	84,29	114,07	0
Alternative 2b	75,33	78,53	84,29	112,41	0
Alternative 3a	81,12	85,10	94,33	145,76	--
Alternative 3b	80,80	84,80	94,05	156,65	--
Bewertung		Entwicklung der Reisezeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 3: Reisezeitenvergleich IV-Fahrzeuge - Querverkehr (Alternativen 0-3)

Die Auswertung der Querverkehrs zeigt, dass die Alternative 2 ohne Signalregelung keine negativen Einflüsse auf den Querverkehr hat. Die Alternative 1 mit Signalsteuerung auf der Kreisfahrbahn und in den ÖV-Zufahrten führt auch für den Querverkehr zu Reisezeitreduzierungen. Die Alternative 3 führt stets zu deutlichen Verlängerungen der Reisezeit des Querverkehrs gegenüber des Nullfalls, da auch der Querverkehr von einer Vollsperrung der Kreisfahrbahn beim passieren von Linienbussen betroffen ist.

**6.2.2 Standzeiten**

Die Standzeiten stellen die Zeiten im Verlauf der Reisezeit dar, die durch vollständigen Stillstand des Fahrzeuges mit mehr als 1s Dauer gekennzeichnet sind. Sie sind in Kombination mit der Anzahl der Halte je Fahrzeug zu betrachten.

**6.2.2.1 IV-Standzeiten**

IV-Standzeiten [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,32	0,58	1,30	4,48	0
Alternative 1a	0,46	1,10	2,23	8,81	-
Alternative 1b	0,45	0,87	1,86	5,67	-
Alternative 2a	0,30	0,57	1,62	6,14	-
Alternative 2b	0,31	0,62	1,26	5,48	-
Alternative 3a	2,09	2,86	4,61	19,77	--
Alternative 3b	1,95	2,75	5,01	18,89	--
Bewertung		Entwicklung der Standzeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 4 : IV-Standzeiten (Alternativen 1-3)

Die IV-Standzeiten bei der Alternative 3 beruhen auf dem vollständigen Halt der Fahrzeuge bei Einfahrt eines Linienbusses. Durch die signalgeregelte Ausfahrt des Linienbusses aus der ÖV-Spur kommt es, wie an signalgeregelten Kreuzungen zu vollständigem Stillstand der Fahrzeuge in den Zufahrten. Bei Alternative 2 treten die signalanlagenbedingten Stillstandszeiten nicht auf.

**6.2.2.2 ÖV-Standzeiten**

Gerade für ÖV-Fahrzeuge ist ein Stillstand im Fahrtverlauf eine besondere Beeinträchtigung. insbesondere bei Halten in unmittelbarem Umfeld von Haltestellen ist mit Irritationen der Fahrgäste zu rechnen. Daher sollten Stillstände, vollständige Halte, bei ÖV-Fahrzeugen möglichst vermieden werden.

ÖV-Standzeiten [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,27	0,25	1,01	3,21	0
Alternative 1a	0,11	0,17	0,19	1,05	+
Alternative 1b	0,10	0,11	0,09	0,14	++
Alternative 2a	0,22	0,70	1,32	3,98	-
Alternative 2b	0,26	0,72	1,37	4,43	-
Alternative 3a	0,00	0,00	0,00	1,07	+
Alternative 3b	0,00	0,00	0,00	0,34	++
Bewertung		Entwicklung der Standzeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 5 : ÖV-Standzeit (Alternativen 1-3)

Die Tabelle 5 zeigt, dass eine deutliche Reduzierung der Standzeiten möglich ist. Die Alternativen 1 und 3 verkürzen die Stillstandszeit je Fahrzeug deutlich. Die Alternative 2 führt nicht zu reduzierten Standzeiten gegenüber der Nullvariante. Dies ist auf die fehlenden Priorisierungen an der Fußgängerfurt und an der Einfahrt aus der Zufahrt in die Kreisfahrbahn zurückzuführen.

**6.2.2.3 IV-Standzeiten im Querverkehr**

Auch im Querverkehr sind Auswirkungen der Priorisierung zu verzeichnen. Alle Alternativen führen zu zum Teil erheblichen Verlängerungen der Stillstandszeit. Ausgenommen ist Alternative 2, die keine Veränderung gegenüber dem Nullfall aufweist.

IV-Standzeiten im Querverkehr [s/FZ]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	0,30	0,54	1,17	3,70	0
Alternative 1a	0,64	1,02	2,19	6,11	-
Alternative 1b	0,60	0,97	1,55	5,76	-
Alternative 2a	0,26	0,48	1,17	3,97	0
Alternative 2b	0,29	0,49	1,05	3,84	0
Alternative 3a	2,85	3,98	6,02	17,75	--
Alternative 3b	2,87	3,53	5,97	18,66	--
Bewertung		Entwicklung der Standzeit gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Verlängerung			
--	mangelhaft	deutliche Verlängerung			

Tabelle 6 : IV-Standzeiten im Querverkehr (Alternativen 1-3)

Ursächlich für die erheblich verlängerten Stillstandszeiten bei Alternative 3 ist hier, wie bei den IV-Standzeiten in der ÖV-parallelen Führung, die vollständige Sperrung aller Zufahrten bei Linienbusverkehr. Die leicht erhöhten Standzeiten bei Alternative 1 sind auf den querenden Fahrzeugstrom in der Kreisfahrbahn zurückzuführen, der nach Ende der signalregulierten Sperrung in der ÖV-Zufahrt als Pulk auftritt.

### 6.2.3 Maximale Staulängen

Sollen ÖV-Spuren auch beim Auftreten maximaler Staulängen im IV von den ÖV-Fahrzeugen verzögerungsfrei erreicht werden, sind diese sehr lang auszulegen.

Bei allen Priorisierungen liegt die maximale Rückstaulänge auf Höhe der Rückstaulänge der Nullvariante oder deutlich darüber (Ausnahme Alternative 1b). Dies zeigt, dass ÖV-Priorisierungen zu Spitzenbelastungszeiten nur einen geringen bis keinen positiven Einfluss auf den IV-Verkehrsablauf haben. Im Querverkehr ergeben sich generell geringere Rückstaulängen als in der ÖV-Zufahrt. Dies liegt nicht daran, dass weniger Fahrzeuge in der Schlange stehen, sondern, sondern dass keine langen Linienfahrzeuge im Rückstau stehen.

#### 6.2.3.1 Maximale Staulängen IV-Zufahrt

maximale Staulänge in ÖV Zufahrt [m]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	90,86	138,00	269,14	753,43	0
Alternative 1a	159,43	206,57	292,29	828,00	-
Alternative 1b	162,00	203,00	250,00	664,00	+
Alternative 2a	108,00	174,00	318,00	748,29	0
Alternative 2b	91,71	170,57	276,86	774,00	0
Alternative 3a	194,00	282,00	377,00	1107,00	--
Alternative 3b	200,57	294,00	390,00	1194,00	--
Bewertung		Entwicklung der maximalen Staulänge gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 7 : maximale IV-Staulänge (Alternativen 1-3)

Die obige Tabelle zeigt den geringen Einfluss, den die Beschleunigungsalternativen 1 und 2 auf die maximale Rückstaulänge am Kreisverkehr haben. Die Alternative 3 hingegen wirkt sich mit ihren relativ häufigen und langen Sperrungen aller Zufahrten extrem ungünstig auf die Staulängen aus.

**6.2.3.2 maximale Staulängen im Querverkehr**

maximale Staulänge im Querverkehr [m]	300 Kfz/h je Zufahrt	400 Kfz/h je Zufahrt	500 Kfz/h je Zufahrt	600 Kfz/h je Zufahrt	Bewertung
Alternative 0	80,57	140,57	326,57	639,43	0
Alternative 1a	73,00	192,00	290,00	714,00	-
Alternative 1b	82,00	170,00	259,00	499,00	++
Alternative 2a	99,43	163,71	295,71	704,57	-
Alternative 2b	79,71	153,43	294,86	654,00	0
Alternative 3a	189,00	286,00	523,00	1043,00	--
Alternative 3b	184,29	273,43	409,71	1073,14	--
Bewertung		Entwicklung der Halte im Querverkehr gegenüber dem Nullfall			
++	sehr gut	deutliche Reduzierung			
+	gut	(geringe) Reduzierung			
0	befriedigend	keine Reduzierung			
-	ausreichend	geringe Zunahme			
--	mangelhaft	deutliche Zunahme			

Tabelle 8 : maximale Staulänge im Querverkehr (Alternativen 1-3)

Im Querverkehr treten bei allen Alternativen vergleichbare Änderungen der maximalen Rückstaulängen wie in der ÖV-Zufahrt auf, allerdings reduziert um den Einfluss der einfahrenden Linienbusse.

Auch anhand der maximalen Rückstaulänge wird deutlich, dass die Alternative 2 für Fahrzeuge im Querverkehr nur geringe Auswirkungen im Vergleich zum Nullfall verursacht, während die Alternative 3 auch hier deutliche Nachteile zeigt.

	IV-ÖV-Bewertung	IV-Reisezeiten [s/FZ]	ÖV-Reisezeiten [s/FZ]	IV-Reisezeiten - Querverkehr [s/FZ]	IV-Wartezeiten [s/FZ]	ÖV-Wartezeiten [s/FZ]	IV-Wartezeiten im Querverkehr [s/FZ]	IV-Standzeiten [s/FZ]	ÖV-Standzeiten [s/FZ]	IV-Standzeiten im Querverkehr [s/FZ]	IV-Halte [Halte/FZ]	ÖV-Halte [Halte/FZ]	IV-Halte im Querverkehr [Halte/FZ]	mittlere Staulänge in ÖV-Zufahrt [m]	mittlere Staulänge im Querverkehr [m]	maximale Staulänge in ÖV Zufahrt [m]	maximale Staulänge im Querverkehr [m]
Alternative 0	IV ÖV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alternative 1a	IV ÖV	+	++	+	+	+	0	-	+	-	+	++	+	-	-	-	-
Alternative 1b	IV ÖV	++	++	++	++	++	+	-	++	-	++	++	+	0	0	+	++
Alternative 2a	IV ÖV	0	+	0	0	+	0	-	-	0	0	+	0/-	0	0	0	-
Alternative 2b	IV ÖV	0	++	0	0	+	0	-	-	0	0	+	0/-	0	0	0	0
Alternative 3a	IV ÖV	--	+	--	--	+	--	--	+	--	--	+ / ++	--	--	--	--	--
Alternative 3b	IV ÖV	--	++	--	--	+	--	--	++	--	--	+ / ++	--	--	--	--	--
Bewertung		Bewertung der Alternative gegenüber dem Nullfall															
++	sehr gut	deutliche Verbesserung															
+	gut	(geringe) Verbesserung															
0	befriedigend	keine Verbesserung															
-	ausreichend	geringe Verschlechterung															
--	mangelhaft	deutliche Verschlechterung															

Tabelle 9 : Auswertung der fahrzeugbezogenen Messwerte



## Anhang 7 KLAUS – Kreisverkehrs-Leistungsfähigkeit-Auswertesystem

### 7.1 KLAUS – Programmcode

```
//
// K L A U S
// Modul: kvausw.cpp
// Auswertung von Bewegungslinien von Grenz- und Folgezeitluecken
// an Kreisverkehrsplaetzen
// Version 3.0, 9/2003

#include "stdafx.h"
using namespace std;
//-----
// Hilfsfunktionen Dateizugriff und -einlesen
string myReadLine(istream& is)
{
const int MAXINLINE = 10000;
char buffer[MAXINLINE] = "";
is.getline(buffer,MAXINLINE);
return buffer;
}

void SplitLine( const string& s, vector<string>& values, const char delim = ';' )
{
int i = 0;
string ws = "";
values.clear();
while ( i < s.length() ) {
char ch = s.at(i);
if ( ch == delim ) {
values.push_back( ws );
ws = "";
}
else {
if ( ch == ',' ) ch = '.'; // Dezimalzeichen auf '.' aendern
ws += ch;
}
i++;
}
if ( !ws.empty() ) values.push_back( ws );
}

void StringvectorZuDoublevector(const vector<string>& vs, vector<double>& vd)
{
vd.clear();
for ( int i = 0; i < vs.size(); i++ )
vd.push_back( atof( vs.at(i).c_str() ) );
}
//-----
// Geometrische Hilfsfunktionen
double Interpolate(const double x1, const double y1, const double x2,
const double y2, const double xn)
{
if ( (x2-x1) == 0.0 ) return y1;
return y1 + ( (xn-x1)/(x2-x1) * (y2-y1) );
}
void ReplaceDots(const string& input, string& s)
{
s = input;
for (int i=0;i<s.length();i++)
if (s.at(i) == '.') s.at(i) = ',';
}
//-----
// Schnitt
/*Subject 1.03: How do I find intersections of 2 2D line segments?
This problem can be extremely easy or extremely difficult; it
depends on your application. If all you want is the intersection
point, the following should work:

Let A,B,C,D be 2-space position vectors. Then the directed line
segments AB & CD are given by:
```

$AB = A + r(B - A)$ ,  $r$  in  $[0, 1]$   
 $CD = C + s(D - C)$ ,  $s$  in  $[0, 1]$   
 If  $AB$  &  $CD$  intersect, then  
 $A + r(B - A) = C + s(D - C)$ , or  
 $A_x + r(B_x - A_x) = C_x + s(D_x - C_x)$   
 $A_y + r(B_y - A_y) = C_y + s(D_y - C_y)$  for some  $r, s$  in  $[0, 1]$   
 Solving the above for  $r$  and  $s$  yields  

$$r = \frac{(A_y - C_y)(D_x - C_x) - (A_x - C_x)(D_y - C_y)}{(B_x - A_x)(D_y - C_y) - (B_y - A_y)(D_x - C_x)} \quad (\text{eqn 1})$$

$$s = \frac{(A_y - C_y)(B_x - A_x) - (A_x - C_x)(B_y - A_y)}{(B_x - A_x)(D_y - C_y) - (B_y - A_y)(D_x - C_x)} \quad (\text{eqn 2})$$

Let  $P$  be the position vector of the intersection point, then

$P = A + r(B - A)$  or  
 $P_x = A_x + r(B_x - A_x)$   
 $P_y = A_y + r(B_y - A_y)$

By examining the values of  $r$  &  $s$ , you can also determine some other limiting conditions:

If  $0 \leq r \leq 1$  &  $0 \leq s \leq 1$ , intersection exists

$r < 0$  or  $r > 1$  or  $s < 0$  or  $s > 1$  line segments do not intersect

If the denominator in eqn 1 is zero,  $AB$  &  $CD$  are parallel

If the numerator in eqn 1 is also zero,  $AB$  &  $CD$  are collinear.

If they are collinear, then the segments may be projected to the  $x$ - or  $y$ -axis, and overlap of the projected intervals checked.

If the intersection point of the 2 lines are needed (lines in this context mean infinite lines) regardless whether the two line segments intersect, then

If  $r > 1$ ,  $P$  is located on extension of  $AB$

If  $r < 0$ ,  $P$  is located on extension of  $BA$

If  $s > 1$ ,  $P$  is located on extension of  $CD$

If  $s < 0$ ,  $P$  is located on extension of  $DC$

Also note that the denominators of eqn 1 & 2 are identical.

References:

[O'Rourke (C)] pp. 249-51

[Gems III] pp. 199-202 "Faster Line Segment Intersection,"

\*/

```

bool SchnittSegmentSegment(const double Ax,const double Ay,
    const double Bx,const double By,
    const double Cx,const double Cy,
    const double Dx,const double Dy,
    double& Px,double& Py)
{
double r = ( (Ay-Cy)*(Dx-Cx)-(Ax-Cx)*(Dy-Cy) ) / ( (Bx-Ax)*(Dy-Cy)-(By-Ay)*(Dx-Cx) );
double s = ( (Ay-Cy)*(Bx-Ax)-(Ax-Cx)*(By-Ay) ) / ( (Bx-Ax)*(Dy-Cy)-(By-Ay)*(Dx-Cx) );

if ( r>=0 && r<=1 && s>=0 && s<=1 ) {
Px = Ax + r * (Bx-Ax);
Py = Ay + r * (By-Ay);
return true;
}
else {
Px = -999.9;
Py = -999.9;
return false;
}
}

// Segment A-B - Grade C-D
bool SchnittSegmentGrade (const double Ax,const double Ay,
    const double Bx,const double By,
    const double Cx,const double Cy,
    const double Dx,const double Dy,
    double& Px,double& Py)
{
double r = ( (Ay-Cy)*(Dx-Cx)-(Ax-Cx)*(Dy-Cy) ) / ( (Bx-Ax)*(Dy-Cy)-(By-Ay)*(Dx-Cx) );

if ( r>=0 && r<=1 ) {
Px = Ax + r * (Bx-Ax);
Py = Ay + r * (By-Ay);
return true;
}
}

```

```

else {
Px = -999.9;
Py = -999.9;
return false;
}
}

bool SchnittGradeGrade(const double Ax,const double Ay,
const double Bx,const double By,
const double Cx,const double Cy,
const double Dx,const double Dy,
double& Px,double& Py)
{
double nenner = (Bx-Ax)*(Dy-Cy)-(By-Ay)*(Dx-Cx);

if (nenner == 0) {
Px = -999.9;
Py = -999.9;
return false;
}
double r = ( (Ay-Cy)*(Dx-Cx)-(Ax-Cx)*(Dy-Cy) ) / nenner ;
Px = Ax + r * (Bx-Ax);
Py = Ay + r * (By-Ay);
return true;
}

double Abstand(const double Ax,const double Ay,
const double Bx,const double By)
{
return sqrt( (Bx-Ax)*(Bx-Ax) + (By-Ay) * (By-Ay) );
}

//-----
// Hilfsfunktionen fuer die Zeitberechnung

double ZeitBeiDurchstoss (const double Ax,const double Ay,
const double Bx,const double By,
const double Px,const double Py,
const double At,const double Bt)
{
double dAB = Abstand(Ax, Ay, Bx, By);
double dAP = Abstand(Ax, Ay, Px, Py);

return ( dAP/dAB * (Bt - At) ) + At;
}

double ZeitExtrapoliert(const double Ax,const double Ay,
const double Bx,const double By,
const double Px,const double Py,
const double At,const double Bt)
{
double dAP = Abstand(Ax, Ay, Px, Py);
double dBP = Abstand(Bx, By, Px, Py);

return ( dAP*Bt - dBP*At ) / ( dAP- dBP) ;
}

//-----
// Datenspeicher fuer Fahrzeug-Positionen

struct Position {
static const double INVALIDDOUBLE;
double x,y;
bool valid;

Position() {
x = INVALIDDOUBLE ;
y = INVALIDDOUBLE ;
valid = false;
}

friend ostream& operator<< (ostream& s, Position& p)
{
if (p.valid) return s << "[" << p.x << "," << p.y << "]" ";
else return s << "[inv.] ";
}

bool Distance( const Position& p, double& d )
{
if (valid && p.valid) {

```

```

d = sqrt( (x-p.x)*(x-p.x) + (y-p.y)*(y-p.y) );
return true;
}
else return false;
}
};
const double Position::INVALIDDOUBLE = -999.99;

//-----
// Fahrzeug-Klasse

const double EINZEL_FAHRZEUG_LAENGE = 6.0;
class Fahrzeug {

public:
static enum FTypen { FTUnbekannt, FTKreisfahrer, FTAusfahrer,
FTEinfahrer, FTUndef, FTest };

private:
vector<Position> m_pos;
vector<double> m_v;
string m_klasse;
double m_zeit;
double m_zeit1WP;
double m_Ort1WPx;
double m_Ort1WPy;
double m_ZeitpunktErsteVerzoegerung;
double m_OrtErsteVerzoegerungX;
double m_OrtErsteVerzoegerungY;
FTypen m_typ;
bool m_zeitberechnet;
bool m_zeit1WPberechnet;
bool m_typermittelt;
int m_haltidx;
double m_theor_AK_Zeit;
bool m_haltestelle;

public:
double m_lag_Kreisfahrer;
double m_lag_Ausfahrer;
double m_Folgezeit_Einfahrer;
double m_TB_Folgezeit_Kreisfahrer;
double m_gap_angenommen_Kreisfahrer;
double m_gap_angenommen_Ausfahrer;
int m_AnzahlUebergeordneteKreisfahrer;
vector<double> m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF;
vector<double> m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF;
int m_AnzahlUebergeordneteAusfahrer;
vector<double> m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF;
vector<double> m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF;
double m_gap_AbgelehntKF;
double m_gap_AbgelehntAF;

// Initialisierung und CTOR
void ResetAll() {
m_pos.clear();
m_v.clear();
m_klasse = "";
m_zeit = -999.99;
m_zeit1WP = -999.99;
m_Ort1WPx= -9999.99;
m_Ort1WPy= -9999.99;
m_ZeitpunktErsteVerzoegerung = -999.99;
m_zeitberechnet = false;
m_zeit1WPberechnet = false;
m_typ = FTUnbekannt;
m_typermittelt = false;
m_haltidx = -1;
m_theor_AK_Zeit = -99.99;
m_haltestelle = false;
m_lag_Kreisfahrer=0.0;
m_lag_Ausfahrer=0.0;
m_Folgezeit_Einfahrer=0.0;
m_TB_Folgezeit_Kreisfahrer=0.0;
m_gap_angenommen_Kreisfahrer=0.0;
m_gap_angenommen_Ausfahrer=0.0;
}

```

```

m_AnzahlUebergeordneteKreisfahrer=0;
m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.clear();
m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.clear();
m_AnzahlUebergeordneteAusfahrer=0;
m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.clear();
m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.clear();
m_gap_AbgelehntKF=0.0;
m_gap_AbgelehntAF=0.0;
}
Fahrzeug() {
ResetAll();
}

// Zugriffsfunktionen fuer die privaten Daten

bool HaltAnHaltestelle() { return m_haltestelle; }
double OrtErsteVerzoegerung() {
if (m_haltidx>-1)
return m_OrtErsteVerzoegerungY;
else
return 0.0;
}
double DeltaT_ErsteVerzoegerung_ErsteWartePosition() {
if (m_haltidx>-1) {
return m_zeit1WP - m_ZeitpunktErsteVerzoegerung;
}
else
return 0.0;
}
double Wegstrecke_ErsteVerzoegerung_ErsteWartePosition() {
if (m_haltidx>-1) {
return Abstand(m_OrtErsteVerzoegerungX, m_OrtErsteVerzoegerungY,
m_Ort1WPx,m_Ort1WPY);
}
else
return 0.0;
}

double FolgeZeitEinfahrer() { return m_Folgezeit_Einfahrer; }
double LagKreisfahrer() { return m_lag_Kreisfahrer; }
double AnzahlUebergeordneteKreisfahrer() { return m_AnzahlUebergeordneteKreisfahrer; }
double LagAusfahrer() { return m_lag_Ausfahrer; }
double GapAngenommenKreisfahrer() { return m_gap_angenommen_Kreisfahrer; }
double GapAbgelehntKreisfahrer() { return m_gap_AbgelehntKF; }
double GapAngenommenAusfahrer() { return m_gap_angenommen_Ausfahrer; }
double GapAbgelehntAusfahrer() { return m_gap_AbgelehntAF; }
bool GapAbgelehntKFKF(int idx, double gapZeit) {
gapZeit=-9999.99;
if (idx>=0 && idx<m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.size()) {
gapZeit=m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.at(idx);
return true;
}
return false;
}
bool GapAbgelehntKFAF(int idx, double gapZeit) {
gapZeit=-9999.99;
if (idx>=0 && idx<m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.size()) {
gapZeit=m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.at(idx);
return true;
}
return false;
}
bool GapAbgelehntAFKF(int idx, double gapZeit) {
gapZeit=-9999.99;
if (idx>=0 && idx<m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.size()) {
gapZeit=m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.at(idx);
return true;
}
return false;
}
bool GapAbgelehntAFAF(int idx, double gapZeit) {
gapZeit=-9999.99;
if (idx>=0 && idx<m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.size()) {
gapZeit=m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.at(idx);
return true;
}
}

```

```
return false;
}

double get_Zeit1WP() { return m_zeit1WP; }
string GetKlasse() const { return m_klasse; }

FTypen GetTyp() const
{
    if (m_typermittelt) return m_typ;
    else return FTUndef;
}
double GetZeit() const
{
    if (m_zeitberechnet) return m_zeit;
    else return -9999.999;
}
bool GetFahrzeugVerzoegert() {
    if (m_zeitberechnet && m_haltidx > -1 ) return true;
    else return false;
}
bool verzoegert() { return ( m_haltidx > -1 ) ? true : false; }

// Fahrzeugtypen-Zugriffsfunktionen und Decoding
static string TypeAlsString ( const FTypen t )
{
    string s;
    switch (t) {
    case FTUnbekannt :
        s = "ein \"Geisterfahrer\" (Typ nicht bestimmbar)";
        break;
    case FTKreisfahrer :
        s = "bleibt im Kreisverkehr";
        break;
    case FTAusfahrer :
        s = "verlaesst den Kreisverkehr";
        break;
    case FTEinfahrer :
        s = "faehrt in den Kreisverkehr";
        break;
    case FTUndef :
        s = "ist noch nicht bestimmt";
        break;
    case FTest :
        s = "nur interner Test";
        break;
    default:
        s = "ERROR - Falscher Typ in Fahrzeug::TypeAlsString";
    }
    return s;
}

static string TypeAlsKurzstring ( const FTypen t )
{
    string s;
    switch (t) {
    case FTUnbekannt :
        s = "Unbest.";
        break;
    case FTKreisfahrer :
        s = "Kreisfahrer";
        break;
    case FTAusfahrer :
        s = "Ausfahrer";
        break;
    case FTEinfahrer :
        s = "Einfahrer";
        break;
    case FTUndef :
        s = "UNDEF";
        break;
    case FTest :
        s = "TEST";
        break;
    default:
        s = "ERROR";
    }
}
```

```
return s;
}

// Positionsauswertung

bool getMinMaxPos(char direction, bool max, double& result) const
{
    bool first = false;
    for (int i=0; i < m_pos.size(); i++) {
        if ( m_pos.at(i).valid ) {
            if ( !first ) {
                first = true;
                if (direction == 'x') result = m_pos.at(i).x;
                else result = m_pos.at(i).y;
            }
            else {
                if (direction == 'x') {
                    if ( max == true && m_pos.at(i).x > result ) result = m_pos.at(i).x;
                    if ( max == false && m_pos.at(i).x < result ) result = m_pos.at(i).x;
                }
                else {
                    if ( max == true && m_pos.at(i).y > result ) result = m_pos.at(i).y;
                    if ( max == false && m_pos.at(i).y < result ) result = m_pos.at(i).y;
                }
            }
        }
    }
}

return first; // false = only invalids
}

bool getMaxXPos(double& result) const
{
    return getMinMaxPos('x', true, result);
}

bool getMinXPos(double& result) const
{
    return getMinMaxPos('x', false, result);
}

bool getMaxYPos(double& result) const
{
    return getMinMaxPos('y', true, result);
}

bool getMinYPos(double& result) const
{
    return getMinMaxPos('y', false, result);
}

bool getLimitPos(double& minx, double& miny, double& maxx, double &maxy) const
{
    bool r1,r2,r3,r4;
    r1 = getMaxXPos( maxx );
    r2 = getMinXPos( minx );
    r3 = getMaxYPos( maxy );
    r4 = getMinYPos( miny );
    return r1 && r2 && r3 && r4;
}

bool getFirstPos(double& x, double &y) const
{
    bool valid = false;
    for (int i=0; i < m_pos.size(); i++) {
        if ( m_pos.at(i).valid ) {
            valid = true;
            x = m_pos.at(i).x;
            y = m_pos.at(i).y;
            break;
        }
    }
    return valid; // false = only invalids
}

bool getLastPos(double& x, double &y) const
{
    bool valid = false;
    for (int i = m_pos.size()-1 ; i >= 0; i-- ) {
        if ( m_pos.at(i).valid ) {
            valid = true;
            x = m_pos.at(i).x;
            y = m_pos.at(i).y;
        }
    }
}
```

```

break;
}
}
return valid; // false = only invalids
}

// Einleseroutine (aus dem Stream der ViVATraffic-Datei)
int ViVALeseFahrzeug(istream &is)
{
string s;
vector<string> swerte;
vector<double> xwerte, ywerte;
int num_valid_pos = 0;
m_pos.clear();
// x - Werte
s = myReadLine(is);
if ( is.eof() || s.empty() ) return 1;// no more data
s.at(0) = ' ';
s.at(1) = ' ';
SplitLine( s, swerte );
StringvectorZuDoublevector(swerte,xwerte);

// y - Werte
s = myReadLine(is);
s.at(0) = ' ';
s.at(1) = ' ';
SplitLine( s, swerte );
StringvectorZuDoublevector(swerte,ywerte);
Position pos;
for ( int i = 0; i < swerte.size() ; i++ ) {
if ( swerte.at(i).find('?') != string::npos ) {
pos.x = Position::INVALIDDOUBLE;
pos.y = Position::INVALIDDOUBLE;
pos.valid = false;
}
else {
pos.x = xwerte.at(i);
pos.y = ywerte.at(i);
pos.valid = true;
num_valid_pos++;
}
}
m_pos.push_back(pos);
}

// Metadaten
s = myReadLine(is);
SplitLine( s, swerte );
if (swerte.size(>0) m_klasse = swerte.at(1);
else m_klasse = "unbekannt";
if (num_valid_pos<2) return -1;// invalid positions
return 0;// kein Fehler
}

// Auswertefunktionen
FTypen BestimmeTyp( const double ygrenz )
{
double fx, fy, lx, ly;
FTypen typ;
if ( !getFirstPos( fx, fy ) || !getLastPos( lx, ly ) ) return FTUnbekannt;
else if ( fy < ygrenz && ly > ygrenz ) typ = FTAusfahrer;
else if ( fy > ygrenz && ly < ygrenz ) typ = FTEinfahrer;
else if ( fy < ygrenz && ly < ygrenz ) typ = FTKreisfahrer;
else if ( fy > ygrenz && ly > ygrenz ) {
if ( fy > ly ) typ = FTEinfahrer;
if ( fy < ly ) typ = FTAusfahrer;
}
else typ = FTUnbekannt;
m_typ = typ;
m_typermittelt = true;
return m_typ;
}

bool BerechneGeschwindigkeiten(const vector<double>& zt, const double YHaltestelle,
const double Y_Kreis, const double vLangsam, ostream& os = cout)
{
int lp = -1;

```

```

m_v.resize( zt.size(), -3.33);
for (int i = 0; i < zt.size(); i++) {
if ( lp > -1 ) {
double d;
if ( m_pos.at(i).Distance(m_pos.at(lp), d ) ) {
m_v.at(i) = d / ( zt.at(i) - zt.at(lp) );
// os << lp << " - " << i << " d = " << d << " = " << m_v.at(i) << endl;
}
else m_v.at(i) = -2.22;
}
else m_v.at(i) = -1.11;
if ( m_pos.at(i).valid ) lp = i;
}

lp = -1;
m_haltidx = -1;
bool flag = true;
for ( int j = 0; j < m_v.size(); j++ ) {
if (lp > -1) {
if ( ( m_v.at(j) >= 0 ) && m_v.at(lp) >= 0 ) {
// bedingungen fuer halt = true !
if ( ( m_v.at(j) < vLangsam ) && ( m_v.at(lp) < vLangsam ) ) {
if ( m_pos.at(j).y < YHaltestelle &&
m_pos.at(lp).y < YHaltestelle ) {
if ( m_haltidx < 0 ) {
m_haltidx = j-1;
m_OrtErsteVerzoegerungX = m_pos.at(m_haltidx).x;
m_OrtErsteVerzoegerungY = m_pos.at(m_haltidx).y;
}
}
else if (flag && m_pos.at(j).y >= YHaltestelle ) {
flag = false;
m_haltestelle = true;
}
}
}
}
if ( m_v.at(j) >= 0 ) lp = j;
}
return true;
}

bool BestimmeZeitGerade(FTypen ft,
const double x1a, const double y1a,
const double x2a, const double y2a,
const vector<double>& zt,
double& zeit, ostream& os = cout)
// Berechnet Zeitpunkt ueber schnittgrade, ft=fahrzeugtyp, aw = Achsenwert,
// zt = zeitenvektor
{
if ( ft == FTEinfahrer && m_haltidx > -1 ) {
m_ZeitpunktErsteVerzoegerung = zt.at(m_haltidx);
}
double fx, fy, lx, ly;
if ( !getFirstPos( fx, fy ) || !getLastPos( lx, ly ) ) return false;
zeit = 0.000;
int i;
int i0 = -1, i1 = -1, idx = -1;
bool interpol = false;
bool berechnet = false;
bool flag = false;
double x1f,y1f,x2f,y2f, Px, Py;
// fuer interpolation
for ( i=0; i<m_pos.size()-1; i++) {
i0 = -1;
i1 = -1;
if ( m_pos.at(i).valid ) {
x1f = m_pos.at(i).x;
y1f = m_pos.at(i).y;
i0 = i;
}
}

// Datenluecken beachten
while ( ( i0>-1 ) && ( !m_pos.at(i+1).valid ) && ( i<m_pos.size()-2 ) ) i++;
if ( m_pos.at(i+1).valid ) {
x2f = m_pos.at(i+1).x;

```

```

y2f = m_pos.at(i+1).y;
i1 = i+1;
}
if ( i0 >= 0 && i1 >= 0 ) {
bool schneidet =
SchnittSegmentGrade(x1f,y1f,x2f,y2f,x1a,y1a,x2a,y2a,Px,Py);
if ( schneidet ) {
idx = i0;
zeit = ZeitBeiDurchstoss(x1f,y1f,x2f,y2f,Px,Py,zt.at(i0),zt.at(i1));
interpol = true;
berechnet = true;
break;
}
}
}

// extrapolation
if ( !berechnet ) {
if ( ft == FTAusfahrer ) {
// ersten beiden werte
for ( i=0; i<m_pos.size()-1; i++) {
i0 = -1;
i1 = -1;
if ( m_pos.at(i).valid ) {
x1f = m_pos.at(i).x ;
y1f = m_pos.at(i).y;
i0 = i;
}
while ( ( i0>-1 ) && ( !m_pos.at(i+1).valid ) && ( i<m_pos.size()-2 ) ) i++; // Datenluecken
if ( m_pos.at(i+1).valid ) {
x2f = m_pos.at(i+1).x ;
y2f = m_pos.at(i+1).y;
i1 = i+1;
}
if ( i0 >= 0 && i1 >= 0 ) {
bool ok = SchnittGradeGrade(x1f,y1f,x2f,y2f,x1a,y1a,x2a,y2a,Px,Py);
if ( !ok ) {
cerr << "ERROR Fehler in BestZeitGr/Ausfahrer" << endl;
os << "***** ERROR Fehler in BestZeitGr/Ausfahrer" << endl;
}
idx = i0;
zeit = ZeitExtrapoliert(x1f,y1f,x2f,y2f,Px,Py,zt.at(i0),zt.at(i1));
interpol = false;
berechnet = true;
break;
}
}
}
else if ( ft == FTEinfahrer ) {
// letzten beiden werte
for ( i=m_pos.size()-1; i>0; i--) {
i0 = -1;
i1 = -1;
if ( m_pos.at(i).valid ) {
x1f = m_pos.at(i).x ;
y1f = m_pos.at(i).y;
i0 = i;
}
while ( ( i0>-1 ) && ( !m_pos.at(i-1).valid ) && ( i>1 ) ) i--; // Datenluecken
if ( m_pos.at(i-1).valid ) {
x2f = m_pos.at(i-1).x ;
y2f = m_pos.at(i-1).y;
i1 = i-1;
}
if ( i0 >= 0 && i1 >= 0 ) {
bool ok = SchnittGradeGrade(x1f,y1f,x2f,y2f,x1a,y1a,x2a,y2a,Px,Py);
if ( !ok ) {
cerr << "ERROR Fehler in BestZeitGr/Einfahrer" << endl;
os << "***** ERROR Fehler in BestZeitGr/Einfahrer" << endl;
}
idx = i0;
zeit = ZeitExtrapoliert(x1f,y1f,x2f,y2f,Px,Py,zt.at(i0),zt.at(i1));
interpol = false;
berechnet = true;
break;
}
}
}
}
}

```

```

}
} else if ( ft == FTKreisfahrer ) {
// letzten beiden werte
for ( i=m_pos.size()-1; i>0; i--) {
i0 = -1;
i1 = -1;
if ( m_pos.at(i).valid ) {
x1f = m_pos.at(i).x ;
y1f = m_pos.at(i).y ;
i0 = i;
}
while ( ( i0>-1 ) && ( !m_pos.at(i-1).valid ) && ( i>1 ) ) i--; // Datenluecken
if ( m_pos.at(i-1).valid ) {
x2f = m_pos.at(i-1).x ;
y2f = m_pos.at(i-1).y ;
i1 = i-1;
}
if ( i0 >= 0 && i1 >= 0 ) {
bool ok = SchnittGradeGrade(x1f,y1f,x2f,y2f,x1a,y1a,x2a,y2a,Px,Py);
if (!ok) cerr << "ERROR Fehler in BestZeitGr/Kreisfahrer" << endl;
idx = i0;
zeit = ZeitExtrapoliert(x1f,y1f,x2f,y2f,Px,Py,zt.at(i0),zt.at(i1));
interpol = false;
berechnet = true;
break;
}
}
}
else {
os << " !!! Extrapolation nicht moeglich !!!" << endl;
cerr << " !!! Extrapolation nicht moeglich !!!" << endl ;
}
}
os << " | *# Zeitberechnung : " ;
os << " Schnitt mit Achse (" << x1a << "," << y1a << ")>("
<< x2a << "," << y2a << ") " ;
(interpol) ? os << " (interpoliert) " : os << " (extrapoliert) " ;
os << endl << " | Schnittpunkt : " << Px << "," << Py << endl;
os << " | Indizes: l:" << i0 << " u:" << i1 << " g:" << idx << " " << endl;
if (i0>=0 && i1>=0) {
os << " | Zeiten : l:" << zt.at(i0) << " u:" << zt.at(i1)
<< endl << " | ==> Erg. t = " << zeit << endl;
}
m_zeitberechnet = true;
m_zeit = zeit;
return true;
}

bool BestimmeZeit1WP(FTypen ft,
const double x1a, const double y1a,
const double x2a, const double y2a,
const vector<double>& zt,
double& zeit1WP, ostream& os = cout)
// Zeitpunkt erreichen der ersten Warteposition; ft=fahrzeugtyp, aw = Achsenwert,
// zt = zeitenvektor
{
const double DIST1WP = EINZEL_FAHRZEUG_LAENGE ;
if ( ft != FTEinfahrer ) return false;
double zeit = -999.99;
double zeit_E = -999.99;
double fx, fy, lx, ly;
if ( !getFirstPos( fx, fy ) || !getLastPos( lx, ly ) ) return false;
int i;
int i0 = -1, i1 = -1, idx = -1;
bool berechnet = false;
bool flag = false;
double x1f,y1f,x2f,y2f, Px, Py;
double pfadstrecke = 0.0;
for ( i=0; i<m_pos.size()-1; i++) {
i0 = -1;
i1 = -1;
if ( m_pos.at(i).valid ) {
x1f = m_pos.at(i).x;
y1f = m_pos.at(i).y;
i0 = i;
}
}
}

```

```

while ( ( i0>-1 ) && ( !m_pos.at(i+1).valid ) && ( i<m_pos.size()-2 ) ) i++;
if ( m_pos.at(i+1).valid ) {
x2f = m_pos.at(i+1).x;
y2f = m_pos.at(i+1).y;
i1 = i+1;
}
if ( i0 >= 0 && i1 >= 0 ) {
bool schneidet =
SchnittSegmentGrade(x1f,y1f,x2f,y2f,x1a,y1a,x2a,y2a,Px,Py);
if ( schneidet ) {
idx = i0;
zeit = ZeitBeiDurchstoss(x1f,y1f,x2f,y2f,Px,Py,zt.at(i0),zt.at(i1));
pfadstrecke = Abstand(x1f,y1f,Px,Py);
berechnet = true;
break;
}
}
int lastidx = i0;
flag = false;
int iw0 = -1, iw1 = -1;
if ( berechnet ) {
os << "      DUMP Vorgabe: " << pfadstrecke << endl;
if ( pfadstrecke > DIST1WP ) {
double dst = Abstand(m_pos.at(i1).x, m_pos.at(i1).y, m_pos.at(i0).x, m_pos.at(i0).y);
double a = pfadstrecke - DIST1WP;
double zt_i0 = zt.at(i0);
double zt_i1 = zt.at(i1);
m_zeit1WP = (zt_i1-zt_i0)*a/dst + zt_i0;
zeit1WP = m_zeit1WP;
m_Ort1WPx = (m_pos.at(i1).x - m_pos.at(i0).x)*a/dst + m_pos.at(i0).x;
m_Ort1WPy = (m_pos.at(i1).y - m_pos.at(i0).y)*a/dst + m_pos.at(i0).y;
flag=1;
os << "      DUMP interpol direkt bei (" << i1 << "->" << i0 << ") " << a << endl;
iw0 = i1;
iw1 = i0;
}
for ( i = idx-1; i>0 && !flag; i-- ) {
if ( m_pos.at(i).valid ) {
double dst = Abstand(m_pos.at(lastidx).x, m_pos.at(lastidx).y, m_pos.at(i).x, m_pos.at(i).y);
if ( pfadstrecke + dst > DIST1WP ) {
double a = DIST1WP - pfadstrecke;
double zt_i = zt.at(i);
double zt_l = zt.at(lastidx);
m_zeit1WP = ((zt_l-zt_i)*(dst-a)/dst) + zt_i;
zeit1WP = m_zeit1WP;
m_Ort1WPx = (m_pos.at(lastidx).x - m_pos.at(i).x)*a/dst + m_pos.at(i).x;
m_Ort1WPy = (m_pos.at(lastidx).y - m_pos.at(i).y)*a/dst + m_pos.at(i).y;
flag=1;
os << "      DUMP interpol bei (" << lastidx << "->" << i << ") "
<< pfadstrecke << " + " << a << endl;
iw1 = i;
iw0 = lastidx;
break;
}
else {
pfadstrecke+=dst;
os << "      DUMP (" << lastidx << "->" << i << ") " << pfadstrecke << endl;
lastidx=i;
}
}
}
os << " |### Zeitberechnung 1WP : " ;
if (!berechnet || !flag ) {
os << " |!!!! FEHLER - Berechnung 1WP nicht moeglich " << berechnet << " " << flag << endl;
m_zeit1WPberechnet = false;
return false;
}
os << " erste Warteposition zwischen Index " << iw0 << " und Index " << iw1 << endl;
os << " | Zeit bei 1. Warteposition      : " << m_zeit1WP << endl;
os << " | Ort der 1. Warteposition (x/y) : " << m_Ort1WPx << "; " << m_Ort1WPy << endl;
m_zeit1WPberechnet = true;
return true;
}

```

```

bool BestimmeTheoretischeAKZeit(FTypen ft, double y_Kreis, double y_Haltestelle,
const vector<double>& zt, double& zeit, ostream& os = cout)
{
zeit = -999.99;
if ( m_haltidx < 0 ) return false;
if ( ft != FTEinfahrer ) return false;
double y_halt = m_pos.at(m_haltidx).y;
if ( y_halt < y_Kreis ) return false;
double strecke_halt_kreis = y_halt - y_Kreis;
double y = -1;
int idxerster = -1;
for (int i = m_haltidx; i >= 0; i--) {
if ( m_pos.at(i).valid ) {
if ( m_haltstelle && ( m_pos.at(i).y >= y_Haltestelle ) ) {
idxerster = i;
break;
}
else idxerster = i;
}
}
double zeit_bis_halt = -999.99;
double geschw_bis_halt = -999.99;
double theor_ak_zeit = -999.99;
double verlust_zeit = -999.99;

if ( idxerster > -1 ) {
y = m_pos.at(idxerster).y;
zeit_bis_halt = zt.at(m_haltidx) - zt.at(idxerster);
geschw_bis_halt = ( y - y_halt ) / zeit_bis_halt;
theor_ak_zeit = ( ( y_halt - y_Kreis ) / geschw_bis_halt ) + zt.at(m_haltidx);
verlust_zeit = m_zeit - theor_ak_zeit;
}

os << " |#* BstThAKZ : " << idxerster << " y = " << y << " ZbH = "
<< zeit_bis_halt << " ( = " << zt.at(m_haltidx) << " - "
<< zt.at(idxerster) << " ) " << endl;
os << " | durchVbisHalt = " << geschw_bis_halt << endl;
os << " | Theor. Ank.-Zeit : " << theor_ak_zeit ;
os << " ( = ( " << y_halt << " - " << y_Kreis << " ) / " << geschw_bis_halt
<< " + " << zt.at(m_haltidx) << endl;
os << " | ==>> Verlustzeit = " << verlust_zeit << endl;
m_theor_AK_Zeit = theor_ak_zeit;
return true;
}

// Kontrollausgabefunktionen
void DumpGrenzen(ostream& os) const
{
double minx, miny, maxx, maxy;
if ( getLimitPos(minx, miny, maxx, maxy) )
os << " Begrenzungen minx = " << minx << " miny = " << miny <<
" maxx = " << maxx << " maxy = " << maxy ;
else
os << " ungueltige Koordinaten ";
os << endl;
}

void DumpPositionen(ostream& os) // const
{
os << " Positionen: ";
for (int j = 0, l=0 ; j < m_pos.size(); j++ ) {
if ( m_pos.at(j).valid ) {
if (!(l%4))os << endl << " ";
l++;
os << j << " : " << m_pos.at(j);
}
}
os << endl;
}

void DumpGeschwindigkeiten(ostream& os) // const
{
os << " Geschwindigkeiten: ";
for (int j = 0, l=0 ; j < m_v.size(); j++ ) {
if ( m_v.at(j) >= 0.0 ) {
if (!(l%6))os << endl << " ";
l++;
os << j << " : " << m_v.at(j) << " ";
}
}
}

```

```

}
os << endl;
if (m_haltidx > -1) os << " -> Fahrzeug muss STARK VERZOEGERN an Stelle x/y = "
<< m_OrtErsteVerzoegerungX << "/" << m_OrtErsteVerzoegerungY << " (" << m_haltidx << ")" << endl;
}
void DumpErsteLetzte(ostream& os) const
{
double fx, fy, lx, ly;

if ( getFirstPos( fx, fy ) )
os << " erste Position x = " << fx << " y = " << fy;
else
os << " ungueltige Koordinaten ";
os << endl;
if ( getLastPos( lx, ly ) )
os << " letzte Position x = " << lx << " y = " << ly;
else
os << " ungueltige Koordinaten ";
os << endl;
}
void DumpInputs(ostream& os) {
DumpPositionen(os);
DumpGeschwindigkeiten(os);
os << " FZ-Klasse : " << m_klasse << endl;
DumpGrenzen(os);
DumpErsteLetzte(os);
}
void DumpOutputs(ostream& os) {
if (m_haltestelle) os << " Info: Fahrzeug haelt an Haltestelle - Halt ignoriert" << endl;
if (m_typermittelt) os << " ==> Fahrzeug " << TypeAlsString( m_typ ) << endl;
if (m_zeitberechnet) os << " ==> 'Normal'-Ereignis-Zeit " << m_zeit << endl;
if (m_theor_AK_Zeit > 0)
os << " ( => Theoretische Ankunftszeit errechnet = " << m_theor_AK_Zeit << " ) " << endl;
if (m_haltidx > -1) {
if ( m_typ == FTEinfahrer )
os << " ( => Fahrzeug verzoegert stark zum Zeitpunkt "
<< m_ZeitpunktErsteVerzoegerung << " ) " << endl;
else
os << " ( => Fahrzeug verzoegert stark ist aber kein Einfahrer ) " << endl;
}
}
void DumpAlles(ostream& os) // const
{
DumpInputs(os);
DumpOutputs(os);
}
void DumpZeitInformation(ostream& os=cout)
{
// os << endl;
os << "*** Fahrzeugkennwerte - Typ: " << TypeAlsString( m_typ ) << endl;
if (m_typ==FTEinfahrer) {
os << "(1) Folgezeit_Einfahrer dt = " << m_Folgezeit_Einfahrer << endl;
os << "(2) lag Kreisfahrer dt = " << m_lag_Kreisfahrer ;
if (m_lag_Kreisfahrer < m_lag_Ausfahrer && m_lag_Kreisfahrer > 0.0) os << " (MIN)";
os << endl;
os << "(3) lag Ausfahrer dt = " << m_lag_Ausfahrer ;
if (m_lag_Ausfahrer < m_lag_Kreisfahrer && m_lag_Ausfahrer > 0.0) os << " (MIN)";
os << endl;
os << "(4) Anzahl uebergeordnete Kreisfahrer = " << m_AnzahlUebergeordneteKreisfahrer << endl;
os << "(4_t0) 1. abgel. Grenzzeitl. Kreisfahrer dt= " << m_gap_AbgelehntKF << endl;
if (m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.size())>0) {
os << "(4_t1) Abgelehnte Grenzzeitluecken KF-KF = ";
for (int i=0; i<m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.size(); i++)
os << m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.at(i) << "; ";
os << endl;
}
if (m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.size())>0) {
os << "(4_t2) Abgelehnte Grenzzeitluecken AF-KF = ";
for (int i=0; i<m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.size(); i++)
os << m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.at(i) << "; ";
os << endl;
}
}
os << "(5) Anzahl uebergeordnete Ausfahrer = " << m_AnzahlUebergeordneteAusfahrer << endl;
os << "(5_t0) 1. abgel. Grenzzeitl. Ausfahrer dt= " << m_gap_AbgelehntAF << endl;
if (m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.size())>0) {
os << "(5_t1) Abgelehnte Grenzzeitluecken KF-AF = ";

```

```

for (int i=0; i<m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.size(); i++)
os << m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.at(i) << " ";
os << endl;
}
if (m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.size(>0) {
os << "(5_t2) Abgelehnte Grenzzeitluecken AF-AF = ";
for (int i=0; i<m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.size(); i++)
os << m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.at(i) << " ";
os << endl;
}
os << "(6) gap angenommen Kreisfahrer dt = " << m_gap_angenommen_Kreisfahrer << endl;
os << "(7) gap angenommen Ausfahrer dt = " << m_gap_angenommen_Ausfahrer << endl;
os << "(9a) Zeitpunkt erste Verzoegerung t = ";
if (m_haltidx>-1) {
os << m_ZeitpunktErsteVerzoegerung << endl;
os << "(9b) Ort erste Verzoegerung x = " << m_OrtErsteVerzoegerungX << endl;
os << "(9c) Ort erste Verzoegerung y = " << m_OrtErsteVerzoegerungY << endl;
}
else os << " --- " << endl;;
os << "(10a) Zeitpunkt bei 1. Warteposition t = " << m_zeit1WP << endl;
os << "(10b) Ort der 1. Warteposition x = " << m_Ort1WPx << endl;
os << "(10c) Ort der 1. Warteposition y = " << m_Ort1WPY << endl;
if (m_haltidx>-1) {
os << "(10d) Abstand 1. Wartepos. zu 1. Verz. = "
<< Wegstrecke_ErsteVerzoegerung_ErsteWartePosition() << endl;
os << "(10e) Zeitdiff. 1. Wartepos. zu 1. Verz. = "
<< DeltaT_ErsteVerzoegerung_ErsteWartePosition() << endl;
os << "(10e) mittl. Geschw. 1. WPos. zu 1. Verz. = "
<< Wegstrecke_ErsteVerzoegerung_ErsteWartePosition()/DeltaT_ErsteVerzoegerung_ErsteWartePosition()
<< " m/s" << endl;
}
os << "(11a) Zeitp. Einfahrt in Kreisfahrbahn t = " << m_zeit << endl;
os << "(11b) DeltaT Einf. in Kreis bis 1. WPos dt = " << m_zeit-m_zeit1WP << endl;
os << "(11c) mittl. Geschw. Einf.Kreis/1. WPos dt = " << EINZEL_FAHRZEUG_LAENGE/(m_zeit-m_zeit1WP)
<< " m/s" << endl;
}
if (m_typ==FTKreisfahrer) {
os << "(8) Folgezeit_Kreisfahrer dt = " << m_TB_Folgezeit_Kreisfahrer << endl;
}
os << endl;
};
// Ende der Klasse Fahrzeug

//-----
// Dateibezogene Auswertefunktionen
int ViVALeseZeit(istream& is, vector<double>& zeiten)
{
string s = "";
vector<string> szeiten;
is.seekg(0);
do {
s = myReadLine(is);
} while ( s.at(0) != 'T' );

// "T:" am Zeilenanfang loeschen
s.at(0)=' ';
s.at(1)=' ';
SplitLine( s, szeiten, ' ');
StringvectorZuDoublevector(szeiten,zeiten);
return 0;
}

// vor erste x/y-zeile setzen = hinter "T:" Zeile
int ViVAInitFahrzeugeLesen(istream& is)
{
string s;
is.seekg(0);
do {
s = myReadLine(is);
} while ( s.at(0) != 'T' );
return 0;
}
void Zusammenstellung(ostream& os, vector<Fahrzeug>& Fahrzeuge)
{
int j;

```

```

os << "Nr. Klasse Typ          Zeit " << endl;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ )
os << setw(2) << j+1 << " " << setw(8) << left << Fahrzeuge.at(j).GetKlasse() << " "
<< setw(30) << left << Fahrzeug::TypeAlsString( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() ) << " "
<< setw(8) << fixed << right << setprecision(3) << Fahrzeuge.at(j).GetZeit() << endl;
}

// Hilffunktion zum sortieren der Fahrzeuge nach Konfliktbereichseintrittszeit
class FZSort {
public:
int operator() (const Fahrzeug& f1, const Fahrzeug& f2) const {
return f1.GetZeit() < f2.GetZeit();
}
};
void Sortiere( vector<Fahrzeug>& Fahrzeuge ) // nach Zeit (s. FZSort)
{
stable_sort(Fahrzeuge.begin(), Fahrzeuge.end(), FZSort());
}

// Datenspeicher fuer Sequenzdaten
struct SequenzDaten{
double SequenzZeit;
int SeqProStunde, EFProStunde, AFProStunde, KFProStunde, idx_ersterKF, idx_letzterKFoAF,
nAF, nEF, nKF;
SequenzDaten() {
SequenzZeit=0.0; SeqProStunde=0; EFProStunde=0; AFProStunde=0; KFProStunde=0;
idx_ersterKF=0; idx_letzterKFoAF=0, nEF=0, nAF=0, nKF=0;
}
};

// Berechnung der Sequenzdaten
void BerechneSequenz(ostream& os, vector<Fahrzeug>& Fahrzeuge, SequenzDaten& SeqDat,
const vector<double>& zeiten)
{
for ( int j = 0; j < Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTAusfahrer ) {
SeqDat.idx_letzterKFoAF = j;
SeqDat.nAF++;
}
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTKreisfahrer ) {
if (SeqDat.idx_ersterKF < 0) SeqDat.idx_ersterKF = j;
SeqDat.idx_letzterKFoAF = j;
SeqDat.nKF++;
}
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
SeqDat.nEF++;
}
}
if ( SeqDat.idx_ersterKF >= 0 && SeqDat.idx_letzterKFoAF >= 0 ) {
if ( SeqDat.idx_ersterKF == SeqDat.idx_letzterKFoAF ) {
double zt_max=zeiten.at(zeiten.size()-1);
SeqDat.SequenzZeit = zt_max - Fahrzeuge.at(SeqDat.idx_ersterKF).GetZeit();
}
else {
SeqDat.SequenzZeit = Fahrzeuge.at(SeqDat.idx_letzterKFoAF).GetZeit() - Fahrzeuge.at(SeqDat.idx_ersterKF).GetZeit();
}
}
else
SeqDat.SequenzZeit = -99999.99;
SeqDat.SeqProStunde = 3600.0/SeqDat.SequenzZeit;
SeqDat.EFProStunde = SeqDat.SeqProStunde * SeqDat.nEF;
SeqDat.AFProStunde = SeqDat.SeqProStunde * SeqDat.nAF;
if ( Fahrzeuge.at(SeqDat.idx_letzterKFoAF).GetTyp() == Fahrzeug::FTKreisfahrer )
SeqDat.KFProStunde = SeqDat.SeqProStunde * (SeqDat.nKF-1);
else
SeqDat.KFProStunde = SeqDat.SeqProStunde * SeqDat.nKF;
return;
}

struct Klassentoupele {
string Bezeichnung;
intAnzahl;
Klassentoupele() {
Bezeichnung="";
Anzahl=0;
}
}

```

```

Klassentoupele(const string& Bez, const int Anz) {
  Bezeichnung=Bez;
  Anzahl=Anz;
}
};
void Haeufigkeit_Klassen(vector<Fahrzeug>& Fahrzeuge, vector<Klassentoupele>& KIAufk,string& KlasseLetzterKF)
{
  vector<string> knamen;
  knamen.clear();
  if (Fahrzeuge.size()<=0) return;
  KIAufk.clear();
  KlasseLetzterKF="";
  int af=Fahrzeuge.size();
  int idxletzterKF=-1;
  for ( int k = 0 ; k < af ; k++ ) {
    if (Fahrzeuge.at(k).GetTyp()==Fahrzeug::FTKreisfahrer) {
      idxletzterKF=k;
      KlasseLetzterKF=Fahrzeuge.at(k).GetKlasse();
      continue;
    }
    if (Fahrzeuge.at(k).GetTyp()==Fahrzeug::FTAusfahrer) {
      idxletzterKF=-1;
      KlasseLetzterKF="";
    }
  }
  for ( k = 0 ; k < af ; k++ ) {
    if (k!=idxletzterKF) knamen.push_back(Fahrzeuge.at(k).GetKlasse());
  }
  stable_sort(knamen.begin(), knamen.end());
  string tmpBez=knamen.at(0);
  int tmpAnz=1;
  bool first=true;
  for (k=1;k<knamen.size();k++) {
    if (knamen.at(k)!=tmpBez) {
      KIAufk.push_back(Klassentoupele(tmpBez,tmpAnz));
      tmpBez=knamen.at(k);
      tmpAnz=1;
    }
    else tmpAnz++;
  }
  KIAufk.push_back(Klassentoupele(tmpBez,tmpAnz));
}

void FolgeZeiten(ostream& os, vector<Fahrzeug>& Fahrzeuge, const string& ViVADateiname,
  const double parkKonflikteinflusszeit, const vector<double>& zeiten)
// Fahrzeuge muessen nach Zeit sortiert sein
{
  int j;
  double z = 0.0;
  vector<int> anz_abl( Fahrzeuge.size() , 0);
  typedef vector<double> typGrenzAb;
  vector<typGrenzAb> GrenzAb ( Fahrzeuge.size() );
  vector<double> FolgeZeitKF( Fahrzeuge.size(), 0.0 );
  int nKF=0, nAF=0, nEF=0;
  double t_k0 = 0.0, t_a0 = 0.0, t_e0 = 0.0;
  bool flag_Kreisfahrer=false;
  bool flag_Einfahrer=false;
  bool flag_Ausfahrer=false;
  Fahrzeug::FTypen ftyp_Nachfolger = Fahrzeug::FTUnbekannt;
  for ( j = Fahrzeuge.size()-1; j >= 0 ; j-- ) {
    if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTAusfahrer ) {
      t_a0 = Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
      nAF++;
      flag_Ausfahrer=true;
      flag_Einfahrer=false;
    }
    if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTKreisfahrer ) {
      if (flag_Kreisfahrer) {
        Fahrzeuge.at(j).m_TB_Folgezeit_Kreisfahrer=t_k0-Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
      }
      flag_Kreisfahrer=true;
      flag_Einfahrer=false;
      t_k0 = Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
      nKF++;
    }
  }
}

```

```

if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
//if ( ftyp_Nachfolger == Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
if (flag_Einfahrer) {
Fahrzeuge.at(j).m_Folgezeit_Einfahrer=t_e0-Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
}
// if (ftyp_Nachfolger == Fahrzeug::FTKreisfahrer)
if (flag_Kreisfahrer)
Fahrzeuge.at(j).m_lag_Kreisfahrer = t_k0 - Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
// if (ftyp_Nachfolger == Fahrzeug::FTAusfahrer)
if (flag_Ausfahrer)
Fahrzeuge.at(j).m_lag_Ausfahrer = t_a0 - Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
nEF++;
t_e0=Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
flag_Einfahrer=true;
}
ftyp_Nachfolger = Fahrzeuge.at(j).GetTyp();
}
for ( j = 0 ; j < Fahrzeuge.size() ; j++ ) {
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
double t_WPe = Fahrzeuge.at(j).get_Zeit1WP();
double t_KBe = Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
bool flagKF = false;
bool flagAF = false;
double t_KFvorh = 0.0;
double t_AFvorh = 0.0;

for ( int k = 0 ; k < Fahrzeuge.size() ; k++ ) {
double t_KF = Fahrzeuge.at(k).GetZeit();
if ( Fahrzeuge.at(k).GetTyp() == Fahrzeug::FTKreisfahrer ) {
if ( t_KF >= t_WPe && t_KF <= t_KBe ) {
Fahrzeuge.at(j).m_AnzahlUebergeordneteKreisfahrer++;
if (!flagKF) {
double dt=t_KF-t_WPe;
Fahrzeuge.at(j).m_gap_AbgelehntKF=dt;
}
if (flagKF) {
double dtKF=t_KF-t_KFvorh;
Fahrzeuge.at(j).m_AbgelehnteZeitlueckenKFKF.push_back(dtKF);
}
if (flagAF) {
double dtKF=t_KF-t_AFvorh;
Fahrzeuge.at(j).m_AbgelehnteZeitlueckenAFKF.push_back(dtKF);
}
t_KFvorh=t_KF;
flagKF=true;
}
}
if ( Fahrzeuge.at(k).GetTyp() == Fahrzeug::FTAusfahrer ) {
double t_AF = Fahrzeuge.at(k).GetZeit();
if ( t_AF >= t_WPe && t_AF <= t_KBe ) {
Fahrzeuge.at(j).m_AnzahlUebergeordneteAusfahrer++;
if (!flagAF) {
double dt=t_AF-t_WPe;
Fahrzeuge.at(j).m_gap_AbgelehntAF=dt;
}
if (flagKF) {
double dtAF=t_AF-t_KFvorh;
Fahrzeuge.at(j).m_AbgelehnteZeitlueckenKFAF.push_back(dtAF);
}
if (flagAF) {
double dtAF=t_AF-t_AFvorh;
Fahrzeuge.at(j).m_AbgelehnteZeitlueckenAFAF.push_back(dtAF);
}
t_AFvorh=t_KF;
flagAF=true;
}
}
}
}

flag_Kreisfahrer=false;
t_k0=0.0;
for ( j = 0 ; j < Fahrzeuge.size() ; j++ ) {
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
if (flag_Kreisfahrer) {

```

```

double t=Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
if ((t-t_k0)<parKonflikteinflusszeit) {
if (j+1<Fahrzeuge.size()) {
if (Fahrzeuge.at(j+1).GetTyp() == Fahrzeug::FTKreisfahrer) {
Fahrzeuge.at(j).m_gap_angenommen_Kreisfahrer=Fahrzeuge.at(j+1).GetZeit()-t;
}
if (Fahrzeuge.at(j+1).GetTyp() == Fahrzeug::FTAusfahrer) {
Fahrzeuge.at(j).m_gap_angenommen_Ausfahrer=Fahrzeuge.at(j+1).GetZeit()-t;
}
}
}
}
}
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() == Fahrzeug::FTKreisfahrer ) {
flag_Kreisfahrer=true;
t_k0=Fahrzeuge.at(j).GetZeit();
}
}

// --- Ausgaben Log-File
os << endl << " +++ Zeitabstaende +++" << endl;
os << endl << endl;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
os << "Fahrzeug-Nummmer : " << j+1 << endl;
Fahrzeuge.at(j).DumpZeitInformation(os);
os << endl;
}

os << endl << "Sequenzzeit :" << endl;
os << "-----" << endl;
SequenzDaten sd;
BerechneSequenz(os, Fahrzeuge, sd, zeiten);

if ( sd.idx_ersterKF >= 0 ) {
j = sd.idx_ersterKF;
os << " oeffnend  : " << Fahrzeuge.at(j).GetKlasse() << " "
<< Fahrzeug::TypeAlsString( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() )
<< " bei t = " << fixed << setprecision(3) << Fahrzeuge.at(j).GetZeit() << endl;
}
if ( sd.idx_letzterKFoAF >=0 ) {
if ( sd.idx_ersterKF == sd.idx_letzterKFoAF ) {
os << " kein schliessendes Fahrzeug, Sequenzende ist letzte Beobachtungszeit" << endl;
}
else {
j = sd.idx_letzterKFoAF;
os << " schliessend : " << Fahrzeuge.at(j).GetKlasse() << " "
<< Fahrzeug::TypeAlsString( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() )
<< " bei t = " << fixed << setprecision(3) << Fahrzeuge.at(j).GetZeit() << endl;
}
}
os << " ==> Sequenzzeit = " << fixed << setprecision(3) << sd.SequenzZeit << " [s]" << endl;
os << endl << "Anzahlen :" << endl;
os << "-----" << endl;
os << setw(13) << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring(Fahrzeug::FTEinfahrer) << " : " << nEF << endl;
os << setw(13) << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring(Fahrzeug::FTAusfahrer) << " : " << nAF << endl;
os << setw(13) << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring(Fahrzeug::FTKreisfahrer) << " : " << nKF << endl;
os << endl << "Anzahlen nach Klassen" << endl;
os << "-----" << endl;

string klasseLetzterKF;
vector<Klassentoupele> KlassenAufkommen;
KlassenAufkommen.clear();
Haefigkeit_Klassen(Fahrzeuge,KlassenAufkommen,klasseLetzterKF);
for ( j=0; j<KlassenAufkommen.size();j++ ) {
os << setw(13) << KlassenAufkommen.at(j).Bezeichnung << " : " << KlassenAufkommen.at(j).Anzahl << endl;
}
if (!klasseLetzterKF.empty()) {
os << setw(13) << klasseLetzterKF << " einmal nicht beruecksichtigt da sequenzschliessend" << endl;
}
os << endl << "Belastung pro Stunde bez. auf Typen (Sequenzen/Stunde = " << sd.SeqProStunde << ")" << endl;
os << "-----" << endl;
os << setw(13) << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring(Fahrzeug::FTEinfahrer) << " : " << sd.EFProStunde << endl;
os << setw(13) << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring(Fahrzeug::FTAusfahrer) << " : " << sd.AFProStunde << endl;
os << setw(13) << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring(Fahrzeug::FTKreisfahrer) << " : " << sd.KFProStunde << endl;

os << endl << "Belastung pro Stunde bez. auf Klassen (Sequenzen/Stunde = " << sd.SeqProStunde << ")" << endl;

```

```

os << "-----" << endl;
for ( j=0; j<KlassenAufkommen.size();j++) {
os << setw(13) << KlassenAufkommen.at(j).Bezeichnung << " : "
<< KlassenAufkommen.at(j).Anzahl * sd.SeqProStunde << endl;
}
}

struct AuswerteEssenz {
string DateiName;
string ProjektName;
string Standort;
string Kalibrierung;
string Datum;
SequenzDaten SeqDat;
vector<Klassentoupele> KlassDat;
int AnzHaltAnHaltestelle;
int AnzHaltInZufahrt;
double MinOrtErsteVerz, MaxOrtErsteVerz;
int SumAnUebergeordneteKF;
double MinFolgeZeitEF;
double MinLagKF, MinLagAF;
double MaxGapAbgelKF, MaxGapAbgelAF;
double MinGapAngenKF, MinGapAngenAF;
double MinDT1WP_OEV, MaxDT1WP_OEV;
double MinV_1WP_OEV, MaxV_1WP_OEV;
double MinDTZeit_1WP, MaxDTZeit_1WP;
double MinV_Einf_1WP, MaxV_Einf_1WP;
double MaxGapAbgelKF_AF;
double MaxGapAbgelAF_KF;
double MaxGapAbgelAF_AF;
double MaxGapAbgelKF_KF;

AuswerteEssenz() {
const double dVL=1e-10, dVH=1e10;
const int iVL=-30000, iVH=30000;
DateiName="n.b."; ProjektName="n.b."; Standort="n.b.";
Kalibrierung="n.b."; Datum="n.b.";

AnzHaltAnHaltestelle=0;
AnzHaltInZufahrt=0;
SumAnUebergeordneteKF=0;
MinOrtErsteVerz=dVH; MaxOrtErsteVerz=dVL;
MinFolgeZeitEF=dVH;
MinLagKF=iVH; MinLagAF=iVH;
MaxGapAbgelKF=dVL; MaxGapAbgelAF=dVL;
MinGapAngenKF=dVH; MinGapAngenAF=dVH;
MinDT1WP_OEV=dVH; MaxDT1WP_OEV=dVL;
MinV_1WP_OEV=dVH; MaxV_1WP_OEV=dVL;
MinDTZeit_1WP=dVH; MaxDTZeit_1WP=dVL;
MinV_Einf_1WP=dVH; MaxV_Einf_1WP=dVL;
MaxGapAbgelKF_KF=dVL;
MaxGapAbgelKF_AF=dVL;
MaxGapAbgelAF_KF=dVL;
MaxGapAbgelAF_AF=dVL;
}
};

int ExcelAusgabe(ostream& os, const string& ViVADateiname, vector<Fahrzeug>& Fahrzeuge,
AuswerteEssenz& AWe, const vector<double>& zeiten)
{
// Metadaten der ViVaTraffic-Datei lesen
ifstream is(ViVADateiname.c_str());
string tmp;
tmp=myReadLine(is);// Version ueberlesen
string titel=myReadLine(is); // Datei-"Titel"
string projekt=myReadLine(is);
string standort=myReadLine(is);
string kalibrierung=myReadLine(is);
string messung=myReadLine(is);
string datum=myReadLine(is);
is.close();

os << endl << " +++ Erzeuge Excel-Ausgabe in Datei " << ViVADateiname << ".csv" << endl;
ofstream oe((ViVADateiname+".csv").c_str());

```

```

if (loe) {
os << " ! ERROR - Kann Datei " << ViVADateiname << ".csv nicht zum Schreiben oeffnen - Abbruch" << endl;
return -1;
}

oe << "1;" << ViVADateiname << endl;
oe << "2;" << projekt << endl;
oe << "3;" << standort << endl;
oe << "4;" << kalibrierung << endl;
oe << "5;" << messung << endl;
oe << "6;" << datum << endl;

AWe.Dateiname=ViVADateiname;
AWe.ProjektName=projekt;
AWe.Standort=standort;
AWe.Kalibrierung=kalibrierung;
AWe.Datum=datum;

SequenzDaten sd;
BerechneSequenz(os, Fahrzeuge, sd, zeiten);
AWe.SeqDat=sd;

oe << "7; Sequenzzeit;" << sd.SequenzZeit << endl;
oe << "8; Einf. pro Std.;" << sd.EFProStunde << endl;
oe << "9; Ausf. pro Std.;" << sd.AFProStunde << endl;
oe << "10; Kreisf. pro Std.;" << sd.KFProStunde << endl;
oe << "11; Summenbelastung pro Stunde; "
<< sd.EFProStunde+sd.AFProStunde+sd.KFProStunde << endl;
int lincnt=12;
string klasseLetzterKF;
vector<Klassentoupele> KlassenAufkommen;
KlassenAufkommen.clear();
Haeufigkeit_Klassen(Fahrzeuge,KlassenAufkommen,klasseLetzterKF);
AWe.KlassDat=KlassenAufkommen;
for ( int j=0; j<KlassenAufkommen.size();j++) {
oe << lincnt <<";" << KlassenAufkommen.at(j).Bezeichnung << ";";
<< KlassenAufkommen.at(j).Anzahl * sd.SeqProStunde << endl;
lincnt++;
if (lincnt>19) break;
}
for ( j=lincnt; j<=19; j++) oe << j << ";" << endl;
oe << "20;Fz-Klasse;" ;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) oe << Fahrzeuge.at(j).GetKlasse() << ";";
oe << endl;
oe << "21;Fz-Typ;" ;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) oe << Fahrzeug::TypeAlsKurzstring( Fahrzeuge.at(j).GetTyp() ) << ";";
oe << endl;
oe << "22;Halt an Haltestelle;" ;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
oe << ((Fahrzeuge.at(j).HaltAnHaltestelle()) ? ("Ja"):(("Nein"))) << ";";
if ( Fahrzeuge.at(j).HaltAnHaltestelle() ) AWe.AnzHaltAnHaltestelle++;
}
oe << endl;
oe << "23;Halt in Zufahrt;" ;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
oe << ((Fahrzeuge.at(j).verzoegert()) ? ("Ja"):(("Nein"))) << ";";
if (Fahrzeuge.at(j).verzoegert()) AWe.AnzHaltInZufahrt++;
}
oe << endl;
oe << "24;Ende der Warteschlange;" ;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).verzoegerung() ) {
oe << Fahrzeuge.at(j).OrtErsteVerzoegerung() << ";";
AWe.MinOrtErsteVerz=_MIN(AWe.MinOrtErsteVerz,Fahrzeuge.at(j).OrtErsteVerzoegerung());
AWe.MaxOrtErsteVerz=_MAX(AWe.MaxOrtErsteVerz,Fahrzeuge.at(j).OrtErsteVerzoegerung());
}
else
oe << ";";
}
oe << endl;
oe << "25;" << endl;
oe << "26;Anz. abgel. Zeitluecken;" ;
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).AnzahlUebergeordneteKreisfahrer() << ";";
AWe.SumAnUebergeordneteKF++;
}
}

```

```

}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "27; Folgezeit Einfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).FolgeZeitEinfahrer() << ",";
AWe.MinFolgeZeitEF=_MIN(AWe.MinFolgeZeitEF,Fahrzeuge.at(j).FolgeZeitEinfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "28; lag Kreisfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).LagKreisfahrer() << ",";
AWe.MinLagKF=_MIN(AWe.MinLagKF,Fahrzeuge.at(j).LagKreisfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "29; lag Ausfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).LagAusfahrer() << ",";
AWe.MinLagAF=_MIN(AWe.MinLagAF,Fahrzeuge.at(j).LagAusfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "30; gap abgelehnt Kreisfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntKreisfahrer() << ",";
AWe.MaxGapAbgelKF=_MAX(AWe.MaxGapAbgelKF,Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntKreisfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "31; gap abgelehnt Ausfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntAusfahrer() << ",";
AWe.MaxGapAbgelAF=_MAX(AWe.MaxGapAbgelAF,Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntAusfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "32; gap angen. Kreisfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).GapAngenommenKreisfahrer() << ",";
AWe.MinGapAngenKF=_MIN(AWe.MinGapAngenKF,Fahrzeuge.at(j).GapAngenommenKreisfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "33; gap angen. Ausfahrer;";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
oe << Fahrzeuge.at(j).GapAngenommenAusfahrer() << ",";
AWe.MinGapAngenAF=_MIN(AWe.MinGapAngenAF,Fahrzeuge.at(j).GapAngenommenAusfahrer());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "34; Zeitpunkt erste Warteposition;";

```

```

for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer)
oe << Fahrzeuge.at(j).get_Zeit1WP() << ",";
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "35; Zeit bei Einfahrt in Kreisverk.>";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer)
oe << Fahrzeuge.at(j).GetZeit() << ",";
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "36; Zeitdiff. erste Verz. bis erste Wartepos.>";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer && Fahrzeuge.at(j).verzoeigert() ) {
oe << Fahrzeuge.at(j).DeltaT_ErsteVerzoeigerung_ErsteWartePosition() << ",";
AWe.MinDT1WP_OEV= _MIN(AWe.MinDT1WP_OEV,Fahrzeuge.at(j).DeltaT_ErsteVerzoeigerung_ErsteWartePosition());
AWe.MaxDT1WP_OEV= _MAX(AWe.MaxDT1WP_OEV,Fahrzeuge.at(j).DeltaT_ErsteVerzoeigerung_ErsteWartePosition());
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "37;" << endl;
oe << "38; Wegstrecke erste Verz. bis erste Wartepos.>";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer && Fahrzeuge.at(j).verzoeigert() )
oe << Fahrzeuge.at(j).Wegstrecke_ErsteVerzoeigerung_ErsteWartePosition() << ",";
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "39; Mittl. Geschw. zw. erster Verz. und erster Wartepos.>";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer && Fahrzeuge.at(j).verzoeigert() ) {
double
mvloc=Fahrzeuge.at(j).Wegstrecke_ErsteVerzoeigerung_ErsteWartePosition()/Fahrzeuge.at(j).DeltaT_ErsteVerzoeigerung_ErsteWartePosition();
oe << mvloc << ",";
AWe.MinV_1WP_OEV= _MIN(AWe.MinV_1WP_OEV,mvloc);
AWe.MaxV_1WP_OEV= _MAX(AWe.MaxV_1WP_OEV,mvloc);
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "40;" << endl;
oe << "41; Zeitdiff. erste Wartepos. bis Einfahrt in Kreis>";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
double dtloc = Fahrzeuge.at(j).GetZeit()-Fahrzeuge.at(j).get_Zeit1WP();
oe << dtloc << ","; // m_zeit-m_zeit1WP
AWe.MinDTZeit_1WP= _MIN(AWe.MinDTZeit_1WP,dtloc);
AWe.MaxDTZeit_1WP= _MAX(AWe.MaxDTZeit_1WP,dtloc);
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "42;" << endl;
oe << "43; mittl. Geschw. zw. erster Wartepos. und Einfahrt in Kreis>";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if ( Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
double vloc = EINZEL_FAHRZEUG_LAENGE/(Fahrzeuge.at(j).GetZeit()-Fahrzeuge.at(j).get_Zeit1WP());
oe << vloc << ","; // m_zeit-m_zeit1WP
AWe.MinV_Einf_1WP= _MIN(AWe.MinV_Einf_1WP,vloc);
AWe.MaxV_Einf_1WP= _MAX(AWe.MaxV_Einf_1WP,vloc);
}
else
oe << ",";
}
oe << endl;
oe << "44;" << endl;

```

```

oe << "45;" << endl;
oe << "46;" << endl;
oe << "47;" << endl;
oe << "48; Zeit Ausfahrt aus Kreisverk. (Ausf.);";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTAusfahrer)
oe << Fahrzeuge.at(j).GetZeit() << ";";
else
oe << ";";
}
oe << endl;
oe << "49; Zeit Einfahrt in Konfliktber. (Kreisf.);";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTKreisfahrer)
oe << Fahrzeuge.at(j).GetZeit() << ";";
else
oe << ";";
}
oe << endl;
for (int i=0;i<10;i++) {
oe << 50+i << "; gap abgelehnt Kreisf.-Kreisf.";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
double gz=0.0;
if (Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntKFKF(i,gz) ) {
oe << gz ;
AWe.MaxGapAbgelKF_KF=_MAX(AWe.MaxGapAbgelKF_KF,gz);
}
}
}
oe << ";";
}
oe << endl;
}
for (i=0;i<10;i++) {
oe << 60+i << "; gap abgelehnt Kreisf.-Ausf.";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
double gz=0.0;
if (Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntKFAF(i,gz) ) {
oe << gz ;
AWe.MaxGapAbgelKF_AF=_MAX(AWe.MaxGapAbgelKF_AF,gz);
}
}
}
oe << ";";
}
oe << endl;
}
for (i=0;i<10;i++) {
oe << 70+i << "; gap abgelehnt Ausf.-Kreisf.";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
double gz=0.0;
if (Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntAFKF(i,gz) ) {
oe << gz ;
AWe.MaxGapAbgelAF_KF=_MAX(AWe.MaxGapAbgelAF_KF,gz);
}
}
}
oe << ";";
}
oe << endl;
}
for (i=0;i<10;i++) {
oe << 80+i << "; gap abgelehnt Ausf.-Ausf.";
for ( j=0; j<Fahrzeuge.size(); j++ ) {
if (Fahrzeuge.at(j).GetTyp()==Fahrzeug::FTEinfahrer) {
double gz=0.0;
if (Fahrzeuge.at(j).GapAbgelehntAFAF(i,gz) ) {
oe << gz ;
AWe.MaxGapAbgelAF_AF=_MAX(AWe.MaxGapAbgelAF_AF,gz);
}
}
}
}
oe << ";";
}
oe << endl;
}

```

```

return 0;
}

int ViVAAuswerten(const string &ViVADateiname,
const double xk1, const double yk1, const double xk2, const double yk2,
const double xe1, const double ye1, const double xe2, const double ye2,
const double xa1, const double ya1, const double xa2, const double ya2,
const double yHaltestelle,
const double vLangsam, const double Konflikteinflusszeit,
AuswerteEssenz& AWe, ostream& LOGGER)
{
vector<double> zeiten;
vector<Fahrzeug> Fahrzeuge;

ifstream vs(ViVADateiname.c_str());
if (!vs) {
cerr << "ViVAtraffic-Datei kann nicht gelesen werden - Dateiname/Pfad pruefen! " << endl;
return -1;
}
cout << "Auswertung von ViVAtraffic-Datei \'" << ViVADateiname
<< " Version -2- Grade " << endl;
LOGGER << endl << endl;
LOGGER << "**** Datei : " << ViVADateiname << " ****" << endl;
LOGGER << " Geraden Kreisf. : " << xk1 << ";" << yk1 << " / " << xk2 << ";" << yk2;
LOGGER << " Geraden Einf. : " << xe1 << ";" << ye1 << " / " << xe2 << ";" << ye2;
LOGGER << " Geraden Ausf. : " << xa1 << ";" << ya1 << " / " << xa2 << ";" << ya2;
LOGGER << " yHaltestelle = " << yHaltestelle << endl;
LOGGER << " vLangsam = " << vLangsam << endl;
LOGGER << " Konflikteinflusszeit = " << Konflikteinflusszeit << endl << endl;
double ygrenz = ( ye1 + ye2 + ya1 + ya2 ) / 4.0;
LOGGER << " Mittelwerte fuer Fallunterscheidung ygrenz = " << ygrenz << endl;
ViVALeseZeit( vs, zeiten );
LOGGER << "Zeiten : ";
for ( int i = 0; i < zeiten.size(); i++ ) {
if (!(i%6)) LOGGER << endl << " ";
LOGGER << i << " :[" << zeiten.at(i) << "]" ";
}
LOGGER << endl;
ViVAInitFahrzeugeLesen( vs );
int mehr = 1;
int lfn = 0;
Fahrzeug tmpFz;
double t = 0.0;
Fahrzeug::FTypen ft;
bool valid = false;
int returnvonlesen=0;

while ( ( returnvonlesen = tmpFz.ViVALeseFahrzeug( vs ) ) <= 0 ) {
lfn++;

LOGGER << endl << endl << "Fahrzeug " << lfn << " : "
<< endl << "=====" << endl;

if (returnvonlesen<0) {
LOGGER << "**** Eingabedaten fuer FZ " << lfn << " sind ungueltig ****" << endl;
LOGGER << "**** Fahrzeug wird nicht beruecksichtigt ****" << endl;
lfn--;
continue;
}

ft = tmpFz.BestimmeTyp( ygrenz );
tmpFz.BerechneGeschwindigkeiten( zeiten, yHaltestelle, ygrenz, vLangsam, LOGGER );
tmpFz.DumpInputs( LOGGER );
if ( ft == Fahrzeug::FTKreisyfahrer ) {
valid = tmpFz.BestimmeZeitGerade( ft, xk1, yk1, xk2, yk2, zeiten, t, LOGGER );
}
else if ( ft == Fahrzeug::FTEinfahrer ) {
valid = tmpFz.BestimmeZeitGerade( ft, xe1, ye1, xe2, ye2, zeiten, t, LOGGER );
valid = tmpFz.BestimmeZeit1WP(ft, xe1, ye1, xe2, ye2, zeiten, t, LOGGER );
}
else if ( ft == Fahrzeug::FTAusfahrer ) {
valid = tmpFz.BestimmeZeitGerade( ft, xa1, ya1, xa2, ya2, zeiten, t, LOGGER );
}
else {
cerr << "Unbekannter Fahrzeugtyp" << endl;
LOGGER << "***** FEHLER ***** Unbekannter Fahrzeugtyp" << endl;
}
}
}

```

```

}

tmpFz.DumpOutputs( LOGGER );
Fahrzeuge.push_back( tmpFz );
tmpFz.ResetAll();
}

LOGGER << endl << " ++ Zusammenstellung fuer Datei " << ViVADateiname << " ++ "
<< endl << endl;

Zusammenstellung(LOGGER, Fahrzeuge);

Sortiere(Fahrzeuge);

LOGGER << endl << " ++ zeitsortierte Reihenfolge fuer " << ViVADateiname << " ++ "
<< endl << endl;

Zusammenstellung(LOGGER, Fahrzeuge);

FolgeZeiten(LOGGER, Fahrzeuge, ViVADateiname, Konflikteinflusszeit, zeiten);

ExcelAusgabe(LOGGER, ViVADateiname, Fahrzeuge, AWe, zeiten);

return 0;
}

string NumOutLim(const double num)
{
const double dVL=1e-10, dVH=1e10;
ostream out;
if (num>=dVH || num<=dVL) out << "";
else out << num;
return out.str();
}

int ZusammenfassungUeberAlles(const string& Dateiname, const vector<AuswerteEssenz>& vAWe)
{
if (vAWe.size()==0) return 1;

ofstream oz((Dateiname).c_str());
oz << "K L A U S - Zusammenfassende Zusammenfassung" << endl;

int i;
oz << "1,;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).Dateiname << ";";
oz << endl;
oz << "2;Projekt;" << vAWe.at(0).ProjektName << endl;
oz << "3;Standort;" << vAWe.at(0).Standort << endl;
oz << "4;Standort;" << vAWe.at(0).Kalibrierung << endl;
oz << "5;Dateinamen;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).Dateiname << ";";
oz << endl;
oz << "6;Datum;" << vAWe.at(0).Datum << endl;
oz << "7;Sequenzzeit;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).SeqDat.SequenzZeit << ";";
oz << endl;
oz << "8;Einfahrer pro Stunde;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).SeqDat.EFProStunde << ";";
oz << endl;
oz << "9;Ausfahrer pro Stunde;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).SeqDat.AFProStunde << ";";
oz << endl;
oz << "10;Kreisfahrer pro Stunde;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).SeqDat.KFProStunde << ";";
oz << endl;
oz << "11;Summenbelastung pro Stunde;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).SeqDat.EFProStunde +
vAWe.at(i).SeqDat.AFProStunde + vAWe.at(i).SeqDat.KFProStunde << ";";
oz << endl;
oz << "12;Fahrzeugklassen pro Stunde;";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) {
for (int j=0;j<vAWe.at(i).KlassDat.size();j++) {
oz << vAWe.at(i).KlassDat.at(j).Bezeichnung << ";";
<< vAWe.at(i).KlassDat.at(j).Anzahl * vAWe.at(i).SeqDat.SeqProStunde << " ";
}
}
oz << ";";

```

```

}
oz << endl;
oz << "22;Einfahrer mit Halt an Haltestelle in %,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).AnzHaltAnHaltestelle/vAWe.at(i).SeqDat.nEF * 100.0 << ",";
oz << endl;
oz << "23;Einfahrer mit Halt in Zufahrt in %,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).AnzHaltInZufahrt/vAWe.at(i).SeqDat.nEF * 100.0 << ",";
oz << endl;
oz << "24;kuerzeste Warteschlage,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxOrtErsteVerz) << ",";
oz << endl;
oz << "25;laengste Warteschlage,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinOrtErsteVerz) << ",";
oz << endl;
oz << "26;Summe der abgel. Zeitluecken,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << vAWe.at(i).SumAnUebergeordneteKF << ",";
oz << endl;
oz << "27;Minimale Folgezeit von Einfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinFolgeZeitEF) << ",";
oz << endl;
oz << "28;Minimale Lag fuer Kreisfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinLagKF) << ",";
oz << endl;
oz << "29;Minimale Lag fuer Ausfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinLagAF) << ",";
oz << endl;
oz << "30;Maximale abgelehnte Gap fuer Kreisfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxGapAbgelKF) << ",";
oz << endl;
oz << "31;Maximale abgelehnte Gap fuer Ausfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxGapAbgelAF) << ",";
oz << endl;
oz << "32;Minimale angenommene Gap von Kreisfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinGapAngenKF) << ",";
oz << endl;
oz << "33;Minimale angenommene Gap von Ausfahrern,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinGapAngenAF) << ",";
oz << endl;
oz << "34;" << endl;
oz << "35;" << endl;
oz << "36;Minimale Fahrzeit erste Verz. bis erste Wartepos.,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinDT1WP_OEV) << ",";
oz << endl;
oz << "37;Maximale Fahrzeit erste Verz. bis erste Wartepos.,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxDT1WP_OEV) << ",";
oz << endl;
oz << "38;" << endl;
oz << "39;Minimale mittlere Geschw. zw. erster Verz. und erster Wartepos.,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinV_1WP_OEV) << ",";
oz << endl;
oz << "40;Maximale mittlere Geschw. zw. erster Verz. und erster Wartepos.,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxV_1WP_OEV) << ",";
oz << endl;
oz << "41;Minimale Fahrzeit erste Wartepos. bis Einfahrt,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinDTZeit_1WP) << ",";
oz << endl;
oz << "42;Maximale Fahrzeit erste Wartepos. bis Einfahrt,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxDTZeit_1WP) << ",";
oz << endl;
oz << "43;Minimale mittlere Geschw. zw. erster Wartepos. und Einfahrt,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MinV_Einf_1WP) << ",";
oz << endl;
oz << "44;Maximale mittlere Geschw. zw. erster Wartepos. und Einfahrt,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxV_Einf_1WP) << ",";
oz << endl;
oz << "45;" << endl;
oz << "46;" << endl;
oz << "47;" << endl;
oz << "48;" << endl;
oz << "49;" << endl;
oz << "50;Maximale abgelehnte Gap Kreisf.-Kreisf.,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxGapAbgelKF_KF) << ",";
oz << endl;
oz << "60;Maximale abgelehnte Gap Kreisf.-Ausf.,";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxGapAbgelKF_AF) << ",";
oz << endl;

```

```

oz << "70;Maximale abgelehnte Gap Ausf.-Kreisf.:";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxGapAbgelAF_KF) << ",";
oz << endl;
oz << "80;Maximale abgelehnte Gap Ausf.-Ausf.:";
for (i=0;i<vAWe.size();i++) oz << NumOutLim(vAWe.at(i).MaxGapAbgelAF_AF) << ",";
oz << endl;
return 0;
}

int SteuerdateiAuswerten(const string& SteuerDateiname)
{
string s = "";
string AuswerteDateiname = "";
string LogFilename = "";
string ZusFilename = "";
double xGrenz = 0.0, yGrenz = 0.0, yHaltestelle = 0.0, vLangsam = 0.0;
double Konflikteinflusszeit = 0.0;
double xk1, yk1, xk2, yk2;
double xe1, ye1, xe2, ye2;
double xa1, ya1, xa2, ya2;

ifstream is(SteuerDateiname.c_str());
if (!is) {
cerr << "Steuerdatei kann nicht gelesen werden - Dateiname/Pfad pruefen! " << endl;
return -1;
}

is >> s;
double version = atof(s.c_str());
cout << " Input Version 2 " << endl;
is >> LogFilename;
ofstream LOGGER(LogFilename.c_str());

is >> ZusFilename;
is >> xk1 >> yk1 >> xk2 >> yk2;
is >> xe1 >> ye1 >> xe2 >> ye2;
is >> xa1 >> ya1 >> xa2 >> ya2;
is >> yHaltestelle;
is >> vLangsam;
is >> Konflikteinflusszeit;

vector<AuswerteEssenz> vAWe;
while ( !is.eof() )
{
AuswerteEssenz tmpAWe;
is >> AuswerteDateiname;
if ( !AuswerteDateiname.empty() ) {
ViVAAuswerten(AuswerteDateiname,
xk1, yk1, xk2, yk2,
xe1, ye1, xe2, ye2,
xa1, ya1, xa2, ya2,
yHaltestelle, vLangsam, Konflikteinflusszeit,
tmpAWe, LOGGER);
vAWe.push_back(tmpAWe);
}
}

ZusammenfassungUeberAlles(ZusFilename, vAWe);
return 0;
}

/*
Die Steuerdatei hat folgenden Aufbau fuer Version == 2 :

1. Zeile : Versionsnummer
2. Zeile : Name der Protokoll-Datei
3. Zeile : Name der Zusammenfassungsdatei
4. Zeile : Schnittachse Kreisfahrer xk1 yk1 xk2 yk2 (Leerzeichen getrennt)
5. Zeile : Schnittachse Einfahrer xe1 ye1 xe2 ye2 (Leerzeichen getrennt)
6. Zeile : Schnittachse Ausfahrer xa1 ya1 xa2 ya2 (Leerzeichen getrennt)
7. Zeile : Y-Wert Haltestelle
8. Zeile : Geschwindigkeit "sehr langsam"
9. Zeile : Konflikteinflusszeit Zeitbestimmung gap_angenommen
10. Vivatraffic-Datei
... [ 10 wdh.]
*/

```



### 7.3 KLAUS - Steuerdatei

```
2
logv2.txt
zusv2.txt
5.83 4.09 5.20 -1.17
-1.62 0.25 2.90 3.68
7.00 4.00 15.00 4.00
15.0
3.5
5.0
A07-53.bew
A07-32.bew
A08-22.bew
A08-52.bew
A11-23.bew
A11-53.bew
A12-11.bew
A12-22.bew
A12-53.bew
A15-22.bew
A15-55.bew
A16-23.bew
A16-53.bew
```

## 7.4 KLAUS – Komplett-Auswertung (Auszug, nur Datei A07-53.bew)

```

****   Datei : A07-53.bew   ****
Geraden  Kreisf. : 5.83;4.09 / 5.2;-1.17  Geraden  Einf.   : -1.62;0.25 / 2.9;3.68  Geraden
Ausf.    : 7;4 / 15;4  yHaltestelle = 15
vLangsam = 3.5
Konflikteinflusszeit = 5

Mittelwerte fuer Fallunterscheidung ygrenz = 2.9825
Zeiten :
0:[0] 1:[0.24] 2:[0.48] 3:[0.72] 4:[1] 5:[1.24]
6:[1.48] 7:[1.72] 8:[2] 9:[2.25] 10:[2.48] 11:[2.73]
12:[3] 13:[3.23] 14:[3.48] 15:[3.71] 16:[4] 17:[4.24]
18:[4.48] 19:[4.71] 20:[5] 21:[5.24] 22:[5.48] 23:[5.76]
24:[5.96] 25:[6.24] 26:[6.48] 27:[6.72] 28:[7] 29:[7.24]
30:[7.48] 31:[7.72] 32:[8] 33:[8.24] 34:[8.48] 35:[8.72]
36:[9] 37:[9.25] 38:[9.48] 39:[9.72] 40:[10.01] 41:[10.25]
42:[10.47] 43:[10.71] 44:[11] 45:[11.23] 46:[11.47] 47:[11.71]
48:[12] 49:[12.23] 50:[12.47] 51:[12.72] 52:[13] 53:[13.24]
54:[13.48] 55:[13.72] 56:[14] 57:[14.24] 58:[14.48] 59:[14.72]
60:[15] 61:[15.24] 62:[15.48] 63:[15.72] 64:[16] 65:[16.25]

Fahrzeug 1:
=====
*** Eingabedaten fuer FZ 1 sind ungueltig ***
*** Fahrzeug wird nicht beruecksichtigt ***

Fahrzeug 1:
=====
Positionen:
0:[10.3;25.31] 1:[10.19;25.11] 2:[10.02;24.51] 3:[9.83;23.92]
4:[9.43;22.6] 5:[9.29;22.24] 6:[9.04;21.53] 7:[8.88;21.02]
8:[8.61;20] 9:[8.42;19.36] 10:[8.14;18.58] 11:[7.89;17.99]
12:[7.5;16.99] 13:[7.2;16.16] 14:[6.76;14.98] 15:[6.44;14.25]
16:[6.05;13.06] 17:[5.66;12.06] 18:[5.35;11.21] 19:[5.1;10.82]
20:[4.81;9.93] 21:[4.37;8.54] 22:[3.95;7.17] 23:[3.55;6]
24:[3.28;5.19] 25:[2.96;4.3] 26:[2.68;3.45] 27:[2.44;2.72]
28:[2.16;1.79] 29:[1.92;1.03] 30:[1.71;0.26] 31:[1.51;-0.47]
32:[1.25;-1.42] 33:[1.03;-2.17] 34:[0.78;-2.99] 35:[0.54;-3.92]
36:[0.3;-4.51] 37:[-0.02;-5.51]
Geschwindigkeiten:
1:0.951059 2:2.59841 3:2.58266 4:4.92598 5:1.60943 6:3.13637
7:2.22712 8:3.76832 9:2.67043 10:3.60319 11:2.56312 12:3.9754
13:3.83719 14:5.03746 15:3.46547 16:4.3182 17:4.47233 18:3.76985
19:2.01413 20:3.22778 21:6.07491 22:5.97056 23:4.41602 24:4.26907
25:3.37779 26:3.72888 27:3.20183 28:3.4687 29:3.32081 30:3.32551
31:3.15376 32:3.51763 33:3.25667 34:3.57193 35:4.00195 36:2.27481
37:4.19981
-> Fahrzeug muss STARK VERZOEGERN an Stelle x/y = 5.1/10.82 (19)
FZ-Klasse : BUS
Begrenzungen minx = -0.02 miny = -5.51 maxx = 10.3 maxy = 25.31
erste Position x = 10.3 y = 25.31
letzte Position x = -0.02 y = -5.51
|  *# Zeitberechnung : Schnitt mit Achse (-1.62;0.25)->(2.9;3.68) (interpoliert)
|  Schnittpunkt : 2.70769;3.53407
|  Indizes: 1:25 u:26 g:25
|  Zeiten : 1:6.24 u:6.48
|  ==> Erg. t = 6.45626
|          DUMP Vorgabe: 0.806419
|          DUMP (25->24) 1.7522
|          DUMP (24->23) 2.60601
|          DUMP (23->22) 3.8425
|          DUMP (22->21) 5.27543
|          DUMP interpol bei (21->20) 5.27543 + 0.724565
|  *## Zeitberechnung 1WP : erste Warteposition zwischen Index 21 und Index 20
|  Zeit bei 1. Warteposition : 5.12073
|  Ort der 1. Warteposition (x/y) : 4.59134; 9.23922
Info: Fahrzeug haelt an Haltestelle - Halt ignoriert
==> Fahrzeug faehrt in den Kreisverkehr
==> 'Normal'-Ereignis-Zeit 6.45626
( => Fahrzeug verzoegert stark zum Zeitpunkt 4.71 )

Fahrzeug 2:
=====
Positionen:
21:[8.32;20.4] 22:[8.02;19.43] 23:[7.7;18.66] 24:[7.41;17.76]

```

```

25:[7.1;16.91] 26:[6.76;15.96] 27:[6.46;15.18] 28:[6.14;14.17]
29:[5.77;13.36] 30:[5.49;12.68] 31:[5.15;11.81] 32:[4.78;10.89]
33:[4.47;10] 34:[4.18;9.06] 35:[3.9;8.26] 36:[3.6;7.42]
37:[3.36;6.79] 38:[3.12;6.1] 39:[2.87;5.36] 40:[2.6;4.53]
41:[2.4;3.93] 42:[2.22;3.36] 43:[2.05;2.81] 44:[1.85;2.23]
45:[1.72;1.89] 46:[1.64;1.56] 47:[1.55;1.29] 48:[1.44;0.92]
49:[1.34;0.56] 50:[1.32;0.46] 51:[1.32;0.46] 52:[1.32;0.46]
53:[1.32;0.46] 54:[1.32;0.46] 55:[1.22;0.27] 61:[0.44;-3.52]
62:[0.37;-3.85] 63:[0.28;-4.43] 64:[0.2;-5.22] 65:[0.14;-5.77]
Geschwindigkeiten:
22:4.23055 23:2.97802 24:4.72784 25:3.2313 26:4.20421 27:3.4821
28:3.78386 29:3.71044 30:3.06413 31:3.89199 32:3.54148 33:3.92685
34:4.09882 35:3.5316 36:3.18559 37:2.69666 38:3.17629 39:3.25454
40:3.00969 41:2.63523 42:2.71703 43:2.39864 44:2.11557 45:1.58263
46:1.41483 47:1.18585 48:1.33105 49:1.62448 50:0.424918 51:0
52:0 53:0 54:0 55:0.894621 61:2.54568 62:1.40559
63:2.44559 64:2.83586 65:2.21305
-> Fahrzeug muss STARK VERZOEGERN an Stelle x/y = 3.6/7.42 (36)
FZ-Klasse : PKWM
Begrenzungen minx = 0.14 miny = -5.77 maxx = 8.32 maxy = 20.4
erste Position x = 8.32 y = 20.4
letzte Position x = 0.14 y = -5.77
| *# Zeitberechnung : Schnitt mit Achse (-1.62;0.25)->(2.9;3.68) (interpoliert)
| Schnittpunkt : 2.14085;3.10392
| Indizes: 1:42 u:43 g:42
| Zeiten : 1:10.47 u:10.71
| ==> Erg. t = 10.5817
| DUMP Vorgabe: 0.268037
| DUMP (42->41) 0.865782
| DUMP (41->40) 1.49824
| DUMP (40->39) 2.37105
| DUMP (39->38) 3.15214
| DUMP (38->37) 3.88269
| DUMP (37->36) 4.55685
| DUMP (36->35) 5.44882
| DUMP interpol bei (35->34) 5.44882 + 0.551184
| *## Zeitberechnung LWP : erste Warteposition zwischen Index 35 und Index 34
| Zeit bei 1. Warteposition : 8.56393
| Ort der 1. Warteposition (x/y) : 3.99792; 8.53976
==> Fahrzeug faehrt in den Kreisverkehr
==> 'Normal'-Ereignis-Zeit 10.5817
( => Fahrzeug verzoegert stark zum Zeitpunkt 9 )

Fahrzeug 3:
=====
Positionen:
45:[4.3;-3.25] 46:[3.48;-3.63] 47:[2.74;-4] 48:[2.02;-4.53]
49:[1.55;-4.97] 50:[1.17;-5.34] 51:[0.87;-5.68] 52:[0.58;-5.95]
Geschwindigkeiten:
46:3.76571 47:3.44727 48:3.08288 49:2.7992 50:2.20991 51:1.81373
52:1.41512
-> Fahrzeug muss STARK VERZOEGERN an Stelle x/y = 2.74/-4 (47)
FZ-Klasse : PKWM
Begrenzungen minx = 0.58 miny = -5.95 maxx = 4.3 maxy = -3.25
erste Position x = 4.3 y = -3.25
letzte Position x = 0.58 y = -5.95
| *# Zeitberechnung : Schnitt mit Achse (5.83;4.09)->(5.2;-1.17) (extrapoliert)
| Schnittpunkt : 5.13548;-1.70869
| Indizes: 1:52 u:51 g:52
| Zeiten : 1:13 u:12.72
| ==> Erg. t = 8.60161
==> Fahrzeug bleibt im Kreisverkehr
==> 'Normal'-Ereignis-Zeit 8.60161
( => Fahrzeug verzoegert stark ist aber kein Einfahrer )

++ Zusammenstellung fuer Datei A07-53.bew ++

Nr. Klasse Typ Zeit
1 BUS faehrt in den Kreisverkehr 6.456
2 PKWM faehrt in den Kreisverkehr 10.582
3 PKWM bleibt im Kreisverkehr 8.602

++ zeitsortierte Reihenfolge fuer A07-53.bew ++

Nr. Klasse Typ Zeit
1 BUS faehrt in den Kreisverkehr 6.456

```

```

2   PKWM   bleibt im Kreisverkehr           8.602
3   PKWM   faehrt in den Kreisverkehr      10.582

+++ Zeitabstaende +++

Fahrzeug-Nummmer : 1
** Fahrzeugkennwerte - Typ: faehrt in den Kreisverkehr
(1) Folgezeit_Einfahrer           dt = 0.000
(2) lag Kreisfahrer               dt = 2.145
(3) lag Ausfahrer                 dt = 0.000
(4) Anzahl uebergeordnete Kreisfahrer = 0
(4_t0) 1. abgel. Grenzzeitl. Kreisfahrer dt= 0.000
(5) Anzahl uebergeordnete Ausfahrer = 0
(5_t0) 1. abgel. Grenzzeitl. Ausfahrer dt= 0.000
(6) gap angenommen Kreisfahrer    dt = 0.000
(7) gap angenommen Ausfahrer      dt = 0.000
(9a) Zeitpunkt erste Verzoegerung  t = 4.710
(9b) Ort erste Verzoegerung        x = 5.100
(9c) Ort erste Verzoegerung        y = 10.820
(10a) Zeitpunkt bei 1. Warteposition t = 5.121
(10b) Ort der 1. Warteposition     x = 4.591
(10c) Ort der 1. Warteposition     y = 9.239
(10d) Abstand 1. Wartepos. zu 1. Verz. = 1.661
(10e) Zeitdiff. 1. Wartepos. zu 1. Verz. = 0.411
(10e) mittl. Geschw. 1. WPos. zu 1. Verz. = 4.043 m/s
(11a) Zeitp. Einfahrt in Kreisfahrbahn t = 6.456
(11b) DeltaT Einf. in Kreis bis 1. WPos dt = 1.336
(11c) mittl. Geschw. Einf.Kreis/1. WPos dt = 4.493 m/s

Fahrzeug-Nummmer : 2
** Fahrzeugkennwerte - Typ: bleibt im Kreisverkehr
(8) Folgezeit_Kreisfahrer         dt = 0.000

Fahrzeug-Nummmer : 3
** Fahrzeugkennwerte - Typ: faehrt in den Kreisverkehr
(1) Folgezeit_Einfahrer           dt = 0.000
(2) lag Kreisfahrer               dt = 0.000
(3) lag Ausfahrer                 dt = 0.000
(4) Anzahl uebergeordnete Kreisfahrer = 1
(4_t0) 1. abgel. Grenzzeitl. Kreisfahrer dt= 0.038
(5) Anzahl uebergeordnete Ausfahrer = 0
(5_t0) 1. abgel. Grenzzeitl. Ausfahrer dt= 0.000
(6) gap angenommen Kreisfahrer    dt = 0.000
(7) gap angenommen Ausfahrer      dt = 0.000
(9a) Zeitpunkt erste Verzoegerung  t = 9.000
(9b) Ort erste Verzoegerung        x = 3.600
(9c) Ort erste Verzoegerung        y = 7.420
(10a) Zeitpunkt bei 1. Warteposition t = 8.564
(10b) Ort der 1. Warteposition     x = 3.998
(10c) Ort der 1. Warteposition     y = 8.540
(10d) Abstand 1. Wartepos. zu 1. Verz. = 1.188
(10e) Zeitdiff. 1. Wartepos. zu 1. Verz. = -0.436
(10e) mittl. Geschw. 1. WPos. zu 1. Verz. = -2.725 m/s
(11a) Zeitp. Einfahrt in Kreisfahrbahn t = 10.582
(11b) DeltaT Einf. in Kreis bis 1. WPos dt = 2.018
(11c) mittl. Geschw. Einf.Kreis/1. WPos dt = 2.974 m/s

Sequenzzeit :
-----
oeffnend   : BUS faehrt in den Kreisverkehr bei t = 6.456
schliessend : PKWM bleibt im Kreisverkehr bei t = 8.602
==> Sequenzzeit = 2.145 [s]

Anzahlen :
-----
Einfahrer : 2
Ausfahrer : 0
Kreisfahrer : 1

Anzahlen nach Klassen
-----
BUS : 1

```

```
PKWM : 1
PKWM einmal nicht beruecksichtigt da sequenzschliessend
```

```
Belastung pro Stunde bez. auf Typen (Sequenzen/Stunde = 1678)
```

```
-----
Einfahrer : 3356
Ausfahrer : 0
Kreisfahrer : 0
```

```
Belastung pro Stunde bez. auf Klassen (Sequenzen/Stunde = 1678)
```

```
-----
BUS : 1678
PKWM : 1678
```

```
Erzeuge Excel-Ausgabe in Datei A07-53.bew.csv
```

## 7.5 KLAUS – EXCEL-Gesamtübersicht – Ausgabe (Auszug)

K L A U S - Zusammenfassende Zusammenfassung					
1		A07-53.bew	A07-32.bew	A08-22.bew	A08-52.bew
2	Projekt	\$Projekt K_Bottrop			
3	Standort	\$Standort Kirchhellenerstr - Eichenstr			
4	Standort	\$Kalibrierung CAM A Eichenstraße neue			
5	Dateinamen	A07-53.bew	A07-32.bew	A08-22.bew	A08-52.bew
6	Datum	\$Kommentar Konflikt Bus[Einfahrt] - Pkw[Kreis]			
7	Sequenzzeit	2.14534	33.3867	36.424	18.5186
8	Einfahrer pro Stunde	3356	214	392	388
9	Ausfahrer pro Stunde	0	214	196	0
10	Kreisfahrer pro Stunde	0	0	98	194
11	Summenbelastung pro Stunde	3356	428	686	582
12	Fahrzeugklassen pro Stunde	BUS :1678	BUS :107 P	BUS :98 PK	BUS :194 P
22	Einfahrer mit Halt an Haltestelle in %	0	0	0	100
23	Einfahrer mit Halt in Zufahrt in %	100	100	0	100
24	kuerzeste Warteschlange	10.82	14.53		10.32
25	laengste Warteschlange		4.5		4.21
26	Summe der abgel. Zeitluecken	2	2	4	2
27	Minimale Folgezeit von Einfahrern				
28	Minimale Lag fuer Kreisfahrern			2.29421	3.67956
29	Minimale Lag fuer Ausfahrern		12.9673		
30	Maximale abgelehnte Gap fuer Kreisfahrern	0.0376773			
31	Maximale abgelehnte Gap fuer Ausfahrern			0.966259	
32	Minimale angenommene Gap von Kreisfahrern				
33	Minimale angenommene Gap von Ausfahrern				
34					
35					
36	Minimale Fahrzeit erste Verz. bis erste Wartepos.				
37	Maximale Fahrzeit erste Verz. bis erste Wartepos.	0.410728	2.09341		0.544569
38					
39	Minimale mittlere Geschw. zw. erster Verz. und erster Wartepos.				
40	Maximale mittlere Geschw. zw. erster Verz. und erster	4.04308	3.02166		3.916
41	Minimale Fahrzeit erste Wartepos. bis Einfahrt	1.33554	1.85055	0.72487	1.68161
42	Maximale Fahrzeit erste Wartepos. bis Einfahrt	2.01782	2.89567	1.40144	1.88784
43	Minimale mittlere Geschw. zw. erster Wartepos. und E	2.97351	2.07206	4.28132	3.17824
44	Maximale mittlere Geschw. zw. erster Wartepos. und I	4.49258	3.24227	8.27734	3.56802

---