

Diplomarbeit

Kreisverkehre und ihre Auswirkung auf den Busverkehr

Ausgeführt unter Betreuung von:

Senior Assist. Prof. Dr. Eng. Borislav Hristov

*Fakultät für Verkehrsbau der Universität für Architektur, Bauingenieurwesen und Geodäsie - Sofia
Institut Straßenbau*

und

Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Thomas Macoun

*Fakultät für Bauingenieurwesen der Technischen Universität Wien
Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik*

von

Magdalena Ignatova Pindikova

Wien / Sofia, 2013

.....

Kurzfassung

Die steigende Verkehrsbelastung und die wachsenden Geschwindigkeiten in der Vergangenheit sind die Ursachen für das Entstehen einer besonderen Knotenpunktform – der Kreisverkehr.

Diese Knotenpunktsart verändert sich im Laufe der Jahre und passt sich an die heutigen Anforderungen an. In den Kreisverkehren finden heute die Planer Vorteile, wie Umweltfreundlichkeit, Wirtschaftlichkeit und vor allem die Verkehrssicherheit. Die Leistungsfähigkeit entspricht den gegenwärtigen Verkehrsmengen und die Entwurfselemente erlauben das flüssige Durchfahren für alle Verkehrsteilnehmer. Aber die aufgezählten Eigenschaften der Kreisverkehrsplätze gelten nur in den Fällen, wenn ihren Abmessungen entsprechend der konkreten Verkehrssituation entworfen sind. Da diese fahrdynamisch begründet werden, zeigt eine Literaturforschung, dass die Regelwerte der Entwurfselemente des Kreisels auch in den verschiedenen Ländern, wie Österreich, Deutschland und der Schweiz, im Wesentlichen ähnlich sind.

Die Empfehlungen und die Normen für Entwurf von Kreisverkehren geben eine gewisse Freiheit bei der Wahl der Abmessungen. Wie diese die verschiedenen Straßenbenutzer in der Realität beeinflussen, kann man mittels Beobachtungen von tatsächlichen Objekten bestimmen. Aus diesem Grund wurden Videobeobachtungen an drei verschiedenen Kreisverkehrsplätzen durchgeführt und verglichen. Im Zentrum der Untersuchung stehen die Gelenkbusse des öffentlichen Personennahverkehrs, die durch die Kreisverkehre fahren. Die Schwierigkeiten und die Nachteile für diese werden theoretisch untersucht und ihre Wirkung wurde in der Praxis überprüft. Die Schlussfolgerung dieser Erhebung ist, dass die Kreisverkehrsplätze, die nach den Normen gebaut sind, für die Gelenkbusse geeignet sind und keine Hindernisse für diese Verkehrsmittel darstellen.

Abstract

The increasing traffic load and speed in the past are the reason for the development of a specific type of crossroads– the roundabout.

This variety of crossroads has changed during the decades and has adapted itself to the present requirements. The engineers today find advantages in the building of roundabouts, like environmental friendliness, economic efficiency and especially safety to traffic. The capacity of roundabouts fits for the existent traffic volume and the design elements permit the flowing crossing for all road users. But the listed qualities of roundabouts apply only in cases, when their dimensions are planed corresponding to the practical traffic situation. Because these are based on the dynamics of vehicle movement a literary research points, that the normed measurements of the design elements of a roundabout are essential similar in the different countries, like Austria, Germany and Switzerland.

The recommendations and the engineer standards for design of roundabouts give certain freedom for choice of measurements. How those influence the different road users in reality can be diagnosed by observation of actual objects. For this reason video observations of different roundabouts are being performed and compared to one another. The attention is focused on the articulated busses of the public transportation system that are passing through the roundabouts. The difficulties and the disadvantages for them are theoretical reviewed and their impact is verified in praxis. The bottom line of this inquiry is that roundabouts, which are built after the engineer standards, are suitable for articulated busses and cause no major obstructions for those transportation means.

Inhaltverzeichnis

A. Kreisverkehrplätze	4
1. Historischer Rückblick.....	5
a) Die Entstehung des Kreisverkehrs	5
b) Die Entwicklung.....	5
c) Die Verbreitung.....	6
2. Kreisverkehrarten.....	7
a) Kreisverkehre innenorts	7
b) Kreisverkehre außerorts	9
c) Kreisverkehre mit Bypass	11
d) Planfreie Kreisverkehre	12
3. Anforderungen an plangleichen Knotenpunkten	12
a) Einheitlichkeit	12
b) Erkennbarkeit	12
c) Übersichtlichkeit	13
d) Begreifbarkeit	13
e) Befahrbarkeit	13
f) Begehbarkeit	14
4. Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren	14
a) Arten von Leistungsfähigkeit	14
b) Die Faktoren, die die Leistungsfähigkeit beeinflussen	15
c) Die Bestimmung der Leistungsfähigkeit.....	17
d) Bemessungsnachweise	18
5. Verkehrsablauf	20
6. Verkehrssicherheit	21

a) Konfliktpunkte	21
b) Sichtverhältnisse im Kreisverkehrsplatz	23
c) Geschwindigkeitsdämpfung	29
d) Bauliche Trennung der Verkehrsströme	31
e) Verkehrsregeln in Kreisverkehrsplätzen	31
f) Unfälle im Kreisverkehr	31
7. Einsatzbereichen von Kreisverkehren	34
8. Geometrie der Kreisverkehre nach der Normen in Österreich, Deutschland und Schweiz, Vergleich der Entwurfselemente.....	39
9. Nebenanlagen	49
a) Signalisierung	49
b) Markierung	51
10. Wartung	52
11. Die Bepflanzung in den Kreisverkehren	53
12. Kunst und Ästhetik	56
13. Umweltverträglichkeit der Kreisverkehre	57
14. Einstellung der Autofahrer zu den Kreisverkehrsplatz	59
B. Öffentlicher Personennahverkehr in Kreisverkehrsplätzen	61
1. Linienführung	62
2. Gesellschaftliche Gruppen unter den Fahrgästen	62
3. Fahrgeometrie	62
4. Fahrdynamik	66
5. Reisegeschwindigkeit	68
6. Beschleunigungsmaßnahmen für den ÖPNV	69
7. Beruhigungsmaßnahmen	72
8. Fahrerbeanspruchung von baulichen Maßnahmen für Geschwindigkeitsdämpfung ..	72
9. Wirtschaftlichkeit	72

C. Erhebung des Verhaltens von Bussen in Kreisverkehrsplätzen	74
1. Wahl der Objekten	75
2. Vorbereitung für die Videobeobachtung	76
3. Zeit der Durchführung	77
4. Durchführung der Geschwindigkeitsmessung in der relativen Gerade	77
5. Bearbeitung der Daten von der Videobeobachtung	77
6. Daten der beobachteten Objekte	78
7. Schlussfolgerungen bezüglich der Entwurfselemente des Kreisverkehrs und die Vorteile / Nachteile der Gelenkbusse im Vergleich zu den Normalbussen	97
D. Resümee	101
E. Anhänge	103
Anhang A: Geschwindigkeiten in der Gerade – Erhebungsdaten	104
Anhang B: Geschwindigkeits- und Spurverteilungen im Kreisverkehr – Erhebungsdaten	113
Anhang C: Fahrzeugpläne der Gelenkbusse	144
F. Literaturverzeichnis	148

A. Kreisverkehrsplätze

1. Historischer Rückblick

a) Die Entstehung des Kreisverkehrs:

Die Geschichte des Kreisverkehrs fängt 1904 mit der Errichtung von Columbus Circle an der Südwestecke des Central Parks in New York an. Das Urbild dieser Knotenpunktform unterscheidet sich sehr von den gegenwärtigen Kreisverkehren, was folgend ganz kurz erklärt wird. Der Erfinder des Kreisels ist der Geschäftsmann William Phelps Eno. [1], [2]



Abb.1 Columbus Circle, 1919, NYC [6]



Abb.2 Columbus Circle, 2011, NYC [17]

b) Die Entwicklung:

Die niedrigeren Verkehrsstärken in der Vergangenheit erlauben damals eine Verkehrsregelung mit dem West-Ost-West-Verkehr Vorrang. Die Steigerung der Anzahl der motorisierten Fahrzeuge zwang zur Suche nach neuen Arten der Verkehrsorganisation. In der Folge ist man auf die Idee für die "first-in" Regel, die den Vorrang in der Ringbahn verordnet, gekommen. Das erwies sich aber wieder als unzureichend für den zunehmenden Verkehr. Das Problem, der Stau im Kreisel, fand seine Lösung im Jahr 1913 in der Stadt (?) Wisconsin, wo zum ersten Mal eine allgemeine Rechtsregelung verkündigt wurde. Die Aufstellung von Vorrangsschildern begann erst in den 1950er-Jahren. Trotzdem konnten die Kreisverkehre nicht länger die Anforderungen der Straßennetzbelastung erfüllen. Der Vorschlag für eine Linksregel fand keine Unterstützung. Das damalige Streben nach höheren Geschwindigkeiten führte zu einer Knotenpunktart mit großem Durchmesser und tangentialen Einfahrten. Mit diesen Merkmalen war der Kreisverkehr bald in den USA nicht mehr zu bauen. Die Wiedergeburt des Kreisels kam mit der

Verkleinerung des Durchmessers, was zu Geschwindigkeitsdämpfung führt und die tangentialen Knotenäste unnötig macht. Auf diese Art und Weise hat sich der heutige Kreisverkehr ergeben. Jetzt werden in den USA wieder Kreisverkehre eingesetzt, verursachen aber manchmal Fahrfehler, denn die Kreisverkehrsplätze sind schon seit langem der Verkehrskultur der Amerikaner fremd. [1], [2]



Abb.3 Der Triumphbogen in Paris, 19.Jh [52]

Abb.4 Der Triumphbogen in Paris, 21.Jh [53]

c) Die Verbreitung:

Nach den USA hat sich Frankreich für Kreisverkehre entschieden. Diese Verkehrslösung wird erfolgreich bis zur heutiger Zeit im Land angewendet. Dabei hat Frankreich mit ihren mehr als 20 000 Kreisverkehrsplätzen etwa die Hälfte aller Kreisverkehre in der Welt. Besonders häufig richten die Franzosen diese an außerörtlichen Einmündungen ein. [1]

Weiterhin fand der Kreisel auch in anderen Ländern Anwendung. Mitte der 1920er-Jahren unter der Leitung von William Eno wurden Kreisverkehre auch in Großbritannien gebaut. 1966 verordnet der Staat die Linksregel (wegen des „Links fahren“ in Großbritannien) und druckt die ersten Richtlinien für den Kreisverkehren im 1971. Dort wurde eine der Sonderformen dieser Knotenpunktart ausgedacht und auch weiter verwendet. Sie ist als Magic Roundabout bekannt und hat sich auch in anderen Staaten wie Irland z.B. verbreitet. Der Aufbau von Kreiseln findet in Deutschland, Schweiz, Österreich, Benelux, Spanien, Portugal, Australien, Neuseeland, Südafrika, Israel u.a. statt. [1]

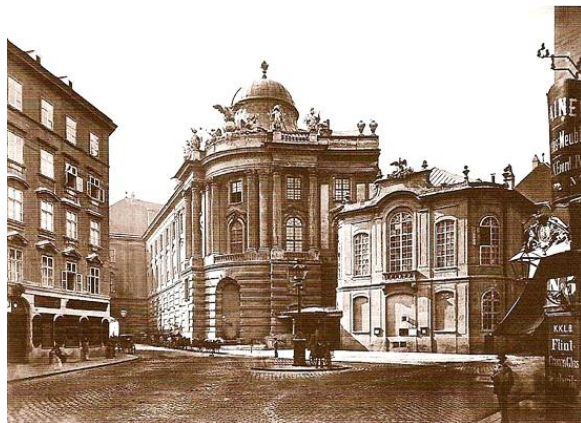


Abb.5 Michaelerplatz, Wien, 1880 [54]



Abb.6 Michaelerplatz, 2005 [55]



Abb.7 Der Dom Alexander Nevski, 1920 [56]



Abb.8 Der Dom Alexander Nevski, 21.Jh [57]

2. Kreisverkehrsarten

Die Kreisverkehre (auch Kreisel genannt) können in mehrere Merkmale untergeteilt werden. Jede Kreisverkehrsform besitzt konkrete Besonderheiten, die sich für verschiedene Verkehrssituationen eignen. Die vorhandene Geschwindigkeiten und die Richtungsverteilung der Verkehrsströme, so wie die Verkehrsbelastung, sind für die Knotenpunktart aus maßgebender Bedeutung.

a) Kreisverkehre innenorts

- Bei niedrigen Geschwindigkeiten und vergleichbar leichter Verkehrsbelastung:

✓ Minikreisverkehr



Abb.9 Mini-Kreisverkehr [1]

Der Minikreisverkehr ist einstreifig und nur für bebaute Gebiete passend, weil wegen seiner kleinen Abmessungen keine höheren Geschwindigkeiten möglich sind. Der Außendurchmesser variiert zwischen 18m und 22m. In Deutschland befindet sich die untere Grenze sogar bei 13 m. In der Schweiz liegt die bei 14 m. [3], [24] Für Großfahrzeuge bereitet dieser aufgrund ihres Wendekreises Schwierigkeiten. Das führt zu Beschränkungen von manchen Fahrzeugarten oder zu einer befahrbaren Ausföhrung der Mittelsinsel. In seltenen Fällen ist die Insel nur mittels Markierung auf der Fahrbahn

gezeichnet. Diese Knotenpunktsart steht mit seiner Leistungsfähigkeit von ungefähr 15 000 Kfz/d für wenig belastete Knotenpunkte zur Verfügung. Oft werden Mini-Kreisverkehrsplätze bei Einfahrten von Tempo-30-Zonen für Geschwindigkeitsdämpfung verwendet. [26]

✓ Kleiner Kreisverkehr



Abb.10 Kreisverkehr an Agnesgasse und Rathstraße, Wien

Aus Befahrbarkeitsanforderungen wird der Minstdurchmesser für kleine Kreisverkehre 26 m abgeleitet. [3], [24] Für innerörtlichen kleine Kreisel werden Durchmesser von 26 m bis 40 m gewählt. Sie besitzen eine mittlere Leistungsfähigkeit von ca. 20 000 Kfz/24h. Die Schleppkurven von Lastkraftfahrzeugen und Bussen verlangen breitere Kreisfahrbahn für die einstreifigen Verkehrsanlagen. Der Pkw kann aber geradeausfahren, was die Mittelinsel unsinnig macht. Die Lösung ergibt sich mit einer Trennung des Kreisringes (9 m) in einer überfahrbaren abgesetzten inneren Spur (z.B. 2,5 m breit) und einer Ringfahrbahn (z.B. 6,5 m breit). Der Innenring steht für die Großfahrzeuge nach der Überwindung einem Bord von 4-5 cm zur Verfügung. Die Kreisinsel ist unbefahrbar als ein festes Hindernis mit einer Entwässerungsneigung von 2,5% nach außen zu errichten. [27]

ausfahren, was die Mittelinsel unsinnig macht. Die Lösung ergibt sich mit einer Trennung des Kreisringes (9 m) in einer überfahrbaren abgesetzten inneren Spur (z.B. 2,5 m breit) und einer Ringfahrbahn (z.B. 6,5 m breit). Der Innenring steht für die Großfahrzeuge nach der Überwindung einem Bord von 4-5 cm zur Verfügung. Die Kreisinsel ist unbefahrbar als ein festes Hindernis mit einer Entwässerungsneigung von 2,5% nach außen zu errichten. [27]

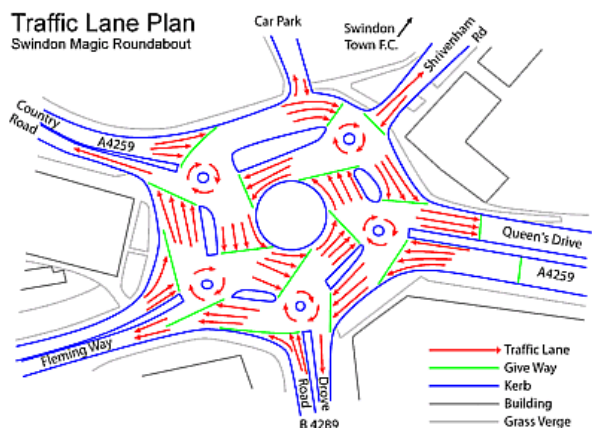


Abb.11 Kreisverkehr an Waimarerstraße und Hasenauerstraße, Wien

✓ Magic Roundabout

Diese Knotenform ist ein Art des großen Kreisverkehrs, der vor allem in England und Irland, aber trotzdem selten vertreten wird. Sie kann als kleinere Kreisverkehre vor den Ausfahrten rund um einen größeren Kreisverkehr beschrieben werden. [2], [27]

Abb.12 Schema von Magic Roundabout [58]



• **Bei höheren Geschwindigkeiten**

✓ Großer Kreisverkehr

Als große bezeichnen sich die Kreisverkehre in bebauten Gebieten mit einem Durchmesser über 40 m. In Österreich erreicht der Umfang sogar 700 m (Verteilerkreis Favoriten). Die großen Kreisverkehre lassen Verkehrsstärke über 25 000 Kfz/24h bei einem Durchschnitt größer als 50 m durch. Normalerweise ist diese Knotenpunktart zwei- bis dreistreifig. Die mehrstreifigen Anlagen werden mit Ampeln gesteuert. Innerorts sind sie selten zu finden. [2]



Abb.13 Kreisverkehr in Washington, 1922. [59]

b) Kreisverkehre außerorts

✓ Kleiner Kreisverkehr

Der unterscheidet sich von dem kleinen Kreis im Durchmesser. Die höheren Geschwindigkeiten in unbebauten Gebieten verlangen Durchmesser von 35 m bis 50 m. Querungsstellen sind nicht vorhanden.

✓ Großer Kreisverkehr

In den Niederlanden baut man große Kreisel mit einem Durchmesser von ca. 450 m auch auf Autobahnen. Sonst sind diese an örtlichen Randbereichen geplant. Oft ist dabei eine Spiralmarkierung für Abbau der zusätzlichen Konfliktpunkte, die infolge der größeren Anzahl von Spuren entstanden sind. Das macht die Vorsortierung des Verkehrs bei den Einfahrten möglich.

✓ Turbo-Kreisverkehr



Abb.14 Turbo-Kreisverkehr in Maribor, Slowenien, 2008 [32]

Diese Knotenpunktform ist für sehr starke Verkehrsströme geeignet. Solche Verkehrsanlagen sind oft in Deutschland zu treffen und in den Niederlanden und Belgien am häufigsten verbreitet. Die weisen eine gute Übersichtlichkeit und eine optimierte Leistungsfähigkeit auf und zählen zu den großen Kreisverkehrsplätzen. In der Kreisfahrbahn schleusen zwei Spuren durch, die eine obligatorische Vorsortierung der Verkehre brauchen. Entlang der Kreisfahrbahn ist die Spurwechsel an wenigen Stellen erlaubt, denn die Streifen sind mit baulichen Maßnahmen voneinander getrennt. Das wird auf dem Bildmaterial veranschaulicht. Die bauliche Trennung bereitet aber Schwierigkeiten für den Winterdienst. [2], [32]



Abb.15 Detail von Turbokreisel, Maribor [32]



Abb.16 Detail von Turbokreisel, Maribor [32]

Aus Sicherheitsgründen dürfen keine Radfahrer den Turbo-Kreisverkehr benutzen. Der kleinste Durchmesser für diese Art ist auf 60 m begrenzt, damit die ausreichenden Sichtfelder gesichert werden. Außerdem existieren Sonderformen der Turbo-Kreisel, die sich den Unterschieden in der Verkehrsbelastung in den Richtungen ganz gut anpassen. Das sind die auf den Abbildungen dargestellten Kreisel:

- *Ei-Kreisverkehr*

Egg roundabout

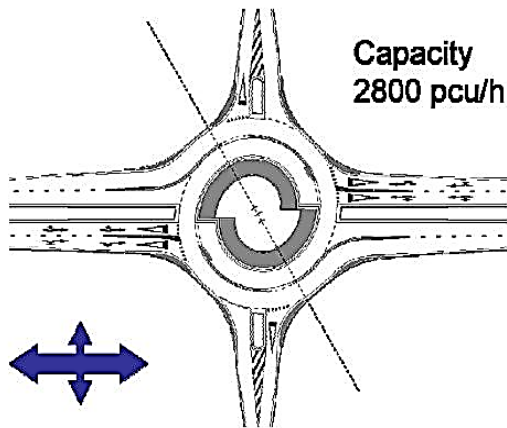


Abb.17 Schema: Ei-Kreisverkehr [60]

- *Spiralkreisverkehr*

Spiral roundabout

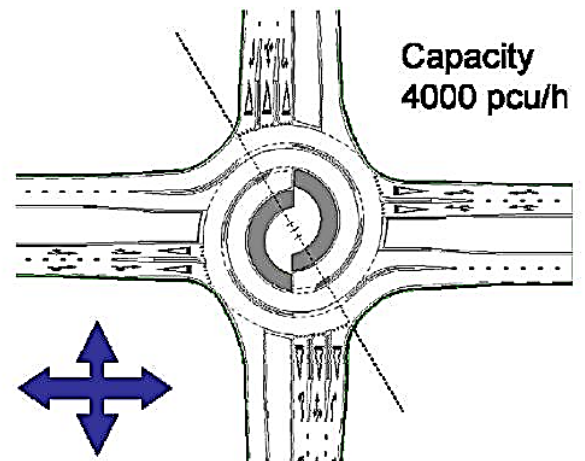


Abb.18 Schema: Spiralkreisverkehr [60]

- **Knie- Kreisverkehr**

Knee roundabout

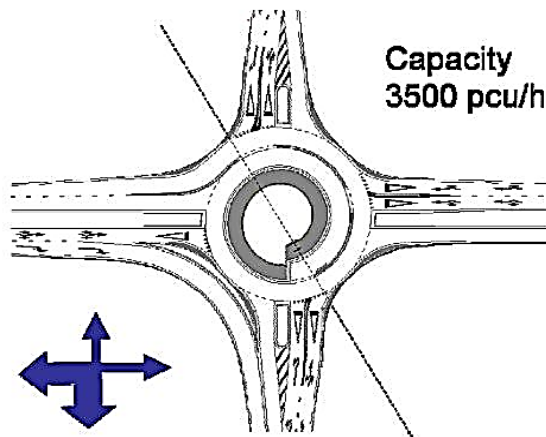


Abb.19 Schema: Knie-Kreisverkehr [60]

retched-knee roundabout

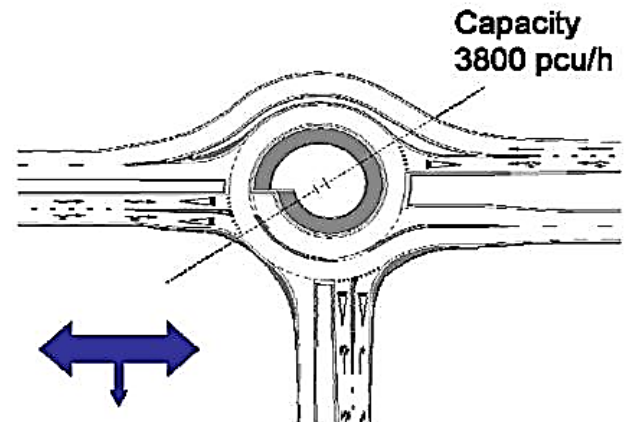


Abb.20 Schema: Knie-Kreisverkehr [60]

- **Stern -Kreisverkehr**

Star roundabout

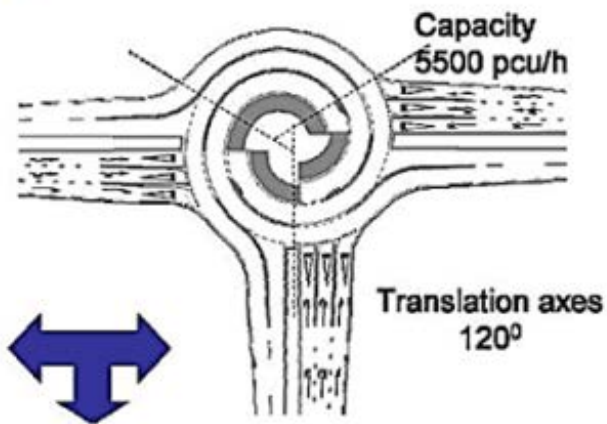


Abb.21 Schema: Stern-Kreisverkehr [60]

- **Rotor -Kreisverkehr**

Rotor roundabout

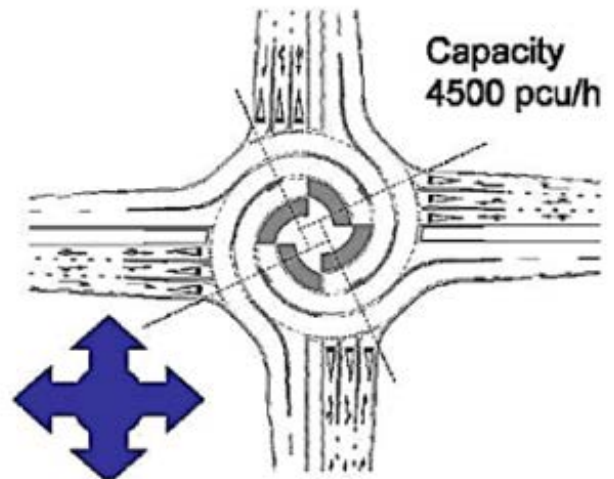


Abb.22 Schema: Rotor-Kreisverkehr [60]

c) **Kreisverkehre mit Bypass**

Zur Entlastung der Kreisfahrbahn können spezielle Abbiegestreifen für rechtsabbiegende Fahrzeuge eingebracht werden. Diese sind in der Regel baulich getrennt zu führen und weisen einen höheren Platzbedarf auf. Eine Steigerung der Verkehrssicherheit und eine Erhöhung der Leistungskapazität ergeben den Nutzen der Bypasserrichtung.



Abb.23 Kreisel in Böblingen, Deutschland [61]



Abb.24 Kreisverkehr in Audsburg, Deutschland [62]

d) Planfreie Kreisverkehre

Kreisverkehre können auch spiral auf verschiedenen Ebenen ausgebaut werden. Es entsteht eine komplizierte Verkehrsanlage, die eine hohe Leistungsfähigkeit und damit auch geringeren Platzbedarf besitzt.



Abb.25 Kreisverkehr in Shanghai, China [63]



Abb.26 Kreisverkehr in Shanghai, China [64]

3. Anforderungen an den plangleichen Knotenpunkten

a) Einheitlichkeit

Die Gestaltung der Knotenpunkte muss entsprechend für die Kategorie der Straßen gewählt werden. Nicht nur, dass die verkehrsdynamischen Bedingungen berücksichtigt werden müssen, sondern es ist auch eine ähnliche Gestaltung der Knotenpunkte anzustreben, damit die Verkehrsteilnehmer nicht in stark unterschiedlichen Verkehrsräume geraten. Dazu wird bei den Knotenpunktformen die Anwendung identischer Gestaltungselemente entlang des Straßenzuges empfohlen. [3]

b) Erkennbarkeit

Der Knotenpunkt muss möglichst frühzeitig für die Fahrer erkennbar sein. Die Verbesserung der Wahrnehmung erfolgt durch die richtigen Maßnahmen in den Bereichen von baulicher Gestaltung, Beschilderung und Beleuchtung, besonders bei Knotenpunkten in bebauten Gebieten und Kreisverkehrsplätzen.

Die Kreisverkehre weisen gute Voraussetzungen in Beziehung zu der Erkennbarkeit auf. Die einfache geometrische Form und die Errichtung einer Mittelinsel bieten die Möglichkeit für eine leicht begreifbare Gestaltung des Knotenpunktes. Die Ausführung der *Querneigung* nach außen von der Kreisinsel betont das Hindernis, das zur Ablenkung der Verkehrsströme zwingt. Sichtbermen und Dammaufschüttungen in der Insel wirken dabei mit. Die Aufmerksamkeit des Fahrers kann auch durch einen Kontrast der Farben, sowohl zwischen der Kreisfahrbahn und dem Innenring, wenn diese vorhanden sind, als auch zwischen Kreisfahrbahn (Innenring) und Kreisinsel, gerichtet werden. Bei befahrbarer Mittelinsel ist das vermöge der *Textur*, z. B. einer verschiedenen Art von Belag, oder durch eine passende *Markierung* der Fläche zu erzielen. Im Fall einer nicht überfahrbaren Kreisinsel kommt die *Bepflanzung* zur Hilfe. [27], [31]

c) *Übersichtlichkeit*

Für die Übersichtlichkeit des Knotenpunktes spielen die Sichtfelder, die Topografie des Geländes und die Möglichkeit die anderen Verkehrsteilnehmer in Sicht zu halten eine Rolle. Das bedeutet, dass der Straßenraum, der in direkter Beziehung zur Verkehrssituation steht, nicht zu breit gestaltet werden darf, damit dieser im Blick erfasst werden kann. Keine Hindernisse dürfen in die für die Verkehrssicherheit notwendigen Sichtfelder geraten, um die Verkehrsteilnehmer rechtzeitig zu erkennen und zu schützen. Schwierigkeiten bei den Sichtverhältnissen können auch aufgrund des Geländes entstehen. Das ist der Fall, wenn der Knotenpunkt auf Kuppe gebaut wird, was allerdings zu vermeiden ist. [27], [31]

Die Vorteile der Kreisverkehrsplätze im Zusammenhang zu den Sichtverhältnissen sind weiter detaillierter zu beschreiben.

d) *Begreifbarkeit*

Eine gute Begreifbarkeit ist für die Verkehrssicherheit von großer Bedeutung. Sie verhindert oder wenigstens bietet keine Voraussetzungen für Falschfahrten. Das erreicht man, indem man vollständige und einfache Verkehrsregelung den Verkehrsteilnehmern anbietet. Die Gestaltung ist einfach und in Übereinstimmung mit der Verkehrsregelung zu schaffen. Die Führung im Knotenpunkt muss eindeutig, logisch und leicht zu erkennen sein, so dass sich der Fahrer schnell und mit leichter Hand im Verkehrsstrom orientiert. Aus Sicherheitsgründen ist der Fahrstreifenwechsel im Bereich des Knotenpunktes jedenfalls nicht gewollt. Wenn mehrere Fahrstreifen in der Kreuzung verlaufen, müssen die Verkehrsströme schon an den Einfahrten nach Fahrtrichtung geordnet werden. Das Risiko von Konfliktsituationen unter den Verkehrsteilnehmern ist auf möglichst kleinere Konfliktflächen zu begrenzen, damit die Aufmerksamkeit der Fahrer sich leichter auf dieser konzentriert. [31]

e) *Befahrbarkeit*

Ein sicherer und leichter Verkehrsfluss mit einer hohen Leistungsfähigkeit erfordert Knotenpunkte mit ausreichender Fahrbahnbreite und solcher Verkehrsführung, die den Ausmaßen und der fahrdynamischen Spezifik der auftretenden Fahrzeuge zugestimmt ist. Der Verkehr muss auf einen ebenen Belag mittels Markierung geführt werden. Hier kommt auch die bauliche Trennung der Verkehrsströme anhand Fahrbahnteiler auch zu Hilfe der Befahrbarkeit. [25], [31]

f) Begehrbarkeit

Die Sicherheit und der Komfort aller Verkehrsteilnehmer haben dasselbe Gewicht. Das ist auch für den Fußgängerverkehr gültig. Ihm zu Gunsten sind die notwendigen Flächen mit ausreichender Breite zur Verfügung zu stellen. Querungsstellen sind entsprechend mit bequemen und möglichst kürzeren Furten auszustatten. Der Planer trägt die Verantwortung, alle Richtungen erreichbar zu gestalten.

4. Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren

Als Leistungsfähigkeit bezeichnet man *die maximale Verkehrsmenge je Zeiteinheit, die durch einen Straßenquerschnitt, einer einzelnen Fahrbahnstreife oder einer Richtungsfahrbahn unter bestimmten Verkehrsbedingungen geleitet wird.* Zitat (?) warum kursiv? Für einen Knotenpunkt bedeutet das die Summe der einfahrenden Verkehrsstärke aus allen Knotenpunktarmen. In dem selben Gedankengang kann man den Kreisverkehrsplatz als eine Reihenfolge von nah aneinander stehenden T-förmigen Knotenpunkten, die nur in einer Richtung orientiert sind. Nach diesem theoretischen Modell ist die Leistungsfähigkeit des Kreisverkehrs durch die Summe allen einzelnen T-Kreuzungen in einer Zusammenstellung zu bekommen. Nach der Art und Weise wird die Leistungsfähigkeit der Kreisverkehre in Bulgarien überprüft. [35]

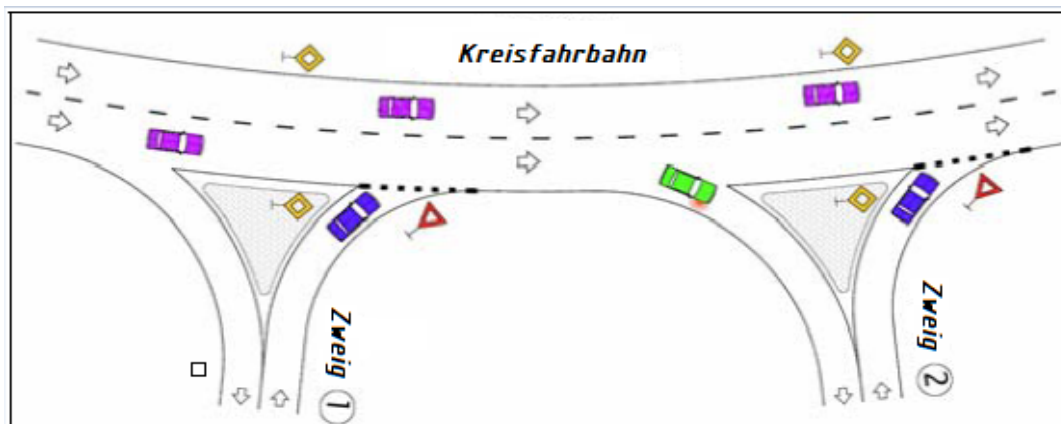


Abb.27 Modell für die Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehren [35]

In Abhängigkeit von den Bedingungen, bei denen die Leistungsfähigkeit untersucht wird, unterscheidet man im Allgemeinen drei verschiedene Arten davon.

a) Arten von Leistungsfähigkeit:

- **Die grundlegende Leistungsfähigkeit** – die höchste Leistung, die nur im Fall von ausgezeichneten Verkehrsbedingungen zu beobachten ist.
- **Die mögliche Leistungsfähigkeit** – ist in Einzelfällen vorhanden, wenn die Einfahrten überstaut werden und die Qualität des Verkehrsablaufs ungenügend ist.

- **Die praktische Leistungsfähigkeit** – die Gefahr, die Wartezeiten, die Verzögerungen und die Begrenzung der Freiheit der Fahrer, die sich aus der Unvollkommenheiten der tatsächlichen Bedingungen ergeben, befinden sich in zulässigen Grenzen, immer noch eine zumutbare Verkehrsbedienung sichern.

b) Die Faktoren, die die Leistungsfähigkeit beeinflussen, sind die folgenden:

- ✓ **Die Geschwindigkeit** – mit Erhöhung der Geschwindigkeit wachsen die notwendigen Sicherheitsabstände zwischen den Verkehrsteilnehmern, so verzögern sich diese auf jene längere Strecke und senken dadurch die Leistungsfähigkeit.
- ✓ **Die Art der Grundbewegungen im Knotenpunkt** (Ein- und Ausfädeln, Verflechten, Kreuzen) – die verschiedenen Arten von Manövern weisen verschiedene Fahrlinien auf und ziehen mit verschiedenen Verkehrsströmen in unterschiedlichen Konflikten hinein, deshalb nehmen unterschiedlich lange Zeit in Anspruch und brauchen entsprechend die passenden Zeitlücken in den übergeordneten Verkehren, was zu Verzögerung für die nicht bevorrangten Verkehrsteilnehmer führt.
- ✓ **Die Verkehrsregelung** – die unregulierten, die vorrangeregulierten und die lichtsignalisierten Knotenpunkte besitzen entsprechend verschiedene Leistungsfähigkeiten und verschiedene Gesamtwarezeiten.
- ✓ **Die Fahrstreifenbreite** in den Einfahrten und im Kreis – je breiter die Fahrbahn ist, um so schneller kann man fahren, desto mehr gebrauchter Bewegungsraum ist vorhanden.
- ✓ **Die Anzahl der Fahrstreifen in den Einfahrten** – wenn mehr als ein Fahrstreifen in einer einstreifigen Kreisfahrbahn einmünden, dann ist der Fall einer Einengung, die als Hindernis für die Verkehrsströme wirkt. Bei mehrstreifiger Kreisfahrbahn wird der Streifenwechsel im Kreis mittels einer Vorordnung auf den Streifen in der Einfahrt vermeiden und dadurch die Leistungsfähigkeit gestiegen.
- ✓ **Die Anzahl der Fahrstreifen in der Kreisfahrbahn** – die zusätzliche Verflechtung der Verkehrsströme bei mehrstreifigen Kreisfahrbahnen bringt mehrere Konfliktpunkte mit sich, was der Verkehrsablauf erschwert. Deshalb werden diese in den meisten Fällen lichtsignalisiert gesteuert. Sonst verlieren sie teilweise ihre Leistungsvermögen.
- ✓ **Die Verkehrsstärke der querenden Fußgänger** – der höhere Anteil querender Fußgänger verursacht Zeitverluste. Besonders ungünstig ist das bei den Verkehrsströmen, die den Kreisverkehr verlassen und einen Stau auf Kreisfahrbahn erzeugen. Das beeinflusst nicht die Leistungsfähigkeit in den Einfahrten bei einer Stärke des Hauptstroms größer als 900 Pkw-E/h , denn es entsteht Stau in den untergeordneten Verkehrsströmen, die die Möglichkeit zum Überqueren für die nichtmotorisierten Verkehren anbietet.

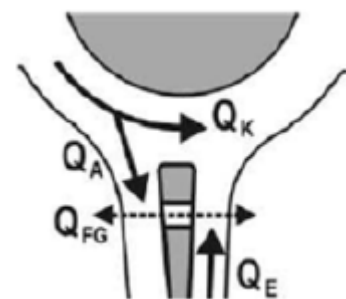


Abb.28 Bemessungsverkehrsstärke für einen Kreisverkehr [41]

- ✓ Die **Verteilung der Verkehrsströme** in Richtungen spielt eine bedeutende Rolle, denn diese bestimmt die Größe des Verkehrstromes auf der Kreisfahrbahn in den verschiedenen Querschnitten. [20]
- ✓ **Die Führungsart und die Anzahl der Radfahrer** – bei einer Führung der Radfahrer auf abgesetzten Fahrradstreifen oder auf dem Gehsteig mit den Fußgängern gemischt, haben wir dieselbe Situation wie bei den querenden Fußgängern. Andere Möglichkeit ist die Führung der Radfahrer auf die Kreisfahrbahn (nur bei Mini- und kleinen Kreisverkehren zugelassen). Dann sind die Radfahrer den Verkehrsstrom auf die Kreisfahrbahn zu ergänzen, was zu höherem Verkehrsaufkommen und eine gewisse Verzögerung führen kann. Die Verzögerung ergibt sich aus der geringeren Geschwindigkeit der Radfahrer im Vergleich zum Autoverkehr, obwohl die Unterschiede im Wesentlichen klein ist. [4], [5], [26]

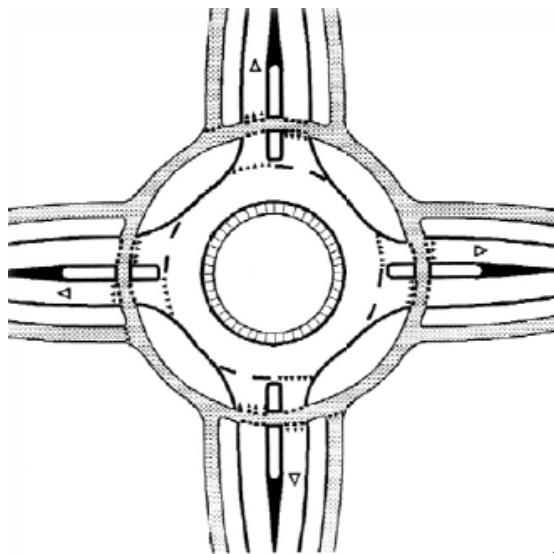


Abb.29 Abgesetzte Radwege [39]



Abb.30 Führung des Radverkehrs auf der Kreisfahrbahn [65]

- ✓ **Die Anteile des Schwer- und Linienbusverkehrs** – die spezifischen Ausmaße der Großfahrzeuge und ihre fahrdynamischen Besonderheiten erlauben niedrigere Geschwindigkeiten im Kreisverkehr. Oft haben manche Kraftfahrer insbesondere von Großfahrzeugen und Sonderfahrzeugen bei sehr beengten Platzverhältnissen Schwierigkeiten beim Befahren des Knotenpunktes. Das führt zu Zeitverlusten für die anderen Verkehrsteilnehmer.

c) Die Bestimmung der Leistungsfähigkeit erfolgt nach folgenden Schritten:

- 1) Zuerst wird die Bestimmung der **maßgeblichen Verkehrsströme** durchgeführt. Diese ergeben sich aus der Zusammenfassung der Strombelastung an den Einfahrten und die Verteilung dieser in den verschiedenen Richtungen, damit die zugeordnete Verkehrsbelastung auf die Kreisfahrbahn berechnet wird. Bei Belastungen größer als $20\,000\text{ Pkw-E}/24\text{h}$ für große Kreisverkehre, $15\,000\text{ Pkw-E}/24\text{h}$ für kleine Kreisverkehre und $12\,000\text{ Pkw-E}/24\text{h}$ für Mini-Kreisverkehre auf der Kreisfahrbahn müssen die Kreisverkehre auf ihre Leistungsfähigkeit untersucht werden. [27]
- 2) Annahme der für die untergeordneten Verkehrsströme notwendigen **Zeitlücken**, wenn man unter eine Zeitlücke der Zeitabstand zwischen zwei in gleicher Richtung fahrenden Fahrzeugen versteht:
 - **Die Grenzzeitlücke** ist die kleinste, die von wartepflichtigen Kraftfahrzeugen zum Einfahren angenommen wird. In der Regel wird diese als $4,1\text{ s}$ gegeben. [3] [37]
 - **Die Folgezeitlücke** ist diese, die das zweite rückgestaute Fahrzeug aus dem Wartepflichtigen Verkehrsstrom braucht, um das schon eingefädelt vorgestandene Fahrzeug zu folgen. Die wird normalerweise als $2,9\text{ s}$ angegeben. [3]

Je größer die Verkehrsstärke des betrachteten Hauptstroms ist, desto weniger und kürzer sind die vorhandenen Zeitlücken, entsprechend geringer ist die Möglichkeiten zum Einfahren in den übergeordneten Kreisverkehrsstrom. Auf diese Art und Weise üben die Verkehrsstärke und die Verteilung der Zeitlücken ihren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Zur Hilfe der Bestimmung der Zeitlücken kommt **die Theorie für die Verteilung der leeren Abstände**. Das Modell begründet sich erst auf die Hierarchie der Verkehrsströme. In diesem Zusammenhang schränkt sich die Anzahl der brauchbaren Zeitlücken für den Verkehrsstrom desto stärker ein, je untergeordneter der Strom ist, denn dieser ist verpflichtet den anderen den Vorrang zu geben. Die Annahme für das Verkehrsverhalten sichert, dass die Entscheidung des beobachteten Fahrers für die untersuchte Verkehrssituation immer die gleiche ist. Ein Teil des theoretischen Modells ist auch die Annahme für das gleichartige Verkehrsverhalten aller Fahrer in der vorhandenen Verkehrssituation.

- 3) Aufgrund der aufgezählten Größen wurde die **Grundkapazität G_i** der Einfahrten nach der weiter unten angegebenen Formel für G_i bestimmt. Die Grundkapazität dient dem Planer für die Vorbemessung der Geometrie des Kreisverkehrs. [3]
- 4) Für die Berücksichtigung von querenden Verkehrsteilnehmern wie Fußgängern z. B. wird der **Abminderungsfaktor f_f** eingeführt. Der unterscheidet sich nach der Anzahl der Fahrstreifen und nach der Hauptstrombelastung. [3]
- 5) Bei Berücksichtigung der Abminderungsfaktoren bekommt man von der Grundkapazität G_i die **Kapazität C_i** . [3]

$$C_i = G_i \cdot f_i$$

- 6) Nachdem die Kapazitäten und die maßgebenden Verkehrsbelastungen bestimmt wurden, sind die **Reserven** R_i der Leistungsfähigkeit leicht abzuleiten [3] [24]:

$$R_i = C_i - Q_{E,i} \left[PKW - \frac{E}{h} \right]$$

$Q_{E,i}$ die Verkehrsstärke des untersuchten Verkehrsstroms

- 7) Von der Reserven sind die **mittleren Wartezeiten** t_w [s] festzustellen.
- 8) Die **Rückstaulängen** dienen zur Abschätzung der Verkehrsverlaufes und der Verkehrsqualität. Diese werden nach der folgende Formel ausgeleitet.

$$l = \frac{Q_e \cdot t_w}{3600} \cdot l_{Fz} \quad [m] \quad , \text{wo } l_{Fz} = 6 \text{ m ist die Länge eines PKW}$$

[24]

- 9) Nach der Größe der Wartezeiten schätzt man die **Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs** ab. Die Kreisverkehre weisen deutliche Vorteile in der Gesamtbewertung mit einer sehr guten Verkehrsqualität aller Verkehrsströme in allen Einfahrten des Kreisverkehrs.

Die Kapazitäten werden für die Stelle des Kontakts zwischen den bevorrangten und den untergeordneten Verkehrsströmen ermittelt. Es gibt zwei hauptsächliche Methoden für die Bestimmung der Grundkapazität in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke des vorhandenen Hauptstroms. [3]

Für die praktische Bestimmung der Leistungsfähigkeit existieren viele verschiedenen Vorgehensweisen, die in den verschiedenen Ländern getroffen werden. In der Folge werden manche von denen kurz zusammengefasst.

d) Bemessungsnachweise

➤ In Österreich [24] :

Die Leistungsfähigkeit wird nicht in allen Fällen nachgewiesen. Ob ein Nachweis notwendig ist, wird in Abhängigkeit von der Summe des durchschnittlichen zufließenden Verkehrs der zwei am stärksten belasteten Einfahrten und der Summe des durchschnittlichen zufließenden Verkehrs der verbliebenen Einfahrten bestimmt. [24]

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} (Q_k + \alpha \cdot Q_a) \left[PKW - \frac{E}{h} \right]$$

L_e Leistungsfähigkeit der Einfahrt [PKW-E/h]

Q_k Verkehrsstärke der Kreisfahrbahn [PKW-E/h]

- Q_a Verkehrsstärke der Ausfahrt [PKW-E/h]
 α Faktor zur Abminderung der Verkehrsstärke der Ausfahrt

➤ **In Deutschland** [3] [26] :

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

- G_i Grundkapazität der Einfahrt i [Pkw-E/h]
 q_k Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn [Pkw-E/h]
 n_k Anzahl der Fahrstreifen im Kreis
 n_z Anzahl der Fahrstreifen in der Zufahrt
 t_g Grenzzeitlücke [s]
 t_f Folgezeitlücke [s]
 t_{\min} Mindestzeitlücke zwischen Fahrzeugen im Kreis

Die empirisch abgeleiteten Abhängigkeiten zwischen den Verkehrsintensitäten und den geometrischen Angaben für den Knotenpunkt, damit sie zuverlässig sind, müssen die untersuchten Daten einer genügenden Anzahl besitzen, damit ein Regressionverfahren begründet wird. Der Zusammenhang wird normalerweise grafisch dargestellt. Diese Vorgangsweise besitzt die folgenden Vorteile:

- Das Modell widerspiegelt die Realität im Unterschied zu der Theorie, die durch Vereinfachungen von dieser mehr oder weniger abweicht.
- Die Komplexität des theoretischen Modells wird vermieden. Es bleibt das einfache Sammeln und Bearbeitung der Angaben nach der Methode der Regression.
- Der Einfluss, den die geometrischen Größen auf die Leistungsfähigkeit haben, wird genau beschrieben.
- Die Notwendigkeit einer Analyse des Verkehrsbehmens aller Verkehrsteilnehmer entfällt.

Leider kann dieses Verfahren nur auf der Basis von Kreisverkehren, die an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit funktionieren, untersucht werden.

➤ **In Deutschland** (empirische Formel):

$$L = A \cdot e^{-B/10000 \cdot Q_k}$$

A, B Konstanten aus Messungsergebnissen nach der Anzahl der Fahrstreifen im Kreis und in der Einfahrten

➤ In der Schweiz :

$$Q_e = k \cdot \left(1500 - \frac{8}{9} Q_g \right), \text{ wobei } Q_q = \beta \cdot Q_c + \alpha \cdot Q_s$$

Q_e Leistungsfähigkeit von einem Fahrstreifen der untersuchten Einfahrt

Q_c Verkehrsstärke des Verkehrsstroms auf der Kreisfahrbahn

Q_s Verkehrsstärke des ausgehenden Verkehrsstroms

α Koeffizient für die Breite der Trennunginsel

β Koeffizient für die Breite der Kreisfahrbahn

➤ In Bulgarien [35] :

$$N_{\max} = 258 \cdot \frac{b_{\text{нрелл}} \left(1 + \frac{b_{\text{ср}}}{b_{\text{нрелл}}} \right)}{1 + \frac{b_{\text{нрелл}}}{L_{\text{нрелл}}}}$$

N_{\max} die maximale Leistungsfähigkeit

$b_{\text{нрелл}}$ die Breite des Fahrbahnbelags in der Verflechtungszone

$L_{\text{нрелл}}$ Länge der Verflechtungszone

$b_{\text{ср}}$ mittlere Breite der Fahrbahn in den Einfahrten

5. Verkehrsablauf

Die höhere Kapazität der Kreisverkehre ist nur dann erreichbar, wenn eine günstige räumliche und auch zeitliche **Verteilung der Verkehrsströme** auf den Zufahrten vorhanden ist. Das ist einfach zu überprüfen, indem der Prozentanteil der zwei schwächeren Verkehrsströme bei vierarmigen Kreisverkehren 15% nicht überschreiten darf oder des schwächeren Verkehrsstroms bei dreiarmigem Kreisel kleiner als 10% sein muss.

Für die **Fußgänger** entstehen gewisse Umwege, die immer noch als akzeptabel erlebt werden, denn diese werden von den kürzeren Wartezeiten kompensiert. Die Verzögerung baut sich nicht nur wegen der Verteilung der Kraftfahrzeuge ab, sondern auch dank der Bereitschaft der Fahrer den Fußgängern den Vorrang zu leisten, die in Kreisverkehren zu beobachten ist.

Hier ist die **Bevorzugung des Linienbusverkehrs** leider schwer zu gewährleisten. Der Vorrang ist mittels baulicher Maßnahmen für die Trennung des öffentlichen Verkehrs im Regelfall bereit gestellt, was zu mehrfachen Richtungswechseln führen kann und auf diese Weise den Komfort der Fahrgäste durch die entstandene Seitenbeschleunigung bedrohen kann. Die Beschleunigung der Bussen wird weiter behandelt. [26]

Die **Verkehrssteuerung** der durch den Kreisel fahrenden Ströme ist in Kreisverkehren kaum zu erreichen. Deswegen sind keine Richtungsbevorzugungen möglich und keine grünen Wellen zu gewährleisten. Auf diesem Grund kommt diese Knotenpunktform hauptsächlich bei Straßen mit gleicher Belastung zur Anwendung. [28]

Im Allgemeinen ist der Verkehrsablauf im Kreisverkehr besser als dieser in vorrangeregelten Kreuzungen. Der Verkehr wird **flüssig ohne unnötige Zeitverluste** durch den Knotenpunkt geleitet.

6. Verkehrssicherheit

a) Konfliktpunkte

Die Kreuzungen leiten die verschiedenen Verkehrsströme über die begrenzte Verkehrsfläche, wobei die Verkehrsströme zeitlich getrennt werden. Wenn es sich um Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlagen handelt, erfolgt die zeitliche Trennung mittels Vorrangregelung. Trotzdem kommt es zu Ereignissen, die einen Unfall als Folge mitbringen können. Diese Konfliktpunkte teilen sich grundsätzlich in vier Arten – Kreuzen, Verflechten, Einfädeln und Ausfädeln. Die weisen verschiedene Gefährdung für die Verkehrsteilnehmer auf. Für eine vierarmige Kreuzung sind die gefährlichsten Konfliktstellen die 16 Konfliktstellen, welche die größten Personen- und Sachschäden verursachen. Danach folgt das Einfädeln, das 8 Konfliktstellen verursacht. Genau an so vielen Konfliktstellen fädeln die Autofahrer von einem Verkehrsstrom aus. [27]

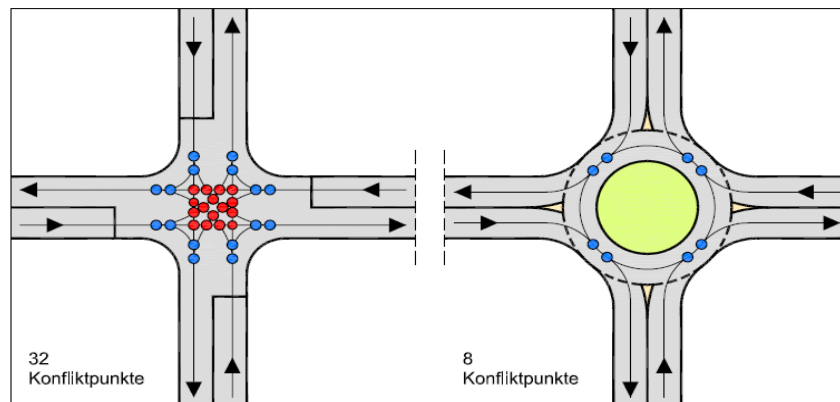


Abb.31 Konfliktpunkte von vierarmigen einstreifigen Kreisverkehren und Kreuzungen [27]

Im Vergleich dazu bietet ein einstreifiger Kreisverkehrsplatz nur 8 Konfliktpunkte, unter denen keine Kreuzungsvorgänge zu finden sind. So entstehen auch geringere Unfallfolgen. Risiko steckt in den vier Stellen des Einfädelns und den vier des Ausfädelns. Der Rückgang der Anzahl der möglichen gefährlichen Manöver erreicht 75%. Das Ergebnis davon ist eine einfachere und sicherere Verkehrssituation. Die Beobachtungen vor und nach der Errichtung von Kreisverkehren zeigen in den meisten Fällen eine Reduktion der Häufigkeit und der Schwere der Unfälle. Dieser Vorteil gilt für

Minikreisverkehre, kleine und große spiralförmige Kreisverkehre. Mit dem Anstieg der Streifenzahl treten mehrere Konfliktpunkte auf. Im Turbo-Kreisverkehr erreichen diese 14 und in zweistreifigen Kreisverkehren sind sie mit 30 schon nah an einer vierarmigen plangleichen Kreuzung. [27] Völlig realistisch ergibt sich die Einstellung der Befragten in Steiermark bei einer Vorher-Nachher-Analyse von Kreisverkehrsplätzen. 79% finden den einstreifigen Kreisverkehr sicherer als einen zweistreifigen. [20]

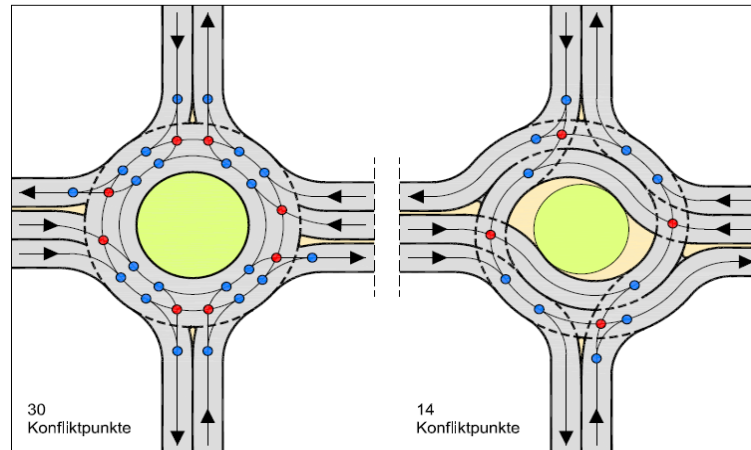


Abb.32 Konfliktpunkte von vierarmigen zweistreifigen Kreisverkehren [27]

Normalerweise wird der Schienenverkehr (des öffentlichen Linienverkehrs) nicht auf der Kreisfahrbahn geführt, sondern direkt durch die Mittelinsel geleitet, damit keine zusätzliche Schwierigkeiten für die schienengebundenen Verkehrsmitteln entstehen. Daraus folgen aber neue Konfliktpunkte wie auf der beiliegenden Abbildung zu erkennen ist.

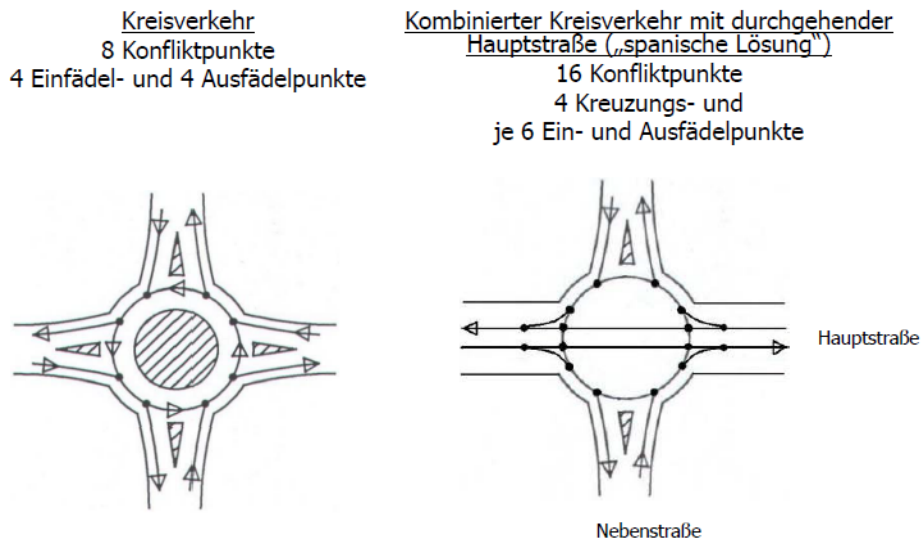


Abb.33 Konfliktpunkte von vierarmigen einstreifigen Kreisverkehren mit und ohne durchgehender Hauptstraße [66]

b) Sichtverhältnisse im Kreisverkehrsplatz

Die Sicherheit in den Knotenpunkten ist stark von den Sichtverhältnissen an diesen abhängig. Die erforderlichen Sichtfelder, die frei von Hindernissen wie Bepflanzung, Stützmauern, parkenden Fahrzeugen, Lichtmasten, Lichtsignalgebern (wenn vorhanden), falsch aufgestellten Wegweisern u. ä. gehalten werden sollen, resultieren als Kombination von folgenden Faktoren:

- ***Der Kreuzungswinkel***

Schwierigkeiten ergeben sich bei spitz- und stumpfwinkligen Kreuzungen, wo gleichgerichtetes Kreuzen auftritt. Aus diesem Grund sind die Grenzen des Kreuzungswinkels zwischen 85 gon und 120 gon empfehlenswert. [3] Sonst kommt es nicht nur zu schwierigen Sichtverhältnissen, sondern auch zu gewisser Verhinderung der Befahrbarkeit für Großfahrzeuge. Ähnlich ist die Situation in dem Fall, wenn Kreisverkehrsarme sich nah aneinander im Kreisfahrbahn einschließen.

- ***Anzahl und Stellung der Knotenpunktarme***

Problemlos können in einem Kreisverkehr auch sogar 6 Straßen knüpfen. Im Regelfall kann man diese in einer Kreuzung nie so gestalten, dass sie nicht spitzwinklig zu einander sind. In einem Kreisell ist aber diese Aufgabe relativ leichter zu lösen, denn mit einem Wahl von einem größeren Durchmesser ist dieser Nachteil kaum zu erleben. Das einzige Problem, das damit entsteht, ist der große Platzbedarf für eine Anlage mit größerem Durchschnitt.

- ***Die Verkehrsregelung***

Die einfache Verkehrsregelung in Kreiseln ermöglicht eine leichte Orientierung im Verkehr. In dem Regelfall handelt es sich um einen Vorrang an Kreisfahrbahn. Das mindert die Anzahl der Richtungen von denen ein anderer Verkehrsteilnehmer anfahren kann und konzentriert auf diese Art und Weise die Aufmerksamkeit der Autofahrer auf die Gefahr. Dieselbe Auswirkung haben die abgesetzten Furten für Fußgänger und Radfahrer. Ausgehend davon und speziell bei innenörtlichen Kreisverkehrsplätzen haben die Anhaltesichtweiten (Haltesichtweiten) und die Anfahrsichtweiten die größte Bedeutung. Bei Notwendigkeit von einer Leistungsfähigkeitssteigerung und vor allem bei unbebauten Gebieten ist auch die Annäherungssichtweite zu sichern. [27]

- ***Die Geschwindigkeit***

Im Voraus müssen die Augenhöhe des Fahrers über Fahrbahnoberkante, die in Zusammenhang mit der Art des Fahrzeugs steht und zwischen 1m und $2,5\text{m}$ liegt und die Hindernishöhe (auch Zielpunkthöhe genannt), die mit 1m angenommen wird, bekannt sein. Unter Beachtung von diesen ist die vorhandene Geschwindigkeit an den Einfahrten und an der Kreisfahrbahn für die erforderlichen Sichtweiten maßgebend.

- ✓ ***Annäherungssichtweite:*** Das bedeutet die freie Sicht, die das Durchfahren der Kreuzung ohne Anhalten an der Einfahrt bei Gelegenheit erlaubt. Eine Knotenpunktbeobachtungsdistanz von 15m bis max. 20m zum Kreisfahrbahnrand muss im Kauf genommen werden. [3]

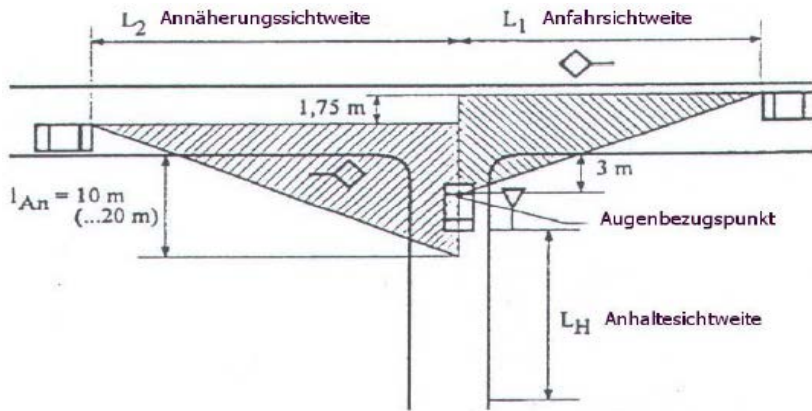


Abb.35 Anforderte Sichtweiten für die Fahrer [3]

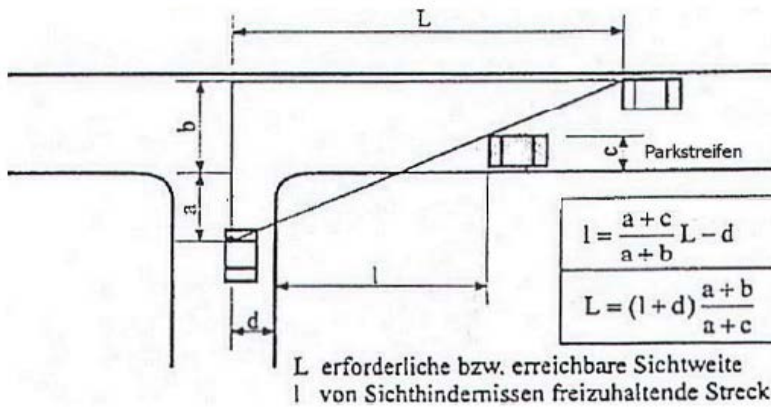


Abb.36 Anforderte Sichtweiten für die Fahrer bei vorhandenen Parkstreifen [3]

- ✓ Anfahrtssichtweite (Knotensichtweite): Die Schenkellängen, die im Sichtfeld eines auf untergeordneter Straße haltenden Fahrzeuges (3m von Fahrbahnrand) frei zu gestalten sind, bestimmen sich im Zusammenhang mit der Geschwindigkeit der Fahrzeugen mit Vorrang und beziehen sich auf die abgewinkelte Fahrlinie der Kreisfahrbahn. Diese soll ausreichend lang sind, damit der bevorrangte Fahrer nicht zum Halten gezwungen wird. Wenn das nicht zu verwirklichen ist, bringt man Geschwindigkeitsbegrenzungen ein. [3], [25]

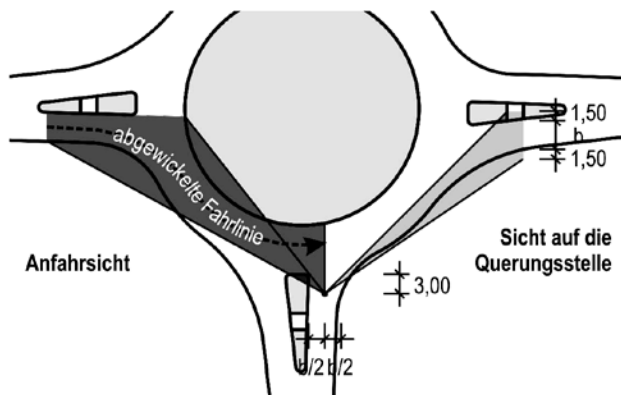


Abb.34 Gestaltung der Sichträume in einem Kreisverkehr [25]

- ✓ **Haltesichtweite:** Das ist der Abstand, von dem die Beschilderung klar zu begreifen ist und der Wagen $3m$ vor der kreuzenden vorrangigen Fahrbahn aufzuhalten ist. Die Gestaltung dieser hängt hauptsächlich von zwei Parametern ab. Der erste ist die Geschwindigkeit, mit der sich das Fahrzeug bewegt, und der zweite ist die Krümmung der Einfahrtsfahrbahn. [21] Die Haltesichtweite ordnet man für die ungünstigen Fahrbedingungen der nassen Fahrbahn zu. Die Berechnung der Länge verläuft nach der beiliegenden Formel. [3]

$$L_H = s_A + s_b$$

s_A *Auswirkweg*
 s_b *Bremsweg*

In den Fällen, wann diese wegen örtlicher Hindernisse nicht vollziehbar ist, muss man die entsprechende Beschilderung zur Voranzeige, eine zusätzliche Geschwindigkeitsbegrenzung, die Aufstellung von Spiegeln oder Lichtsignalanlagen überlegen.

- **Die topographischen Besonderheiten** des Geländes

In Abhängigkeit vom Relief des Geländes existiert die Möglichkeit, dass es zu Sichthindernissen kommt. Als Gründe für solche Schwierigkeiten können sich die Straßenneigung oder der Wechsel von dieser ergeben. Sicherheitsmaßnahmen sind in dem Fall obligatorisch. Längsneigungen und Neigungswechsel mit Werten größer als 4% verhindern die Begreifbarkeit des Kreisverkehrs und sind in diesem Zusammenhang zu vermeiden.



Abb.37 Kreisverkehr in Assenovgrad, Bulgarien [89]

- **Die Gestaltung des Kreisverkehrs** – Einfahrtswinkel und Ablenkungswinkel, Mittelinsel

Bei Kreisverkehren mit einem Außendurchmesser von $26 m$ bis $32 m$ spielt die Geschwindigkeit auf die Ringfahrbahn schon keine bedeutende Rolle, denn die wird ganz niedrig gehalten. Maßgebend für die Sichtverhältnisse sind daraus abgeleitet die geometrischen Größen:

- ✓ **Der Einfahrtswinkel α** ist als der Schnittwinkel zwischen der Kreisfahrbahnachse und der Einfahrtsrichtung verstanden. Der steht mit der Lage und der Form der Leitinsel in Verbindung. Optimal ist die Gestaltung, bei der sich ein Einfahrtswinkel in Rahmen von 80 bis $90 gon$ ergibt. Die Grenzen sind infolge einer Untersuchung durch Verlustenergie und den Unfallfolgen bei Verkehrsunfällen bestimmt. In diesen Rahmen ist die Gefahr für die Verkehrsteilnehmer im Fall einer Kollision am niedrigsten. Diese Werte sind anzustreben,

indem die Kreisverkehrsäste möglichst senkrecht zur Kreisfahrbahn auszuführen sind. [25], [28]

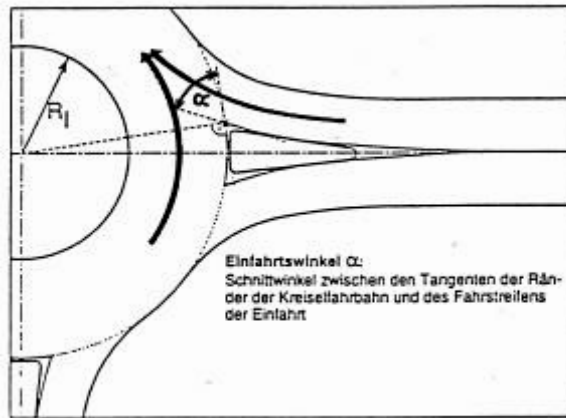


Abb.38 Einfahrtswinkel von Kreisverkehren [28]

- ✓ Der Ablenkungswinkel β durch die Mittelinsel ist empfehlenswert größer als 45 gon zu entwerfen, was bei Kreisverkehren mit einem Außendurchmesser über 32 m eigentlich immer erfüllt wird. Der Hinweis erfolgt im Falle der Absicht des Planers, eine Geschwindigkeitsdämpfung, die die Verkehrssituation günstig beeinflusst, einzuführen. [28]

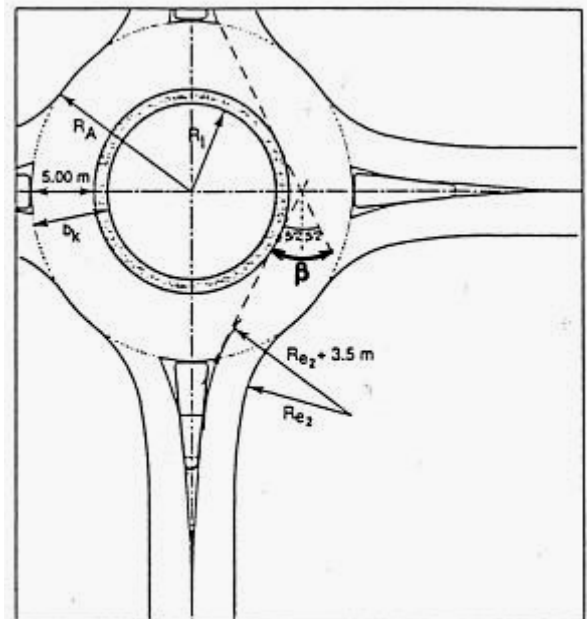


Abb.39 Ablenkungswinkel von Kreisverkehren [28]

- ✓ Mittelinsel: Nicht nur die Ablenkungswirkung und die Krümmungsverhältnisse haben im Zusammenhang zu der Mittelinsel maßgebende Bedeutung für seine Gestaltung. Auch die viel zu weiten Sichtfelder beinhalten in sich selbst Gefahr, die zu Sicherheitsreduktion führen. Der Verlust an Aufmerksamkeit beim Einfahren im Knotenpunkt kann der Planer mittels zielgerichteter gebauter Sichthindernisse wie Sichtbermen oder Bepflanzung der Mittelinsel vermeiden. [28]

- **Beleuchtung**

Die Beleuchtung der Kreisverkehrsplätze hilft in der Regel für die bessere und rechtzeitige Wahrnehmung des Knotenpunktes in der Dunkelheit und bei Dämmerung. Die Lage und die Zahl der Lichtmasten hängen vom Durchmesser des Kreisverkehrs ab. Ungünstige Sichtverhältnisse entwickeln sich dann, wenn Mini-Kreisverkehre mit einem einzigen Lichtmast in der Mitte der Kreisinsel beleuchtet

werden. Der Grund dafür liegt in der Blendwirkung auf den Fahrer. Deshalb ist dieser Fall zu vermeiden. Auch die notwendigen Sichtfelder und Bewegungsräume sind von den Lichtmasten frei zu halten. [27]

Die Beleuchtung ist nicht in allen Fällen obligatorisch, z.B. wenn es um Kreisverkehre im unbeleuchteten Freiland geht. Fälle, bei denen die Beleuchtung notwendig ist, sind nach den Anforderungen für Einheit und Sicherheit in den Kreisplätzen, solche in denen:

- der Kreisverkehr eine hohe Verkehrsbedeutung aufweist,
- die Kreisverkehre bzw. Kreuzungen davor und danach ebenfalls beleuchtet sind,
- sich der Kreisverkehr an einem beleuchteten Straßenabschnitt befindet,
- Querungshilfen mit bedeutenden Fußgängerströmen vorhanden sind,
- unklare Verkehrsverhältnisse gegeben sind (z.B. untypische Verkehrsabläufe, schwierige Orientierung oder dgl.) oder
- eine Unfallhäufung bei Dämmerung und Dunkelheit vorliegt.

Eine Beleuchtung vom Außenrand der Kreisfahrbahn mit einer Beleuchtung der Ein- und Ausfahrtszonen schafft optimale Lichtverhältnisse für alle Verkehrsteilnehmer. [25]



Abb.40 Nachtaufnahme von Kreisverkehr in Österreich [67]

- ***Sicht auf Radfahrern und Fußgängern***

Der Kreisverkehr ist grundsätzlich eine besonders sichere Knotenpunktform aus der Sicht der Radfahrer, obwohl sie sich nicht in allen möglichen Fällen genug geschützt fühlen. Es sind drei grundsätzliche Radfahrerdurchführungsarten vorhanden:

- ✓ Die Radfahrstreifen werden entlang den Vorfahrtstraßen kontinuierlich auf der Ringbahn geführt. Auf Wartepflichtigen Straßen sind diese vor dem Kreisverkehr zu unterbrechen und Einsteigemöglichkeiten auf dem Gehsteig anzuordnen.

Der Wagenkonstruktion zufolge verfügen die Fahrer von Schwerfahrzeugen keine ausreichenden Sichtbereiche nach hinten. Dabei ist die Totenwinkelproblematik spürbarer zu erleben. Leider erweisen sich Maßnahmen wie zusätzliche Rückspiegel als nicht ausreichend. [3] Die in den toten Winkel geratenen Radfahrer werden vom motorisierten Verkehr oft übersehen und sind angesichts dieser Tatsache gefährdet. [36]

Untersuchungen haben gezeigt, dass bei ca. 1/4 aller Unfälle an Kreisverkehren Radfahrer beteiligt sind und diese 2/3 von den Unfällen mit Personenschäden vertreten. [27]

Aus diesem Grund kommt diese Lösung in Österreich nicht in Anwendung. [24]

- ✓ Die Radfahrstreifen werden vor dem Knotenpunkt unterbrochen. Der Planer kann den Radverkehr **auf der Kreisfahrbahn in der Mitte** durchführen, wobei die Radfahrer sich unsicher fühlen, obwohl die Geschwindigkeitsdämpfung infolge des Kreisels ihre Sicherheit verwirklicht und die Unmöglichkeit von Überholung ihren Vorrang verteidigt. Der so genannte Mischverkehr hat sich als unfallärmer erwiesen. Die Ursache, die diese Führungsart begründet hat, ist der Totenwinkel von Fahrern (bestimmt bei Kraft- und Busfahrern), der schon erklärt wurde. [4]
- ✓ **Die abgesetzten Radwege** stellen die sicherste Entscheidung dar. Die Furten an den Überquerungsstellen sind weit von der Ringfahrbahn zu markieren, damit die guten Sichtverhältnisse zwischen Kraftfahrzeugfahrern und dem Radverkehr gesichert werden und ein Stau an der Kreisfahrbahn zu vermeiden. Den Verkehrsteilnehmern sind anstatt der Radfahrstreifen im Kreisverkehr abgesetzten Radwege auf den Gehsteigen anzubieten. Diese Maßnahme trägt zur Schutz von Kindern und Senioren bei. Die abgesetzten Radwege erhöhen zusätzlich den Flächenbedarf des Kreisverkehrs, sind aber vorteilhaft, weil die Straßenbenutzer mit unterschiedlichem Verkehrsverhalten und verschiedenen Geschwindigkeiten baulich getrennt sind und auf der Weise Konfliktsituationen vermieden werden.

Für besser auffallende Radfahrbewegung sollen die Radfahrstreifen bei Vorrang für Radfahrer rot markiert werden. Für die Fußgänger sind entsprechend Zebrastreifen anzubieten. In bebauten Gebieten genießen die Rad- und Fußgängerverkehre immer einem Vorrang. Im Gegenfall sind außerorts keine auf der Fahrbahn querenden Radwege und Fußgängerüberwege vorhanden und für diese Verkehrsarten ist die Wartepflicht geregelt.

Für Radfahrer, die den Vorrang haben, sind die Radfahrstreifen überblickbar und sofort begreifbar zu erfüllen. Die Radfahrer sollen ein Blickfeld mit einer Länge von 30m (20 m bei beengten Bedingungen) bis zum Kreuzungspunkt zur Verfügung haben. Für die an der Einfahrten haltenden Fahrzeuge muss außer der Sicht nach links auch eine Sicht auf die Querungsstellen angeboten werden, damit die Fußgänger und Radfahrer sicher über den Knotenpunkt geführt werden. [3]

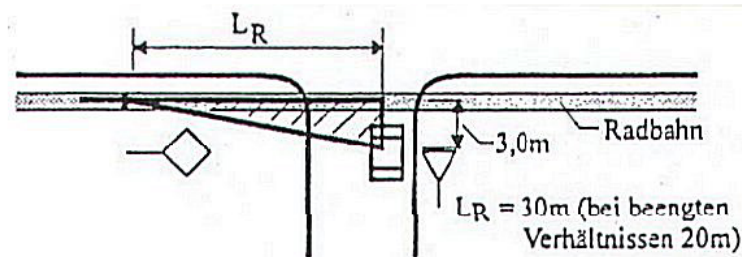


Abb.41 Sichtweite von querenden Radfahrern in Kreisverkehren [3]

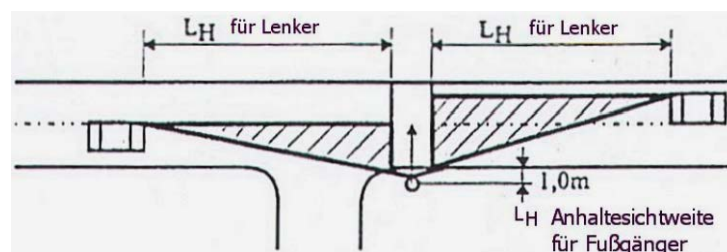


Abb.42 Sichtweiten für die Fahrer auf den Fußgängern [3]

- Ein **Rückstau** bei der Ausfahrt muss rechtzeitig von einfahrenden Fahrzeugen erkannt werden können und auf der Kreisfahrbahn vermieden werden.
- Besonderheiten in den **Sichtfelder von Lkw-Fahrer und Busfahrer**

Das Maß und das Gewicht der Fahrzeuge und die Behaglichkeit der reisenden Fahrgäste insbesondere bei Bussen des öffentlichen Personenverkehrs erlauben langsamere Beschleunigung und langsamere Einfahrt im Kreisel. Wegen dieser Eigenarten sind für diese Verkehrsteilnehmer längere Zeitlücken und entsprechend weitere Sichtfelder notwendig, wenn für den ÖPNV da keine Beschleunigungsmaßnahmen vorgesehen werden.

c) Geschwindigkeitsdämpfung

Die baulichen Maßnahmen zur **Ablenkung** des Fahrzeuges aus der Gerade und die Auswirkung von dem baulichen Hindernis der Mittelinsel zwingen die Fahrer mit einer geringeren Geschwindigkeit durchzufahren.

Die **Querneigung** zu der äußeren Seite des Kreisverkehrs wirkt sich auf die Verkehrsberuhigung positiv aus und schafft die richtige fahrdynamische Neigung bei dem Ein- und Ausfahren.

Neben den fahrdynamischen Gründen für die Geschwindigkeitsdämpfung steht auch der **psychische Effekt des Hindernisses**. Das bewirkt die Unfallrate auf mehrere Weise. An erster Stelle kommen die Vorteile, die zu der Vermeidung von Unfällen beitragen. Diese sind die **kürzeren Sichtweiten**, die für einen sicheren Verkehrsverlauf sorgen. [15] Besonders bei beengten Straßenräumen, wenn die Sicherung von langen Sichtweiten schwer oder gar nicht zu erreichen ist, findet man natürlich die Lösung in der Geschwindigkeitsbegrenzung. Eine drastische **Absenkung in der Länge der Haltewege** ist auch dazu zu zählen und im Zusammenhang mit der Sicherheit im Knotenpunkt nicht zu unterschätzen.

Wenn der Unfall trotz der getroffenen Sicherheitsmaßnahmen nicht zu verhindern ist, führt die niedrige Geschwindigkeit zumindest zu einer verringerten Verletzungsschwere. Die zweite Potenz der Geschwindigkeit steht in direktem Zusammenhang mit der Stoßenergie, wenn die Masse des Fahrzeuges als Konstante genommen wird. Das bedeutet eine **niedrige Stoßenergie** bei niedriger Geschwindigkeit. Dadurch hervorgerufene Unfälle zeichnen sich mit **geringeren Sach- und Personenschäden** aus. Das ist vor allem zu Gunsten des nichtmotorisierten Verkehrs, weil dieser leichtverletzbar ist. [23]

Aufgrund des Geduldverlustes unternehmen manche Autofahrer gefährliche Manöver, die oft Unfallsituationen verursachen. Die Schuld dafür trägt, sowohl die menschliche Natur, als auch die langen Wartezeiten, die an manchen Knotenpunkten entstehen. Im Kreisverkehr sind die **Gesamtwartezeiten** für alle Verkehrsteilnehmer geringer. Außerdem bieten hier die niedrigen Geschwindigkeiten die Gelegenheit für mehrere Verkehrsteilnehmer bei kürzeren Weglücken auf der bevorrangten Kreisfahrbahn einzufädeln oder zu kreuzen. Das hilft bei der **Steigerung der Leistungsfähigkeit** und der Sicherheit im Kreisverkehr. [15]

Hier ist es noch zu erwähnen, dass die Geschwindigkeitsdämpfung schmale Fahrbahnen erlaubt und dadurch ein Platzersparnis in den Einfahrten ermöglicht. Das Langsamfahren macht die kleineren Außenradien akzeptabel, was noch stärker den **Platzbedarf** dieser Knotenpunktart einschränkt.

Das langsamere Fahren bringt nicht nur Sicherheitsvorteile, sondern auch wirtschaftlichen und ökologischen Nutzen. Ein niedrigeres Tempo führt zu geringerem Brennstoffverbrauch entsprechend zu einem **geringeren Kostenaufwand pro km** auf den Preis akzeptablen Zeitverzögerungen. Der Rückgang im Brennstoffverbrauch hat eine **geminderte Umweltverschmutzung** zur Folge. Die Schadstoffemissionen und die **Lärmbelastung** werden verringert.

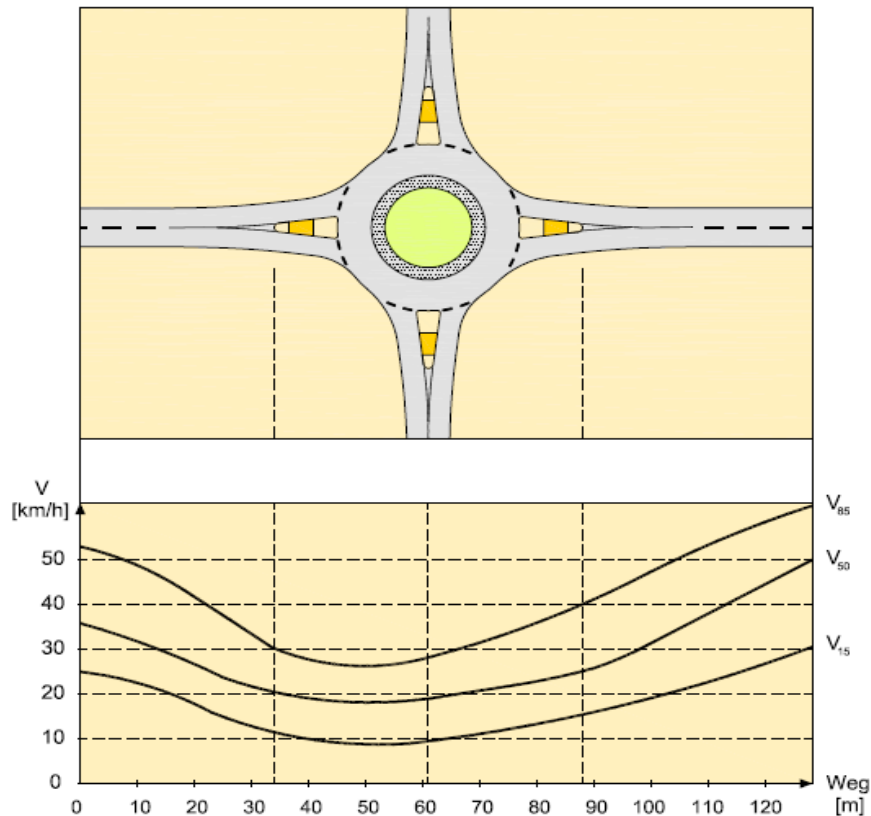


Abb.43 Verkehrsverlauf an kleinen Kreisverkehren [27]

d) Bauliche Trennung der Verkehrsströme

Einfachere Orientierung des Fahrers und eine Verhinderung eines möglichen Eindringelns von Verkehrsteilnehmern aus einem anderen Verkehrsström ist anhand der Errichtung von Fahrbahnteilern, nicht überfahrbaren Inseln und Trenn- und Schutzstreifen zu gewährleisten. Bei Unfallsituationen lenken diese den Stoss ab und ertragen ein Teil der kinetischen Energie. Diese dienen auch zur Verkürzung der Überquerungswege der nichtmotorisierten Verkehre. So erweisen sich kürzere Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen für diese nutzbar und dadurch das Risiko, das manche Fußgänger und Radfahrer wegen Geduldverlustes annehmen, vermindert. Das beeinflusst auch die Gesamtwartzeiten für alle

Verkehrsteilnehmer positiv. Die bauliche Trennung bringt das Gefühl von Sicherheit den leichtverletzbaren nichtmotorisierten Straßenraumbenutzern.

e) Verkehrsregeln in Kreisverkehrsplätzen

Zwei hauptsächliche Szenarien können in einem Kreisverkehr vorkommen:

- Alle Knotenpunkteinfahrten sind beschildert und die zufahrenden Verkehrsteilnehmer sollen ***Vorfahrt für die auf die Kreisfahrbahn Fahrenden*** zu sichern.
- Ein unbeschilderter Kreisverkehr ist wie jede andere Knotenpunktart der ***Rechtsregel*** unterworfen.

In beiden Fällen ist das Halten und das Parken auf der Ringbahn verboten. Dazu ist noch hinzufügen, dass die Mittelinsel und gegebenenfalls der befestigte Innenring nur dann zu befahren sind, wenn das Ausmaß und die Fahrdynamik des Fahrzeuges das Befahren des Knotenpunktes auf eine andere Art und Weise unmöglich macht.

Obwohl die Regelung in Kreisverkehren einfach und leicht begreifbar ist, ist manchmal ein falsches Verhalten zu beobachten. Als Beispiele dafür dienen das Linksblinken beim Einfahren oder das fehlende Blinken beim Ausfahren aus der Kreisfahrbahn.

f) Unfälle im Kreisverkehr

Die Begeisterung des Menschen über die höheren Geschwindigkeiten ist in der menschlichen Natur verankert. Diese wird häufig als die Hauptursache für Verkehrsunfälle erkannt. In Wirklichkeit entsteht ein Unfall als Folge einer unglücklichen Kombination von mehreren Ereignissen wie schlechten Witterungsverhältnissen, nichtausreichender Reibung zwischen den Autoreifen und der Fahrbahnoberfläche, Mängeln in der Planung, Autobeschädigungen oder Aufmerksamkeitsablenkung des Kraftfahrers. All diese und noch andere Umstände kommen zusammen, um zu einem Unfall zu führen. Einmal passiert, wird der Unfall einer Untersuchung unterzogen. Die ***Verkehrsbeteiligung*** nach Art der Teilnehmer an dem Unfall, die ***Verkehrssituation*** und der ***Unfallvorgang*** sind ausführlich und detailliert zu beschreiben und darzustellen. Die Daten werden nach Unfalltyp (in Abhängigkeit von der zur Zeit durchgeführten Manövern) und Unfallkategorie (abgeschätzt nach der Unfallschwere) angeordnet und bewertet. Dabei werden die Ursachen für das Geschehen bestimmt und die Folgen kalkuliert. Das Ziel dieser Tätigkeiten ist ***die Entdeckung von Mängeln in der Straßengestaltung oder Ausstattung und ihre rechtzeitige Beseitigung***. Es wird nach Häufungspunkten von Unfällen gesucht und diese eine Analyse zugeordnet. Der nächste Schritt ist die Auswahl und Verwirklichung von organisatorischen oder baulichen Maßnahmen.

Auf den ersten Blick bietet der Kreisverkehr zahlreiche Unfallvoraussetzungen an. ***Die Kurvenfahrt*** auf der Kreisfahrbahn verursacht eine gefährliche Fahrdynamik, die auch bei einer ***ungünstigen Querneigung*** (nach der äußeren Seite der Fahrbahn) stattfindet. Das legt auf die Geschwindigkeit größeres Gewicht. Die Fliehkraft wird in diesem Fall durch die seitliche Reibung bestimmt. Diese Umstände machen den Kreisverkehr nicht für höhere Geschwindigkeiten geeignet und natürlich dadurch für unvernünftige Fahrer gefährlich. Nicht nur wegen der Geometrie ist das Befahren mit

nichtabgestimmter Geschwindigkeit zu vermeiden. Wie schon erwähnt, übt diese einen großen Einfluss auf Sichtweiten und Haltewege aus, und bei zu schnellem Durchfahren stellen sich die vorhandenen Sichtfelder in dem Knotenpunkt als unzureichend heraus. **Die Sichtverhältnisse** können allein ohne **die Geschwindigkeitsüberhöhung** einen Unfall mitbringen, wenn diese ungenügend entweder dank zugelassener Planungsfehler oder wegen örtlicher Hindernisse gestaltet sind. Bei dem Kreisverkehr sind diese Faktoren aber durch eine Geschwindigkeitsdämpfung zu beherrschen und noch die Stoßenergie zu mindern. Was die Sichtverhältnisse betrifft, die sind in der Regel günstiger im Vergleich zu anderen Knotenpunktformen und liegen in den Händen des Planers.

Vorher wurde der Vorteil in Bezug auf die **Konfliktpunkte** beschrieben. Hinsichtlich der Unfälle ist der Kollisionswinkel aus Bedeutung. Dieser hängt von der Art der Konfliktpunkte ab, denn diese finden sich bei unterschiedlichen Kreuzungswinkeln der Fahrbahnen. Der Hinweis für eine senkrechte Anordnung der Kreisverkehrsäste an der Kreisfahrbahn sichert einen Kontaktwinkel, bei dem die **Verlustenergie** am niedrigsten zu erwarten ist und so die Zerstörungsarbeit entsprechend die Unfallschwere kleiner wird. Die Stoßenergie ist auch durch die Geschwindigkeitsdämpfung stark abgesenkt. Deswegen ist die Unfallschwere nicht so groß wie bei anderen Knotenpunktformen, wie es schon erwähnt wurde.[10], [23]

Was das größte Problem beim Kreisverkehr und auch bei allen Knotenpunktsarten ist, ist die **Verschiedenartigkeit der Verkehrsteilnehmer**, die sich mit stark unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Verkehrsverhalten charakterisieren. Wieder weist hier der Kreisverkehr Vorteile auf. Die bauliche Trennung der verschiedenen Verkehrsgruppen ist hier stark ausgeprägt. Die Leitinseln dienen dem Schutz der überquerenden Fußgänger und Radfahrer, kürzen die gefährlichen Distanzen und bei Notwendigkeit übernehmen sie teilweise den Stoß. Die trennen auch die entgegengesetzten Verkehrsströme, die in einem Flächenkonflikt kommen können. Die abgesetzten Furten für die nichtmotorisierten Verkehre stellen eine einfachere Verkehrssituation dar, in der wenige unterschiedlichen Straßenbenutzer teilnehmen. Auf diese Art und Weise kann sich der Fahrer besser auf den Verkehrsverlauf konzentrieren und auf unerwartete Ereignisse schneller reagieren.

Ein anderer psychologischer Faktor, der das Verkehrsbenehmen beeinflusst, ist **der Verlust an Geduld** von manchen Fahrern oder Fußgängern bei großen Verkehrsbelastungen, die zu höherer Anzahl der riskanten Vorgänge führen und auf diese Weise das gefährliche Unterschreiten des Zeitabstands von mehreren Verkehrsteilnehmer verursachen. Die höhere Leistungsfähigkeit und die niedrigeren Gesamtwarezeiten bei Kreiseln verringern die Voraussetzungen für ein solches Verkehrsverhalten und damit auch das Unfallrisiko. Nachteilhaft erscheinen falsche Überquerungen von Fußgängern, die von zu langen Umgehungen verursacht werden und Risikosituationen voraussetzen. Als passende Beispiele können die Kreisverkehre auf den folgenden Bildern dienen. [15]



Abb.44 Falsche Überquerung von Fußgängern in Assenovgrad, Bulgarien [89].

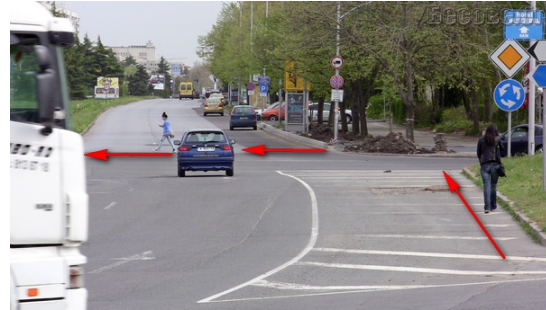


Abb.45 Falsche Überquerung von Fußgängern in Burgas, Bulgarien [68]

In der langen Liste der Vorteile muss man noch mal die *einfache Regelung* im Kreisverkehr erwähnen, obwohl die Fälle der Fehlerfahrten nicht zu vergessen sind, denn diese weisen offensichtlich, dass der Kreisverkehr für manche Fahrer verwirrend sein kann. Trotzdem vertreten diese die Ausnahme. [27]

Die theoretische Begründung der Sicherheit in Kreisverkehrsplätzen wurde mittels realer und umfangreicher Untersuchungen, sowohl in Österreich, als auch in Ausland, bewiesen. Angaben über die Unfälle in Steiermark wurden von dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, der Steiermärkischen Landesregierung und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Verkehr zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen für 61 von den 132 untersuchten Kreisverkehren eine deutliche Senkung der Unfallanzahl, alle 53 Kreuzungen, die vor dem Umbau keine Unfallereignisse erlitten haben, sind auch danach problemlos durchzufahren, wobei die Zahl der Kreisverkehre ohne vorhandene Unfälle auf 73 steigt. Bei 16 Anlagen war der Fall leider nicht so positiv, denn diese zeigten eine Erhöhung der Unfallereignisse, obwohl es da wieder keine Todesfälle gab. In Anbetracht der Abweichungen wird von der Untersuchung klar, dass im Allgemeinen die Anzahl und die Schwere der Unfälle abnahm. Alle Verkehrsteilnehmer genießen eine höhere Verkehrssicherheit. Nach dem Umbau wurden schon keine Todesunfälle mit Fußgängern, Mopedfahrern, Motorradfahrern und Pkw-Insassen, auch keine Sonderunfälle mit der Beteiligung von Bussen, Einsatzfahrzeugen, Landmaschinen oder ähnlichen, beobachtet. Eine Erhöhung der leichten Unfälle mit Radfahrer und Motorradfahrer ergeben sich aus der Datenzuordnung. Der Grund dafür liegt in der niedrigeren Geschwindigkeiten im Kreisverkehr, die leichtere Personenschäden mitbringen und so einen Teil der schweren Unfällen schon zu den leichten zu zählen sind. Die Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit für Radfahrer führen zu einer allgemeinen Senkung der Unfälle als Ergebnis. [20]

Die *Zuverlässigkeit* der Untersuchung wird erstens durch die Menge der beobachteten Anlagen gesichert. Diese sind insgesamt 132 von allen 165 errichteten Kreisverkehren in Steiermark, was die Daten repräsentativ macht und der subjektive Faktor der Entscheidung der Exekutivbeamten, ob es um einen Straßen- oder Kreuzungs-/Kreisverkehrsunfall handelt, ausschließt. Zweitens ist die Veränderung im Verkehrsverhalten mittels eines *Vorher-Nachher-Vergleiches* geklärt. Angestrebt wurden gleiche Zeitintervalle vor und nach der Errichtung des Kreisverkehrs. Je nach den verfügbaren Angaben sind diese *Zeitraumen* für die verschiedenen Knotenpunkte unterschiedlich, von einem bis 13 Jahren. Neben der Bedingungen der Untersuchung sind da auch bestimmte Anforderungen an den Ergebnissen gestellt. Der

Prozentanteil der Unterschiede ist dann signifikant, wenn der sich größer im Vergleich zu der **Standardabweichung** bei der statistischen Bearbeitung der Untersuchungsgrößen ergibt. [20]

Aus wirtschaftlicher Sicht ruft der Rückgang von 60,8% der Unfallereignisse und von 68,2% der verunglückten Personen ein Ersparnis von mehr als 11,6 Millionen Euro an **Unfallkosten** in der Zeitspanne von 1980 bis 2006 nur in der Steiermark hervor. An dieser Stelle können die nicht materiellen Schäden nicht geschätzt werden. Die Errichtung von Kreisverkehrsanlagen erspart nicht nur Unfallkosten, sondern auch menschliches **Leid** vor. [20]

7. Einsatzbereiche von Kreisverkehren

Die Kreisverkehre sind nur dann effektiv und leistungsfähig, wenn die passenden Bedingungen vorhanden sind. Sonst verlieren sie die größten ihrer Vorteile und weisen sich als ungeeignet oder unwirtschaftlich. Hier werden zusammenfassend die Anwendungsfälle von Kreisverkehren beschrieben:

- a) Die Kreisverkehre werden nicht nur **innenorts**, sondern auch **außenorts** angebaut.
 - Im Gebiet von Ortschaften kommen die Kreisverkehre normalerweise in Wohngebieten, Wohngebietseingängen, Einfahrten von Tempo-30-Zonen und an Stellen, wo es aufgrund einer optischen Hauptlinie Konflikte häufig auftreten, in Anwendung. Das Ziel ist die Verkehrsberuhigung zur Erhöhung der Lebensqualität dank der besonders in der Nacht geringeren Lärmemissionen. Begleitende Vorteile sind die Orientierung von reisenden und fahrenden Personen in der Stadt und der städtebauliche Akzent. In dem Sinn kann der Kreisverkehr als örtliches Merkmal benutzt werden. [21], [26]
 - Außer bebauten Gebieten ist der Kreisverkehr nur für Verbindungsfunktion auf Landstraßen aus gleicher Kategorie und mit gleicher Bedeutung zu errichten. Dabei ist es unzulässig Einzelgrundstücke, einzelne Geschäfts- oder Gewerbegebieten an einem Kreisverkehr anzuschließen. In der Regel dient diese Knotenpunktart für die Gestaltung von Einmündungen wegen der geschwindigkeitsdämpfenden Wirkung und des Ausfallens der Errichtung von einer Lichtsignalanlage. Hier sind ausgenommen der Mini-Kreisverkehr, kleine und große Kreiseln anwendbar. [26]
- b) Aus Gründen der Begreifbarkeit sind Kreisverkehre nur im Fall einer günstigen **Topographie** zu bauen. Auf Kuppen und bei stark ausgeprägter Längsneigung stecken die Verkehrsteilnehmer in großer Gefahr für die, die den Knotenpunkt nicht begreifen können, nicht wahrgenommen werden oder andere nicht wahr nehmen.
- c) Die **Leistungsfähigkeit** von Kreisverkehren ordnet sich zwischen jenen von nicht regulierten Kreuzungen bzw. vorrangeregulierten Kreuzungen und Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen. Die Kapazität ist in Abhängigkeit von mehreren Faktoren zu bestimmen. Diese sind der **Außendurchmesser**, die **Kreisfahrbahnbreite**, die **Anzahl der Fahrstreifen** im Kreis und die **Verteilung der Verkehrsströme nach Richtungen** (je weniger die Anzahl der Linksabbieger, desto höher die Leistungsfähigkeit des

Knotenpunktes ist). Auch die Position der Knotenpunktäste trägt gewisse Bedeutung. Die Kapazität des Knotenpunkts hängt von seiner Art ab. [26]

Kreisverkehrsart	von [Kfz/24h]	bis [Kfz/24h]	max [Kfz/24h]
Mini-Kreisverkehr	5 000	15 000	16 000
Kleiner	8 000	20 000	25 000
Großer	20 000	25 000	30 000

Tabelle.1 Leistungsfähigkeit von den verschiedenen Kreisverkehrsarten [26], [27]

Die obere Grenze der Leistungsfähigkeit ist nur im Fall einer **gleichmäßigen Straßenbelastung** in allen Ästen des Kreisverkehrs zu erwarten. Wenn das nicht ausgeführt ist, können unakzeptable Zeitverluste entstehen. Die maximalen Wartezeiten betragen 60 s. Kreisverkehrsarten, die eine stark unterschiedliche Verkehrsstrombelastung erlauben, sind die Abarten des Turbo-Kreisverkehrs. Bevor die Entscheidung für eine andere Knotenpunktform bzw. andere Kreisverkehrsart getroffen wird, muss eine Lösung mit **Bypässen** für eine ausreichende Leistungsfähigkeit geprüft werden.

- d) Kreisverkehre dienen auch zur **Geschwindigkeitsdämpfung** und werden oft als bauliche Verkehrsberuhigungsmaßnahme auch an Ortseinfahrten benutzt. [26]
- e) Der hauptsächliche Grund für das Umbau von Kreuzungen in Kreisverkehren ist die erhöhte **Verkehrssicherheit**. In Einzelheiten wurde die vorher schon erklärt. Hier ist nun zu erwähnen, dass die niedrige Unfallrate diese Knotenpunktform unter den sichersten Knotenpunktarten ordnet. Deshalb stellen diese eine langfristige bauliche Maßnahme gegen Unfallhäufungspunkte und Gefährdungsstellen dar. Das erfolgt Dank der kleinen Anzahl der Konfliktpunkten, guten Sichtverhältnissen, Geschwindigkeitabsenkung, baulichen Trennung der verschiedenen Arten von Verkehrsteilnehmer und anderer. [22], [26]
- f) Aus wirtschaftlichen Gründen bevorzugt man in manchen Fällen die Kreisverkehre, denn diese besitzen fast den gleichen **Kostenaufwand** bei Neubau wie anderen Knotenpunkten mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit. Die gewinnen aber einen Vorteil bei den Kosten für die Errichtung und Wartung einer Lichtsignalanlage, die normalerweise auszuschneiden ist, was die Kreisel günstiger und passend für außerörtliche Einmündungen macht. Unter den baulichen Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung kann einer Kreisel als billiger vor dem Hintergrund einer Aufpflasterung oder eines Hochbordbaus vortreten. [22], [26]
- g) Im Vergleich zu den Kreuzungen ist der **Flächenbedarf** der Kreisel im Einfahrtsbereich mit zwei oder mehreren Abbiegestreifen weniger, erscheint aber im unmittelbaren Knotenpunktbereich wegen der Kreisform größer. Trotzdem braucht man für den Bau eines Kreisverkehrsplatzes hinsichtlich anderer Knotenpunkte mit derselben Leistungsfähigkeit in manchen Fällen weniger Platz und damit wirkt sich der kleinere Anteil der befestigten Fläche umweltfreundlich auf die Umgebung aus. [20]

- h) Der Kreisverkehr erscheint als die beste Lösung für bestimmte **Gegebenheiten der Straßennetzstruktur**. Die Sichtverhältnisse in Knotenpunkten mit **fünf und mehreren Armen** verbessern sich deutlich nach dem Umbau in einem Kreisel. Ähnlich sieht die Situation bei einer Kreuzung mit **abgeknickter Vorfahrt** oder einem sich **unmittelbar hinter einer Kurve** befindendem Knotenpunkt aus. [26] Besonders wenn an zwei hintereinander folgenden Straßen das Linksabbiegen nicht erlaubt ist, bietet der Kreisverkehrsplatz eine Wendemöglichkeit, die auch für Großfahrzeuge nutzbar ist. Hier müssen die **schienengebundenen Verkehrsmittel** beachtet werden und nur anhand

Signalisierung durch den Kreisverkehr geführt werden. [21]



Abb.47 Kreisverkehr bei London, UK [70]

- i) Die **Verkehrsqualität** verbessert man, wenn diese unzureichend ist, mit einem Kreisel mittels der knappen Gesamtwartezeiten und der Flüssigkeit des Verkehrsverlaufs. [21]



- j) Keine **Verkehrsbeeinflussung** wird als unerreichbar erkannt. Der Kreisverkehr muss Straßen mit gleichen Verkehrsbedingungen und Anforderungen verbinden. Das macht die Ausstattung einer „Grünen Welle“ für die Gewährleistung des ungestörten Verkehrsflusses auf der Hauptstraße unmöglich. Keine Ortskernüberlastung kann vermieden werden. Auch eine aktive Bevorzugung des öffentlichen Verkehr oder anderen Verkehrsarten/Straßenzüge ist nicht zu verwirklichen.

- k) Als Nachfolge der Errichtung von einem Kreisel kann eine **Straßenseitentrennung** erscheinen, die bebauten Gebiete, Wohn- oder Einkaufsflächen begrenzen kann.

Die verschiedenen Arten dieser Knotenpunktform finden in verschiedenen Fällen Ansatz, denn sie besitzen spezifische Anforderungen:

- **Mini-Kreisverkehre** sind für außenörtliche Anwendung ungeeignet. In bebauten Gebieten bevorzugt man diese auf Straßen mit starkem Schwerverkehr im Regelfall nicht. Unzulässig ist der Mini-Kreisel für Knotenpunkte mit mehr als vier Ästen. Die Höchstgeschwindigkeit in allen Einfahrten beträgt nicht mehr als **50 km/h**. Bei einem Außendurchmesser kleiner als **18 m** ist diese auf max. **30 km/h** zu reduzieren. Die

Großfahrzeuge erleben Schwierigkeiten beim Befahren und deshalb ist der Mini-Kreisverkehr für diese als begrenzend erkannt. Diese Knotenpunktform ist nur bei leicht belasteten einstreifigen Straßen anwendbar.

- **Kleine Kreisverkehre** errichtet man nur auf einstreifigen Einfahrten. Für eine Verkehrsbelastung größer als 15 000 Kfz/24h muss die Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden und die Lösung mit Bypass untersucht werden. [25]
- **Große Kreisverkehre** zeigen sich passend, wenn die Bypässe des kleinen Kreisels nicht ausreichende Leistungsfähigkeit aufweisen. Eine vorläufige Anordnung der Verkehrsströme ist hier empfehlenswert, denn diese Kreisverkehrsart kann nur dann richtig funktionieren, wenn die innere Kreisfahrbahnstreife nur von Linksabbieger benutzt wird.

Die Kreisverkehre müssen wie auch alle anderen Knotenpunkte den Verkehrsraum für transportierte Außerlademaßgüter sichern. Bei den Mini-Kreisverkehren gibt es im Vergleich zu den konventionellen Kreuzungen dank der überfahrbaren Mittelinsel keine zusätzlichen Schwierigkeiten. Aber das ist nur dann der Fall, wenn ein außerordentlicher Verkehrsablauf organisiert wird. Sonst können Kreisverkehre mit einem Außendurchmesser kleiner von 30 m nicht regulär umgefahren werden. Für die kleinen und großen Kreisverkehre, die an Sonder- oder Ausnahmetransportrouten liegen, ist die Überfahrbarkeit und die Überstreifung (das Wort Überstreifung oder auch überstreifbare Flächen kenne ich nicht) von Flächen des Straßenraums zu prüfen. Die maßgebenden Fahrzeugen und die möglichen Güter, die durch den Knotenpunkt durchfahren, werden von dem Regierungsrat für das entsprechende Land bestimmt. Unter der Beachtung von diesen und mit Hilfe von einer speziell für diesen Grund geschaffenen Software, sind die überstreifbaren Flächen zu ermitteln und diese auf jeden Fall von festen Hindernissen wie Straßenmöblierung (Wegweisern, Lichtmasten, Lichtsignalanlagen u. ä.) oder Bäumen freizuhalten. Empfehlenswert ist, alle Kreisverkehre für durchfahrende Außerlademaßgüter zu bemessen, obwohl sich diese auf keinen Sonderwegen befinden. [25], [31]

8. Geometrie der Kreisverkehre nach der Normen in Österreich, Deutschland und Schweiz, Vergleich der Entwurfs Elemente

Außendurchmesser		Mini-Kreisverkehre			kleine Kreisverkehre		
		<i>von</i>	<i>bis</i>	<i>Regelwert</i>	<i>von</i>	<i>bis</i>	<i>Regelwert</i>
außenorts	Österreich	/			30	50	50
	Deutschland				30	50	35-45
	Schweiz				30	40	28-32
innerorts	Österreich	18	25	-	26	40	35
	Deutschland	13	22	18-23	26	40	30-35
	Schweiz	14	26	-	26	35	28-32

Tabelle.2 Kreisverkehrsarten nach dem Außendurchmesser [26], [27], [29]

Die Bestimmung der Entwurfselemente erfolgt in Abhängigkeit von dem **Außendurchmesser** des Kreisverkehrs. Dieser wird seinerseits von dem vorhandenen Platz, der Verkehrsbedeutung und der Anzahl der verknüpfenden Straßen begrenzt. Einen Einfluss auf die Wahl des Außendurchmessers hat auch der Kreisverkehrstyp. Der Außendurchmesser muss der zulässigen Geschwindigkeit und dadurch auch dem Einsatzbereich der Verkehrsanlagen entsprechend gewählt werden. [26] Die Entwurfselemente bestimmen sich aus fahrdynamischen Gründen. Es ergeben sich daher keine bemerkenswerten Unterschiede zwischen den Ausmaßen dieser in den verschiedenen Ländern. Der Grenzbereich der Außendurchmesser für Österreich, Deutschland und Schweiz wird in der dargestellten Tabelle verglichen.

Der **Kreisring** ergibt sich aus der Kreisfahrbahn und dem Innenring, wenn dieser vorhanden ist. Die beiden Komponenten stehen im Verhältnis 3:1 zueinander. Die **Kreisfahrbahn** ist in der Regel kreisrund anzulegen. Ausnahmefälle dazu sind nur in besonderen Bedingungen innerhalb von bebauten Gebieten zulässig. Wenn die Entscheidung für einen ovalen Kreisverkehr getroffen ist, setzt sich die Form von zwei gleichen Halbkreisen und verbindenden Geraden zusammen. Die Geraden müssen länger im Vergleich zu dem Durchmesser der Halbkreise sein, damit das Oval erkennbar für die Kraftfahrer erscheint. Mini-Kreisverkehre sind immer einstreifig zu treffen. Normalerweise sind kleine Kreisverkehre auch einstreifig. Mit der Erhöhung der Anzahl der Fahrstreifen im Kreis, steigt die Anzahl der Konfliktpunkte, mit negativen Auswirkungen auf die Kapazität des Knotenpunktes. Die mehrstreifigen großen Kreisverkehre reguliert man meistens mit Lichtsignalanlagen, um die Leistungsfähigkeit und die Sicherheit zu sichern. In Stadtbereichen sind die mehrstreifigen großen Kreisverkehrsplätze ein Produkt der historischen Entwicklung der Siedlung. Deshalb sind sie oft nicht streng nach der Entwurfsregeln gestaltet und dadurch als Ausnahmen zu betrachten.

Die Breite der Kreisfahrbahn bestimmt man mit Hilfe der Schleppkurven der maßgebenden Großfahrzeuge für den gegebenen Radius und die Entwurfsgeschwindigkeit. In Österreich wurden als Standardbemessungsfahrzeuge für die Befahrbarkeit die 15-m-Busse (*Euroliner*) und das *Sattelkraftfahrzeug* mit einer Länge von 16,5 m angenommen. Der Planer muss sich aber informieren welche Fahrzeuge in der Praxis anzutreffen sind, denn die Gelenkbusse des ÖPNV können eine Länge von 17,98 m besitzen. Außerdem ist für die Befahrbarkeit nicht nur die Länge von Bedeutung. Das wird detaillierter im Verbindung mit dem ÖPNV erklärt. Hier ist noch zu erwähnen, dass je kleiner der Radius ist, desto schwieriger verläuft das Befahren für die Großfahrzeuge. Breitere Kreisfahrbahnen ergeben sich in Fällen von intensivem Schwerverkehr. Die empfehlenswerten Kreisfahrbahnbreiten in den drei Ländern folgen in einer Zusammenfassung nach.

Kreisfahrbahnbreite		Mini-Kreisverkehre			kleine Kreisverkehre		
		<i>von</i>	<i>bis</i>	<i>Regelwert</i>	<i>von</i>	<i>bis</i>	<i>Regelwert</i>
<i>außenort</i>	Österreich	/			6	4,5	-
	Deutschland				8	6,5	7-6,5
	Schweiz				5,25	6,5	-
<i>innenort</i>	Österreich	4	6	5-6	7	5	-
	Deutschland	4	6	5-6	6,3	5	5,8-5,4
	Schweiz	5,5	5,3	-	6	7,25	-

Tabelle.3 Kreisfahrbahnbreite von den verschiedenen Kreisverkehrsarten [24], [26], [27], [28], [29]

Der Schwerverkehr erweist sich als maßgebend für die Breite des Kreisringes. Die vorhandene Fahrbahn darf aber nicht immer so weit konstruiert werden, denn ihre Verbreiterung bietet eine gewisse Freiheit für die Pkw-Fahrer und andere kleine Fahrzeuge, die aus diesem Grund schneller durch den Knotenpunkt fahren und die Kreisfahrbahn schneiden. Es kann zum Verlust der Ablenkungswirkung des Kreisverkehrs kommen, was die Verkehrssicherheit für die Verkehrsteilnehmer bedroht. Das kommt in Frage besonders bei großen Kreisverkehren. Um diese Erscheinung zu vermeiden, errichtet man in der Regel nur bei einstreifigen kleinen Kreisverkehren innerorts einen **Innenring**. Für die Mini-Kreisverkehre wandelt sich der Innenring infolge der engen Verhältnisse in einer befahrbaren Mittelinsel um. In den beiden Fällen werden diese für Schwerverkehr und Großfahrzeugen reserviert, wenn diese wegen ihrer Ausmaße die kleinen Radien des Knotenpunkts den Kreisel sonst nicht befahren können. Der Innenring kann zusammen mit der Fahrbahn befestigt werden. In solchen Fällen spricht man für betonierten oder asphaltierten Innenring, der auf dem gleichen Niveau mit dem Fahrbahnbelag ist und von diesem durch Markierung getrennt wird. Diese Gestaltung ist für außenörtliche Kreisverkehre, die als Ausnahme mit einem Innenring eingerichtet sind. Die besondere Bestimmung der Flächen kann mittels eines Farbenunterschiedes betont werden. Die Färbung ist entweder mit einer unterschiedlichen Mischung für den Belag zu erreichen, oder einfach darauf zu befärben. Empfehlenswert in Ortschaften muss der Innenring gepflastert sein und mit einem 4 cm bis 5 cm erhöhten Bord begrenzt werden. Dieser wird niedriger gestaltet, wenn der Knotenpunkt von Linienbusverkehr befahren wird. Dank des Bordes baut sich die Neigung der Autofahrer diesen zu befahren, ab. Eine steilere Querneigung im Bereich muss einerseits wegen der Begreifbarkeit, andererseits aus fahrdynamischen und Entwässerungsgründen angelegt werden. Die Vorteile für die Sicherheit sind dadurch groß. Die mit den größten Vorteilen Verkehrsteilnehmer sind die Zweiradfahrer, weil die Überfahrvorgänge von anderen motorisierten Verkehren vermeiden werden. Die Breite des Innenringes wird in den unten stehenden Grenzen angenommen. [26]

Breite des Innenrings		kleine Kreisverkehre		
		<i>von</i>	<i>bis</i>	<i>Regelwert</i>
<i>innerorts</i>	Österreich	2,7	1,5	-
	Deutschland	2,7	1,5	-
	Schweiz	1,3	3,8	-

Tabelle.4 Breite des Innenrings von den verschiedenen Kreisverkehrsarten [27] [28]



Abb.48 Bepflasterter Innenring [27]

Abb.49 Aspfaltierter Innenring [27]

Die Vorteile dieser Knotenpunktform erfolgen aus dem Bestand einer Mittelinsel. Es leistet die Ablenkung der Kraftfahrer um mindestens eine Fahrbahnbreite, welche Ablenkung die Geschwindigkeitsdämpfung ermöglicht. Bei kleinen Radien führt leider dieses Hindernis zu Schwierigkeiten für manche Verkehrsarten, wie das schon erwähnt wurde. Mini-Kreisverkehre verursachen die am meisten ausgeprägten Probleme. Die Entscheidung findet man in einer überfahrbaren Kreisinsel, das die Funktionen des Innenrings vollzieht. Die **Mittelinsel** trennt man mit einem 5 cm hohen Bord. Es muss mindestens für die Verkehrsbelastung der Fahrbahnstreifen im Kreis bemessen werden. Die Überhöhung in der Mitte der Insel bezogen auf das Fahrbahnniveau befindet sich in den Grenzen von 10 cm bis max 16 cm. Wenn durch den Knotenpunkt Linienbusverkehr fährt, lässt sich die auf 10 cm zur Erleichterung des öffentlichen Verkehr absenken. [27]

Für kleine und große Kreisverkehre ist das Befahren der Mittelinsel obligatorisch zu unterbinden. Bei diesen Kreisverkehrsarten spielt die Kreisinsel eine zusätzliche Rolle. Im Interesse der Sicherheit versperrt die Insel die Sicht auf den gegenüber liegenden Ein- und Ausfahrten. Normalerweise besitzt die Insel bei großen Kreisverkehren einen 1,20 bis 1,50 m hohen begrünten Erddamm. [25] Bei kleinen Kreisplätzen sind die Sichthindernisse auf 0,70 m begrenzt. [24] Zum Ziel baut man auch die so genannten Sichtbermen oder pflanzt man einen passenden Bewuchs auf der Mittelinsel. Dies trägt auch für die rechtzeitige Erkennbarkeit und die Orientierung im Kreisverkehr bei. Für ausreichende Sicherheit bei Unfallereignissen dürfen keine feste Hindernisse auf der Insel errichtet werden. Möglicherweise sind Leitungen und Schächte im Bereich der Kreisinsel zu vermeiden. Kommerzielle Werbungen sind wegen der Aufmerksamkeitsablenkung der Fahrer und wegen der Stoßgefahr verboten. [25]



Abb.50 Gepflasterte Mittelinsel [27]



Abb.51 Asphaltierte Mittelinsel [27]

Mini-Kreisverkehre verbinden nur einstreifige Straßen. Die Breiten der **Ein- und Ausfahrten** von Mini-Kreisverkehren sind aus den folgenden Tabellen zu entnehmen. Diese Breiten sind nach den vorhandenen Querschnitten der Straßen zu orientieren. Kleinere als die Mindestwerte werden ausnahmsweise erlaubt, wenn keine Fahrbahnteiler gestattet sind. Die kleinen Kreisverkehre dienen generell auch für die Verbindung von einstreifigen Straßen, aber nicht immer obligatorisch. Die Ausfahrten sind, wenn möglich, einstreifig zu gestalten, obwohl die Einfahrten bei kleinen Kreiseln zweistreifig sein können. Bei der Errichtung von großen Kreisverkehren ist die zulässige Anzahl der Fahrstreifen je Richtung schon höher. Mehr als zwei Fahrstreifen sind auch möglich, aber in dem Fall kann eine Notwendigkeit einer Lichtsignalanlage im Kreisverkehr entstehen. Im Einfahrtsbereich erfolgt eine obligatorische zielorientierte Einordnung des Verkehrs. [26]

Die erwähnten Fahrbahnbreiten werden für die Einfahrten am Beginn der Eckausrundung und entsprechend am Ende der Ausrundung für die Ausfahrten gemessen. Natürlich müssen die Breiten so gewählt werden, dass diese die Befahrbarkeit der Ein- und Ausfahrten sichern können. Die ist wieder mit den Schleppkurven der Bemessungsfahrzeuge zu überprüfen. In diesem Vorgang muss man mit einem Bewegungsspielraum zusätzlich rechnen. Dieser beträgt *0,50 m* innerhalb und *1,00 m* außerhalb besiedelten Gebiete. Aus fahrgeometrischen Gründen können zusätzliche erforderliche Flächen im Bereich der Ein- und Ausfahrten entstehen. Diese sind für das Durchfahren von Großfahrzeugen bei schiefwinklich zueinander liegenden Knotenpunktästen aus Nutzung und als **Pflasterflächen** zu gestalten. In der selben Gedankenreihe ist empfehlenswert ein Übergangsbogen mit Radius von *100 m* zwischen dem Geradenbereich und der Eckausrundung einzuschreiben. Damit keine zusätzliche Elemente notwendig sind und auf diese Weise die Errichtung zusätzlich erschwert wird, sind einigen Prinzipien zu folgen. Erstens müssen die Äste möglichst gleichmäßig auf dem Kreis verteilt werden. Zweitens wird nach eine radiale Orientierung an Kreisfahrbahn gestrebt. Eine Ausnahme dazu ist für die Ausfahrten zulässig, die sich auch tangential orientieren können. In dem Fall entsteht sogar eine günstigere Verkehrssituation beim Ausfahren besonders für Bus- und Schwerverkehr, der in der Regel nicht so flexibler wie die kleineren Kraftfahrzeuge ist. Die radiale Anordnung der Ein- und Ausfahrten ist für lichtsignalisierte Kreisverkehre nicht obligatorisch einzuhalten. [26]



Abb.52 Bepflasterte Aufweitung in der Zufahrt des Kreisverkehrs [27]

Fahrbahnbreite der Einfahrten		Mini-Kreisverkehre			kleine Kreisverkehre		
		von	bis	Regelwert	von	bis	Regelwert
außenort	Österreich	/			4		
	Deutschland				3,5	4	-
	Schweiz				4		
innerorts	Österreich	min 4					
	Deutschland	3,25	3,75	3,5	3,25	3,75	-
	Schweiz	3,5			4		

Tabelle.5 Fahrbahnbreite der Einfahrten von den verschiedenen Kreisverkehrsarten [20], [24], [26], [27], [29], [31]

Fahrbahnbreite der Ausfahrten		Mini-Kreisverkehre			kleine Kreisverkehre		
		von	bis	Regelwert	von	bis	Regelwert
außenort	Österreich	/			4		
	Deutschland				3,75	4,5	-
	Schweiz				4		
innerorts	Österreich	min 4					
	Deutschland	3,5	4	3,75	3,5	4,25	-
	Schweiz	3,75			4		

Tabelle.6 Fahrbahnbreite der Ausfahrten von den verschiedenen Kreisverkehrsarten [24], [26], [27], [29], [31]

Die zusätzlichen Pflasterflächen sind nicht die einzige Lösung für Verbesserung der Befahrbarkeit von Großfahrzeugen in Kreisverkehren. Eine andere Möglichkeit und dabei auch eine bessere ist die Errichtung eines **Bypasses**, falls den Platz ausreichend dafür ist. Diese sind in den Fällen von scharfwinkelig gekreuzten Kreisverkehrsästen und bei stark ausgeprägten Rechtsabbiegeströmen angewandt. Mit sich bringen die Bypässe sowohl positive, als auch negative Auswirkungen auf die verschiedenen Straßenbeteiligten und die Umwelt. Der Fahrkomfort für die Rechtsabbieger nimmt spürbar zu. Das kommt aber zum Nachteil der querenden Fußgänger, denn die Querungsstellen können in manchen Fällen zu spät erkannt werden und dadurch wird die Sicherheit des nichtmotorisierten Verkehrs gemindert. Der Vorteil für den Fahrkomfort schließt oft das Anhalten an der Knotenpunkteinfahrt aus. Auf diese Art und Weise verliert den Kreisverkehr sein Geschwindigkeitsdämpfungsvermögen und damit auch alle Vorteile, die diese mitbringt. Die Bypässe trennt man baulich von der Kreisfahrbahn mittels einer Treninsel mit minimaler Breite von 1,5 m. Der Fahrbahnteiler, der auch begrünt werden kann, muss jedenfalls mit Flachborden eingefasst sein. Das und die Entwurfs-elemente von dem Bypass verlangen

einen erheblichen Platz, damit die Flüssigkeit des Verkehrs behalten wird. Der große Flächenbedarf trägt bis 5 000 Kfz/24h für die Leistungsfähigkeit des Kreisels zusätzlich bei. [25]

Die gute Fahrdynamik hat die folgenden Empfehlungen und minimalen Werte bestimmt [25] :

- Es ist ein zusätzlicher Rechtsabbiegestreifen mit eine Länge größer als 20 m im Einfahrtbereich zur Verfügung zu stellen, bei Möglichkeit ist der Ausfädelungsfahrstreife in der Spanne zwischen 30 und 50 m;
- Die Verziehung muss im Verhältnis 1:20 sein;
- Es ist ein Einfädelungsfahrstreifen mit minimaler Länge von 75 m vorzusehen. Die einfädelnden Fahrzeuge haben eine Wartepflicht, damit sich kein Stau auf der Kreisfahrbahn induziert;
- Bei Bestimmung der Fahrbahnbreite des Bypasses spielen die Schleppkurven der Bemessungsfahrzeugen eine maßgebende Rolle. Hier ist auch einer Sicherheitsabstand von 0,5 m (entsprechend 1,0 m außerorts) in Kauf zu nehmen;
- Für zügigen Verkehrsverlauf muss man einen möglichst stumpfen Winkel zwischen den Knotenpunktarmen und dem Bypass ausbilden.

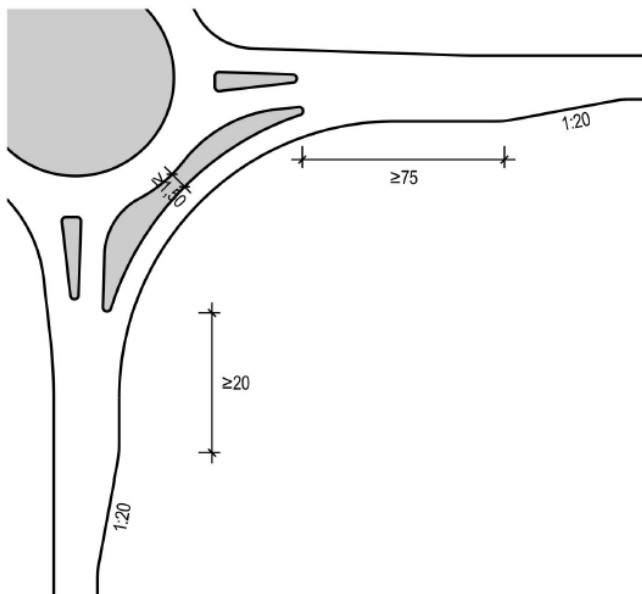


Abb.53 Bypass im Kreisverkehr [25]

Die **Eckausrundungsradien** sowohl für die Einfahrten, als auch für die Ausfahrten sind auch tabellarisch dargestellt. Wie schon erwähnt, stehen diese in Abhängigkeit von den Schleppkurven und dadurch von den Bemessungsfahrzeugen und der vorhandenen Geschwindigkeit. Die Radien werden zusätzlich von der Art und Form der Fahrbahnteiler in den Knotenpunktarmen beeinflusst. [24], [26]

Ausrundungsradius für die Einfahrten	Mini-Kreisverkehre	kleine Kreisverkehre
Österreich	8-10	12
Deutschland	8-10	10-14
Schweiz	8-10	18-20 (10-12)*

* rechter Rand mit Korbbogen [28]

Tabelle.7 Ausrundungsradien für die Einfahrten von den verschiedenen Kreisverkehrsarten
[25], [26], [28], [31]

Ausrundungsradius für die Ausfahrten	Mini-Kreisverkehre	kleine Kreisverkehre
Österreich	8-10	25
Deutschland	8-10	12-16
Schweiz	8-10	18-20 (12-14)*

* rechter Rand mit Korbbogen [28]

Tabelle.8 Ausrundungsradien für die Ausfahrten von den verschiedenen Kreisverkehrsarten
[25], [26], [28], [31]

Die **Fahrbahnteiler** leisten viel für die Verkehrssicherheit der Kreisverkehre und müssen deswegen immer wenn möglich gestaltet werden und nur bei beengten Verhältnisse kann der Planer darauf verzichten. Für große Kreisverkehre sind die in jedem Fall erforderlich. Die leiten den Verkehr und trennen den in Richtungen und Arten, was zu einer besseren Befahrbarkeit führt. Dank der Errichtung der Leitinseln erleichtert sich die Erkennbarkeit und die Verkehrsführung. Fahrbahnteiler dienen zum Schutz der nichtmotorisierten querenden Verkehrsteilnehmer und zur Aufstellung von Wegweiser, wenn es erforderlich ist. Darauf können auch Lichtmasten gestellt werden, was aber nicht im Interesse der Verkehrssicherheit steht. Eine zusätzliche Bequemlichkeit für Fußgänger und Radfahrer ergibt sich aus die Verkürzung der Überquerungswege. Im Querschnitt der Fahrbahnteiler mit den Furten muss eine minimale Breite im Zusammenhang mit den querenden Straßenbeteiligten angelegt werden. Das Ziel dieser Begrenzung ist die Sicherung eine ausreichende Aufstellfläche für Fußgänger und Radfahrer. Daraus erfolgt die Empfehlung für parallele Ränder der Treninsel bei stark ausgeprägten Fußgängerströmen. Wenn irgendwelche örtliche Zwangspunkte das nicht erlauben, ist die Ablenkung von Kraftfahrzeugen durch der Insel zu überprüfen. Trotz aller aufgezählten Vorteile der Fahrbahnteiler bemerkt man keine Unfallauffälligkeit bei Verzicht auf die ????. [26], [27]

Normalerweise sind die Leitinseln nicht überfahrbar zu bauen, können aber auch wegen eines Platzmangels überfahrbar konstruiert werden. Nicht überfahrbare Fahrbahnteiler erstellt man mit einer Randbefestigung und versiegelt oder begrünt man die Fahrbahnteiloberfläche. Durch einen Höhenunterschied ist die Neigung der motorisierten Verkehre den Platz zu befahren, reduziert. Für Behinderten und Fahrradsteifen sind örtliche Absenkungen vorgesehen. Wenn das nicht der Fall ist und die Fahrbahnteiler sind überfahrbar anzulegen, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Die Leitinsel kann entweder auf dem Belag markiert, oder aufgepflastert sein. Allerdings ist diese Art der Gestaltung nur in Ausnahmefälle sinnvoll. [26], [27]

Die Form der Fahrbahnteiler erfolgt zu ihrem größten Teil aus der Konstruktion der anderen Entwurfselemente, wie Fahrbahnbreiten der Ein- und Ausfahrten, Ausrundungsradien von den selben, Krümmung der Kreisfahrbahn. Deshalb sind meistens sie unsymmetrisch. Im Allgemeinen gelten einige Grundsätze bei der Anbau von diesen. Fahrbahnteiler müssen radial an der Kreisfahrbahn orientiert werden und von dieser mit einem gewissen Absetzmaß a entfernt sein. Wenn die Gelegenheit dafür existiert, ist der Fahrbahnteiler möglichst breit am Kreisrand zu entwerfen. Eine keilförmige Leitinsel erwies sich vorteilhaft, weil seine Geometrie den fahrdynamischen Anforderungen der Kraftfahrzeuge

entspricht. Diese Art passt sich besonders gut auf *Busfahrtdynamik* an. Das macht die keilförmigen Fahrbahnteiler für von Linienbusverkehr befahrene Knotenpunkten angemessen.

Fahrbahnteiler		Österreich	Deutschland	Schweiz
Länge der FBT		12-15	12,5-30	-
Abstand der Furten		min 1,5/max 6	4	5 (min 4)
Absetzmaß a		0,25	0,5	0,4
Eckausrundungsradien		0,6	0,6	0,6
Kopfausrundungsradien		0,75 (min 0,5)	0,8/1,0*	0,6
Breite des Inselkopfes		1,5 (min 1,1)	1,6/2	min 0,6
Breite	<i>ohne Fußgänger</i>	1,5	1,6	1,5
	<i>mit Fußgänger</i>	2 (min 1,5)	2	2
Übergang	<i>mit Radverkehr</i>	2,5 (min 2)	2,5	min 2,5

*entsprechend für keilförmigen FBT/FBT mit parallele Ränder

Tabelle.9 Parameter der Fahrbahnteiler in Kreisverkehrsarten [24] [25] [26] [27] [28]

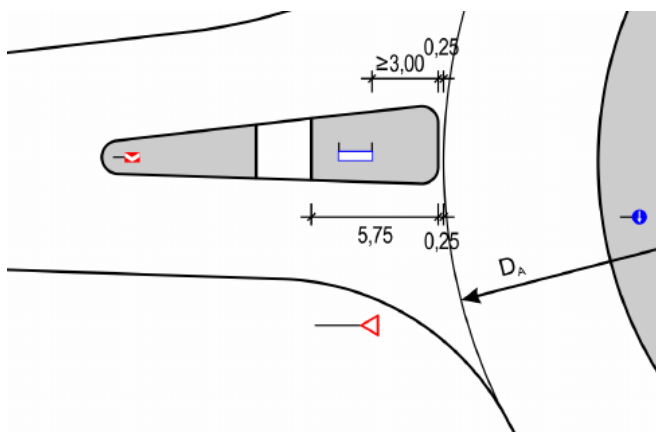


Abb.54 Fahrbahnteiler im Kreisverkehr [25]



Abb.55-56 Gepflasterter und begrünter Fahrbahnteiler mit parallelen Ränder und Beschilderung [27]

Zum Schutz der Fußgänger und der Radfahrer sind in den Bereichen der Bypässe, der Ein- und der Ausfahrten entsprechende Furten einzurichten. Die dienen zum Leisten des Vorrangs für die nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmer, wenn eine Bevorrechtigung für die geplant wird. In bebauten

Gebieten ist es wünschbar **Überquerungsstellen** in allen Knotenpunktästen zu gestalten, damit die Begehbarkeit und die Befahrbarkeit für Radfahrer auf einem gute Niveau bleibt.

Die Fußgängerquerungsstellen müssen einige Grundsätze einhalten: Die Furten müssen von der Kreisfahrbahn mindestens auf die Länge eines Kraftfahrzeugs abgesetzt werden. Nach dieser Art und Weise ist eine Rückstau auf der Kreisfahrbahn zu vermeiden und die Sichtverhältnisse zwischen den Autoverkehr und den querenden Fußgänger zu gewährleisten, was vorteilhaft für die Verkehrssicherheit ist. Die Absetzung schwenkt in engen Grenzen für Österreich, Deutschland und Schweiz. Zwischen 4 m in Deutschland und 6 m in Oberösterreich z. B. liegen mit 5 m die Werte, die in der Schweiz geregelt sind, in der Mitte. Bei der Wahl dieser Entfernung muss in Kauf genommen werden, dass je größer diese ist, desto länger werden die Umwege für Fußgänger. Andererseits mit der Verlängerung der Absetzung haben die Kraftfahrer mehr Zeit zum Anpassen an der neuen Verkehrssituation und die Querenden sind rechtzeitig zu erkennen. Bei beengten Bedingungen dürfen die Querungsstellen nicht weiter als 7 bis 8 m von Knotenpunkt entfernt sein, denn diese geraten sonst in einem Bereich, wo höhere Geschwindigkeiten herrschen. Die ausfahrenden Kraftfahrzeuge beschleunigen und die einfahrenden Autos sind immer noch im Verzögerungsvorgang. Außerdem unternehmen manche Leute gefährliche Überquerungen an nicht signalisierten Straßenquerschnitten, um sich den zusätzlichen Weg zu ersparen. [24], [26]

Damit eine eindeutige und allgemeine Regelung festgesetzt wird, sind in Ortschaften die Furten als Zebrastreifen auszuführen. Zur Erleichterung der Fußgänger ist der Entwurf von einstreifigen Einfahrten empfehlenswert. Trotzdem sind mehrstreifigen Einfahrten auch zulässig. Aus Sicherheitsgründen ist die Sicht auf der Aufstellfläche am Fahrbahnteiler frei zu halten. Deswegen sind Wegweiser und andere möglichen Hindernisse hinter den Furten auszustatten. Wenn es eine Gefährdung ungeachtet aller Ausrichtungen existiert, kann als zusätzliche Maßnahme eine Teilaufpflasterung angewendet werden. Das wirkt sich aber ungünstig für Busse des ÖPNV aus Gründen, die weiter aufzuklären sind, aus. Die Barrierefreiheit für Sehbehinderten ist hier durch Bodenindikatoren zu leisten.

Die Begehbarkeit ist durch eine gleichmäßige Absenkung der Randbefestigung des Fahrbahnteilers auf 3 cm zu verbessern. Wenn eine weiträumige Umgehung vorhanden ist, dürfen planfreie Führungen angewandt werden. Die gleiche Situation ist bei zu hohem Fußgängeraufkommen im Interesse der Sicherheit und der Leistungsfähigkeit auf die selbe Weise lösbar. [24], [26]

Außerhalb bebauter Gebiete werden in der Regel keine Überquerungsstellen gebaut. Das Anbau eine Fußgängerfurt ist bei mehr als 50 Fußgänger/h oder 200 Kfz/h zu belegen. Falls diese notwendig sind, müssen sie entfernt vom Knotenpunkt angelegt werden und eine Wartepflicht für Fußgänger und Radfahrer klar erklärt werden. Als eine Sicherheitsmaßnahme kann die Errichtung von Fahrbahnteiler (die in Deutschland so genannten Kröten) im Bereich der Überquerung erfolgen, damit die Kraftfahrer auf die veränderliche Verkehrssituation aufmerksamer werden. Eine Absetzung von mindestens 5 m vom Knotenpunkt ist zu behalten. [27]

Die möglichen Führungslösungen für Radfahrer haben wir schon im Zusammenhang mit der Sicherheit in Kreisverkehren behandelt. Hier ist es nur der Fall der Führung des Radverkehrs auf baulich angelegten Radwegen aus Bedeutung. Die Furten für Radfahrer sind unmittelbar nebeneinander mit dieser von Fußgängern über den Knotenpunktarmen durchzuführen. Normalerweise ist den Radfahrern in Ortschaften die Bevorrechtigung anzubieten. Die Absetzung der Überquerungsstellen ist im selben Rahmen wie bei den Fußgängern mit den Empfehlung, dass wenn die beiden vorhanden sind, die Furt für den Radverkehr an der Seite der Kreisfahrbahn anzulegen ist. Die einstreifigen Radfurten dürfen eine Mindestbreite von 2 m nicht unterschreiten. Zweistreifige Radfurten müssen auf jeden Fall mehr als 4 m von Kreisfahrbahn abgesetzt werden und auf eine minimale Breite von 3 m verfügen. Wenn

Zweirichtungsradswege gebaut werden, entfällt die Gefahr von Radfahrern, die in der falschen Richtung fahren, erschwert das aber die Orientierung der Kraftfahrer, die die aus der rechten Seite kommenden Radfahrer vernachlässigen können. Auf diesem Grund sind Zweirichtungsradswege nur in Ausnahmefällen bei großem Radverkehrsaufkommen einzurichten. Die müssen natürlich mit einem entsprechenden Verkehrszeichen den Fahrern klar bekannt gegeben werden und mittels einer Aufpflasterung oder roter Einfärbung hervorgehoben. Für Radfahrer verläuft die Furt auch durch den Fahrbahnteiler niveaugleich mit dem Straßenbelag. [26]

Es gibt eine Möglichkeit für die Führung sowohl des Radverkehrs als auch des Fußgängerverkehrs auf gemeinsame Furten. Diese betragen eine Mindestbreite von 4 m und eine empfehlenswerte Absetzungsmaß von 4 m. Eine rote Einfärbung sollte man aus Sicherheitsgründen angewendet werden. [26]



Außerorts gelten für Radfahrer die selben Anforderungen wie für die Fußgängerfurten. Den Radfahrern ist die Wartepflicht zu erklären. Keine Furten werden auf der Fahrbahn markiert.

Abb.57 Querungsstelle im Kreisverkehr [12]

Das Anbau von **Radwegen** im Knotenbereich hat auf keinen Fall auf der Kreisfahrbahn zu erfolgen. Der Grund dafür liegt in der Totenwinkelproblematik, die in Beziehung mit der Verkehrssicherheit erklärt wird. Bei Verkehrsbelastungen bis 12 000 Kfz/24h sind die Radwege nicht als notwendig betrachtet und die Führung der Radfahrer auf die Kreisfahrbahn gilt für sicher. Manchen von den Radfahrern fühlen sich trotzdem unsicher und leicht verletzbar. Für die kann man Radwege einrichten oder mindestens die Möglichkeit für Aufsteigen auf dem Gehsteig anzubieten. Wenn die Anzahl der Radfahrer die Fußgänger im Kreisverkehr gefährdet, ist auf eine kombinierte Führung von Fußgänger und Radfahrer zu verzichten. Laut dieser Begrenzung sind Radwege in Mini-Kreisverkehren selten und nur als Ausnahmefall zu treffen. Wenn diese wegen höheres Radverkehrsaufkommens in einem Knotenpunkt zu errichten sind, müssen die möglichst kreisförmig entworfen werden. Die Radfahrer sind räumlich abgetrennt durchzuführen. Die Radwege sind nicht unmittelbar an dem Rand des Gehsteiges anzulegen. Diese müssen von der Kreisfahrbahn deutlich abgerückt werden. Im Bereich vor den Furten orientieren sich die bevorrangten Radwege senkrecht zu der Straßenfahrbahn im Interesse der Sicherheit. Bei Wartepflicht ist eine Aufstellfläche zur Verfügung zu stellen, indem die Radstreifen mindestens 2 m vor der Furt in ihrer Richtung verläuft. Wegen der Schwierigkeiten bei der Errichtung von gekrümmter baulichen Trennung und die versteckte Gefahr von Stolpern werden keine baulichen Abgrenzungen auf dem Gehsteig auszustatten. Gelegentlich sind Falschrichtungsfahrten unter Radfahrern zu beobachten. Damit das zu keinen Konflikten mit anderen Verkehrsteilnehmern führt, müssen die Radstreifen breiter geführt werden. Empfehlenswert würde eine Breite von 3,5 m sein. In den Kreisverkehrsarmen verlaufen die Radwege in Abhängigkeit von der Führungsart wie folgt. Im Knotenast können die durch schmalen Trennstreifen („Schweinerücken“ mit

Breite von 0,5 bis 1 m) oder mittels Markierung von motorisiertem Verkehr getrennt werden. Mindestens 20 m vor der Kreisfahrbahn sind Radwege abzubrechen und den Radverkehr auf Kreisfahrbahn im Mischverkehr zu erlösen oder die Radstreifen über eine abgesenkte Gehsteigkante abgesetzt weiterzuleiten. [26], [27]

Für die Länge des „Lebens“ der Straßenkonstruktion sind nicht nur die gute Planung und Ausführung wichtig, sondern auch die Wasserableitung und die wasserdichte **Randbefestigung** des Straßenkörpers. Beim Eindringen von Wasser unter die Fahrbahnoberfläche verliert den Belag an seiner Tragfähigkeit. Dadurch entstehen Schäden, die den Verkehrsablauf erschweren oder sogar gefährden. Deshalb ist es von großer Bedeutung wie und womit der Straßenrand eingefasst wird. Für Erleichterung der Entwässerung werden in Österreich bei den Entwässerungsanlagen auf 60° geneigten Leitsteine benutzt. In Deutschland werden die Fugen um die Randbefestigung mit bitumenhaltigen Vergußmassen verdichtet. Das Wasser ist aber nicht die einzige Herausforderung vor der Randbefestigung. Diese muss unter die Belastung von dem ständigen und verschiedenartigen Verkehr ihre Ganzheit und Lage behalten, wobei die häufigsten Überfahrungen der Ränder von schweren Großfahrzeugen kommen. Die Befestigung muss auf Schub- und Scherkräfte bemessen werden. Die Bordsteine werden auf schwere Rückenstützen fixiert. Bordsteinschäden können mit Hilfe von Sicherheitsstreifen mit einer Breite von Minimum 0,5 m beschränkt werden. Für eine bessere Befahrbarkeit ist das auf 60° geneigte Einbau der Randfassung der Mittelinsel empfehlenswert. Das Material und die Gestaltung der Randeinfassung unterscheidet sich in den verschiedenen Ländern. Hier werden Beispiele dafür kurz beschrieben. [25]

Die österreichischen Standards bieten hier einigen Möglichkeiten für Randbefestigungen:

- *Leitsteinen LS 6 (13x23)*, die auf 60° geneigt sind, oder drei Reihen von *Großpflastersteinen GPS 1 (18x18x18)*. [25]

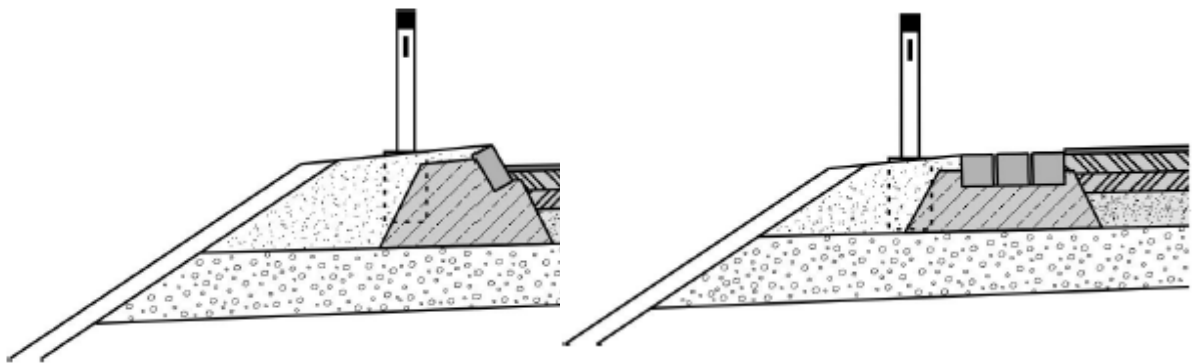


Abb.58-59 Randausbildung mit geneigtem Leistenstein und mit 3-reihigem Großpflasterstein [25]

Die deutsche Auswahl für die Randbefestigungen schreibt die folgenden Arten vor:

- *Natursteine*, die die Schub- und Scherkräfte von den hohen Beanspruchungen von LKW an der Außenränder der Fahrfläche aufnehmen müssen. Diese sind auf Rückstütze (Beton C20/25) befestigt und wenn nötig rundgeschnitten. Diese Randbefestigung bildet der 5 cm hohe Kanten vorstand zwischen dem Innenring und der Mittelinsel und können zusätzlich eine optische Anhebung dank deren Farbe erreichen. Aus Entwässerungsgründen werden die Fugen ausgefüllt. Aus diese Pflastersteinen errichtet man die Sicherheitsstreifen gegen

Bordsteinschäden bei Überfahren der Fahrbahnränder. Diese Sicherheitsstreifen betragen *mindestens 0,5 m*. [27]

In der Schweiz treffen sich andere Varianten von Randbefestigungen:

- *Granitsteinen RN 15* bilden die Grenze zwischen der Fahrbahn und der Überfahrstreifen und auch zwischen der Fahrbahn und der Leitinsel; *Pflastersteine Typ 8/11* in den Fällen von Pflasterung der Fahrbahnsteiler bei Ein- und Ausfahrten; roter Pflasterstein oder Granitstein in Form von *Stellplatten aus Granit SN 8* zwischen der Überfahrstreifen und der Mittelinsel und auch *Schalenstein Typ 10* (einstreifig), *Typ 10/12* (zweistreifig) oder *Stellplatten SN 10/25* als Randfassung für den äußeren Fahrbahnrand. [28]

Die Randbefestigung alleine reicht nicht für eine gute **Entwässerung** der Straßenoberfläche. Diese erfolgt mit Hilfe der **Längs-** und die **Querneigung**. Denn da die Längsneigung in den Fällen von Kreisverkehren möglichst geringer zu halten ist (größer als 0,5% und aber kleiner als 4% für kleine und große Kreisverkehrsplätze und unter 3% für Mini-Kreisverkehre), ist es hauptsächlich mit der Querneigung zu rechnen. Diese leitet das Wasser nach dem kürzesten Weg von dem Kreis aus. In der Regel schafft man die Entwässerung mit einer Querneigung von 2,5% auf der Kreisfahrbahn. [24] Der Innenring kann mit derselben Neigung ausgeführt werden, wenn dieser nur durch Markierung von der Kreisfahrbahn getrennt wird. Empfehlenswert ist aber die raue Oberflächengestaltung und die betonte Querneigung des Innenringes, damit diese die Lust der Pkw-Fahrer den zu befahren und damit auch keine Überholung auf der Kreisfahrbahn zu verwirklichen, abbauen. Die Rauigkeit und die Sicherheitsgründen verlangen in Deutschland eine Querneigung für einen von der Kreisfahrbahn getrennten Innenring zwischen 3 und 5%. [27] Die Steilheit verbessert die Erkennbarkeit. Auf Grund der Erkennbarkeit haben sich auch die Begrenzungen für die Längsneigung ergeben, denn sonst kann der Fahrer bestimmt bei Witterung und Dunkelheit seine Übersicht verlieren, was seinerseits die Verkehrssicherheit bedroht. Die Gewährleistung eines guten Verkehrsverlaufes hängt von der Beseitigung von gefährlichen Stellen im Verkehrsraum ab. Dazu zählen sich auch die Abläufe und die Entwässerungsrinnen. Deswegen folgt die Errichtung von diesen einige Empfehlungen. Abläufe sind an dem Außenrand der Kreisfahrbahn und an den Rändern der Knotenpunktäste. In der Schweiz baut man in manchen Kreisverkehre Wasserrinnen am Kreisinselrand. Kreisverkehre in Wannens sind aus Entwässerungsgründen zu vermeiden.

9. Nebenanlagen

Im Großen und Ganzen unterscheiden sich die Beschilderung und die Markierung von Kreisverkehrsplätzen in Österreich, Deutschland, Bulgarien und in der Schweiz nicht wesentlich. Jedenfalls tragen diese denselben Sinn und sind derselben Organisation untergeordnet. [25], [26], [27], [28], [31], [34]

a) **Signalisierung**

- *Vorwegweiser* dienen für bessere Orientierung der Kraftfahrer und insbesondere dieser, die den Weg nicht kennen.



Abb.60 Vorwegweiser für einen Kreisverkehr [72]



Abb.61 Wegweiser Kreisverkehr in Berlin [73]

- Wegweiser werden 50 m vor den Knotenpunkt und bei den Ausfahrten auf den Fahrbahnteiler (*Ausfahrtswegweiser*) angeordnet, wobei das Freihalten der Sichtfelder beachtet werden muss. Zum Ziel sind die Wegweiser in dem Fall etwa 3 m hinter der Ordnungslinie auszustatten. Die Signale sollen reflektierend in Anfahrtsrichtung sein. In der Schweiz sind sie normalerweise angeleuchtet.
- *Straßennamenschilder* in Form von Pfeilwegweiser.
- *Gefahrenzeichen* ``Kreuzung mit Kreisverkehr`` und *Geschwindigkeitsbeschränkungen* sind nicht obligatorisch, aber können bei Notwendigkeit errichtet werden.
- In unbebauten Gebieten ist ``*Ende der Vorfahrtstraße*`` vor dem Knotenpunkt anzukündigen.
- Zeichen ``*Kreisverkehr*`` in Kombination mit Zeichen ``*Vorrang geben*`` ist vorzusehen.
- An nichtüberfahrbaren Fahrbahnteiler in den Einfahrten kann eine *Leitwinkel* oder eine *vorgeschriebene Richtung* stehen. In der Schweiz wird der Anfang der Leitinsel mittels reflektierender *Inselschutzpfosten* mit einer Höhe von 60 cm bezeichnet. [30]



Abb.62 Inselpfosten [38]

- Zeichen für die vorgeschriebene Richtung sind oft an der Mittelinsel von kleinen Kreiseln vorzusehen.



Abb.63 Kreisverkehr an Silenegasse und Lieblgasse in Wien

- Außerorts leiten *schraffierte Richtungstafel* die Kraftfahrer in der Nacht oder Dämmerung.

- Zusätzliche Beschilderung kann in manchen Fällen erforderlich sein. Solche sind Beschilderung an Fußgängerüberwege, an Furten von Zweirichtungsradsverkehr oder im Fall Wartepflicht des Radverkehrs in unbebauten Gebieten.

Die Information auf Verkehrszeichen muss genug sein, damit die Fahrer sich in der Verkehrssituation recht orientieren können, aber nicht so viel, dass sie nicht zu begreifen ist. Die Anzahl und der Schrift der Schilder müssen so gewählt werden, dass die gut lesbar sind. Außerdem dürfen diese nicht hinter Büsche und Bäume versteckt werden.

b) Markierung

Wie bei jedem konventionellen Knotenpunkt dient die Markierung zur Begrenzung der Verkehrsfläche und leistet den Fahrern Information über die Verkehrsregelung. Dazu kommt grundsätzlich die folgende Markierung in Anwendung: [25], [26], [27], [28], [34]

- Randlinie und Begrenzungslinie
- Sperrlinie und Sperrflächenumrandung
- Sperrfläche
- Fahrstreifenbegrenzung bei mehrstreifigen Kreisverkehren oder Ausfahrten und innere Begrenzung der Kreisfahrbahn
- Wartelinie
- Fußgängerüberwege und Radfahrerfurten
- Markierungspfeile bei mehrstreifigen Kreisverkehren

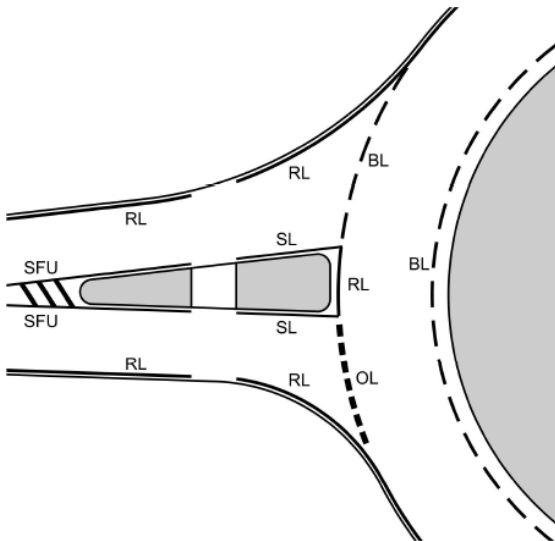


Abb.64 Bodenmarkierung im Kreisverkehr, Schema [25] Abb.65 Bodenmarkierung im Kreisverkehr [76]

10. *Wartung*

Die Kosten, die für eine Anlage benötigt werden, sind nicht nur die für die Errichtung, sondern auch für die Instandhaltung und Instandsetzung derselben. Deshalb spielt die Summe von den Ausgaben im Laufe der Konstruktionslebensdauer eine wesentliche Rolle im Variantenvergleich aus der Sicht der Wirtschaftlichkeit. Allein das ist aber nicht ausreichend, damit eine Entscheidung getroffen wird, denn manchmal bieten einige von den Lösungen andere Vorteile, die einen wertvollen Beitrag mitbringen und dieser Beitrag kann wirtschaftlich nicht zu messen sein. Trotzdem werden hier einige Betriebsschwierigkeiten benannt, die zu größeren oder kleineren Kostenbelastungen führen können.

Die *spezifische Geometrie* der Verkehrsanlage führt oft zu einer vermehrten Beschädigung. Der schwierige Einbau der Randbefestigungen wird wegen der gekrümmten Formen verursacht und gilt auch für die Reparaturen. Diese erscheinen ihrerseits häufiger, weil nämlich die *schweren Großfahrzeugen* die Ränder und die Bordsteinen befahren. Diese Gedanken gelten am meisten für Kreisverkehre mit überfahrbarem Innenring und insbesondere für einen gepflasterten Innenring. [31]

Die Rundform dieser Knotenpunktart erschwert auch das *Belagseinbau* und die *Entwässerung*, obwohl da die nicht versiegelten Flächen in den Rahmen der Kreisverkehr die Funktion der Ortversickerung ausführen und auf diese Weise das Abflusswasser ????. [31] Die Abmessungen der Bauelemente des Knotenpunktes bieten zusätzliche Nachteile für die Wartung, denn die engen Fahrbahnbreiten an Ein- und Ausfahrten besitzen eine begrenzte Fläche, die den großen *Betriebsfahrzeugen* für die Bauarbeiten zur Verfügung gestellt wird. Das verkürzt die Baumaschinenliste für den Mini-Kreisverkehre und manche von den kleinen Kreisverkehren und kann auch zu Verzögerungen der Arbeit führen. Dieser Nachteil betrifft nicht nur die Instandhaltung, die Instandsetzung, sondern auch die Reinigung und den Winterdienst, die ebenfalls Spezialfahrzeuge verwenden. Diese müssen *kleinere Geräte* in Anwendung bringen. Sonst kommt es z. B. zu Schäden an Pflasterung und Pflug beim Winterdienst an Kreisverkehrsplätzen mit Einfahrtsbreiten unter 3,75 m, wie das der Fall an mehreren Kreiseln in der Schweiz ist.

Nicht nur die beengten Verhältnisse sind während der Schneerräumung zu beachten. Die *Höhenunterschiede* bei Bordsteinen und Randbefestigungen machen die Schneerräumung aufwändiger. Dabei müssen *größere Verkehrsflächen* behandelt werden und sogar mehrmals befahren werden, was zusätzliche Kosten für Streusalz und Treibstoff mitbringt. [31]

Als einer Vorteil für das Winterdienst steht hier die *Wendemöglichkeit* für die Schneepflüge, die aber nicht in jedem Fall benutzt werden kann. Der Grund dafür liegt bei mehreren Faktoren, die bestimmend für die Wirtschaftlichkeit der Winterdienst sind. Der Kreisverkehr ist als Wendestelle dann zu benutzen, wenn sich dieser an dem richtigen Platz befindet. [31]

Bei hohen Verkehrsbelastungen kommt es zu einem problematischen *Zugang zu der Mittelinsel*. Die Arbeiter der Grünpflege und der Reinigungsdienst befinden sich in der Mitte einer gefährlichen Verkehrssituation und sind außerdem sehr verletzlich. [31]

Die großen Verkehrsmengen verlangen aufwändige *Sperrungen und Umleitungen* bei Arbeiten auf der Kreisfahrbahn. Jedenfalls beeinflussen diese die Leistungsfähigkeit des Kreisverkehrs sehr

negativ. Die Verkehrsorganisation bei Reparaturen kann entweder durch Sperrung des ganzen Knotenpunktes, oder durch die fortlaufende Sperrung von getrennten Sektoren des Kreises stattfinden.

Die Kosten für die *Grünpflege* und die *aufwändige Ausrüstung* dieser Knotenpunktform setzen sich dem *Kostenaufwand für die Errichtung und den Betrieb einer Lichtsignalanlage* entgegen und müssen jedenfalls einer Untersuchung unterliegen. [20]

11. Die Bepflanzung in den Kreisverkehren

Die Bepflanzung der Kreisinsel erscheint als eine Möglichkeit nur in den Fällen, in denen die Kreisinsel unbefahrbar gestaltet wird, was sich aus der Kreisverkehrsart ergibt. Auch wenn die Entscheidung für eine grüne Insel getroffen ist, stellt sich das Problem der Wahl der Planzarten. Die Pflanzenarten müssen folgenden Bedingungen entsprechen, damit sie keine Gefahren für die Verkehrsteilnehmer verursachen und auch zu keinen Kostennachteilen führen:

- a) Pflanzenartentscheidung wird unter Beachtung von *Standansprüchen* getroffen. Das heißt Wasser-, Boden-, Nährstoff-, Licht- und Temperaturhaushalt der spezifischen Art zu dem beobachteten Stadtklima in bebauten Gebieten bzw. Landschaftsklima in unbebauten Gebieten anzupassen, sonst ist das Überleben von den Pflanzen unsicher. Es ist bekannt, dass das Klima in den städtischen Bereichen sich durch unterschiedlichen Temperaturveränderungen und Niederschlagsverhalten charakterisiert. [18]



Abb.66 Blumenstadt Mössingen [74]



Abb.67 Kreisverkehr an der Drautalstraße B 100, Lienz [75]

b) Die Gestaltung des Straßenraums muss sich dem Landschaftsbild gut anpassen. Wenn das nicht der Fall ist, kann diese an ihrer ästhetischen Qualität verlieren und sogar die Ablenkung/ Zerstreuung des Fahrers schaffen. Die Erreichung dieses Zieles erfolgt, wenn *regionalen Besonderheiten* wie typische Pflanzenarten für das Gebiet verwendet werden. [27]

- c) Die untere Grenze der Leistungsfähigkeit von kleinen Kreisverkehrsplätzen liegt normalerweise bei 8 000 Kfz/24St. Das bedeutet beträchtliche Immissionsbelastung. Deshalb sind **immissionsunempfindliche Pflanzenarten** zu bevorzugen. Man muss auch die Salzstreuungen infolge des Winterdienstes, wenn eine vorhanden ist, berücksichtigen, denn diese kann für das Grün schädliche Auswirkung haben. [18]



Abb.68 Kreisverkehr am Saalbau, Deutschland
[77]

- d) Die niedrigen Instandhaltungskosten machen den Kreisverkehrsplatz zu einer der günstigsten Knotenpunktformen. Dem entsprechend müssen solche Pflanzenarten erkannt werden, die möglichst **wenig pflegeaufwändig** sind. So können sich die Schwierigkeiten bei der Wartung in „umringendem“ Verkehr vermindern. [18]



Abb.69-71 Bepflanzung von Kreisverkehre [78] [79]

Abb.72 Beispiel für Mulchung [71]

- e) Für die Sicherheit ist die Haftung den Rädern auf dem Fahrbelag von größter Bedeutung, im Besonderen bei Kurvenfahrt, weil sich die Querkräfte nur durch die Reibung relativieren. Auf der Fahrbahn gefallenes Laub kann die Haftung deutlich vermindern und auf dieser Art und Weise die Fahrverhältnisse verschlimmern. [18] Ein anderer Grund für ähnliche Erscheinungen können Bodenteilchen auf der Kreisfahrbahn sein. Die Ursache dafür liegt in der Entwässerungsrichtung, die in der Regel von der höheren Kreisinsel zu der Kreisfahrbahn verläuft. Die Bekämpfung dieses Problems geschieht durch die Einrichtung von Wassereinfläufen an dem Kreisinselrand und speziell durch die so genannte **Mulchung**. Die Mulchung bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich, wie z.B.:



- Verhinderung des Oberflächenabflusses und längere Verweildauer der Feuchte

- Minderung der Temperaturunterschiede im bedeckten Boden, was sich positiv auf die Pflanzen ausübt
 - Reduktion des Pflegeaufwandes, indem die Verkrutung verringert wird.
- f) Aus Sicherheitsgründen sind in der Kreisinsel **keine Bäume** zu pflanzen, die die Sichtverhältnisse verhindern können. Bepflanzung an den Aus- und Eingangsbereichen des Kreisverkehrs soll überprüft werden, ob sich diese als ungewunschtes Sichthindernis erweisen kann und in dem Fall beseitigt wird. Man kann durch entsprechende Bepflanzung auch eine Erhöhung der Sicherheit erreichen, indem die zu weiten Sichtfelder enger gestaltet werden, damit diese die Aufmerksamkeit der Fahrer anziehen können.

Die Bepflanzung, die den aufgezählten Voraussetzungen entspricht, erfüllt einige Aufgaben mit positiven Auswirkungen auf die Verkehrsteilnehmer und die im Gebiet lebenden Einwohner. Das Grün hilft für die rechtzeitige Erkennung des Kreisverkehrs, was zu einem gleichmäßigen Geschwindigkeitsabbau führt. Das Wahrnehmen der Pflanzung als physisches Hindernis trägt für die zusätzliche Geschwindigkeitsreduktion bei. Es ist bewiesen, dass diese Gestaltung die zusätzliche Steigerung der Aufmerksamkeit zur Folge hat.

Bepflanzungen können auch als Ersatz der Fugangerschutzgitter und als Hindernis für das unerlaubte Parken dienen. [18]

Abb.73 Fougere Kreisverkehr in der Bretagne, Frankreich [80]

Zusätzlich spielt eine grüne Insel die Rolle eines Merkmales für die Reisenden, sowohl in dem monotonischen gleichförmigen Stadtbereich, als auch in unbebauten Landschaften, wo es sich als Orientierungshilfe im Raum erwiesen ist.



Anhand einer malerischen Gestaltung der Inseln kann auch von einem wohltuenden psychologischen Effekt ausgegangen werden. Um das Ziel zu erreichen, benutzt man Kunstwerke und/oder Bepflanzung mit einer absichtlicher Wahl von Färbung, Dichte, Blütenart usw., die Kombination von denen eine ästhetische Vergnügen zu schaffen hat. Beispiele für solche Knotenpunkten sind in den folgenden Abbildungen zu finden. [18]

Abb.74-76 Trennung und Leitung des Verkehrs mittels bepflanzter baulicher Maßnahmen [81], [82]



12. Kunst und Ästhetik

Die ästhetische Wirkung einer Landschaft entsteht aus einer Vielfalt von Einzelementen wie Formen, Farben, Gerüchten, Geräuschen, Erscheinung der Flora, welche in Abwechslung und Einfachheit erscheinen. Alle diese werden mit den menschlichen Sinnen bewusst und auf diese Art und Weise erfolgt eine assoziative individuelle Erfahrung im Kontext des Raumes. Dabei muss die Umgebung die Voraussetzungen für ein inneres Gleichgewicht der menschlichen Seele anbieten. Um das zu verwirklichen, sind die unbewussten Bedürfnisse nach Begegnung mit der Natur und Raumübergängen zu befriedigen. Der Wechsel zwischen Geschlossenheit und Offenheit, zwischen Weite und Enge, zwischen rund und eckig ist heutzutage trotz der architektonischen Vielfalt in den dicht bebauten Straßenräumen schwer zu erreichen. Diese und andere Ziele wie jahreszeitliche und rhythmische Veränderungen können nur in dem Fall ausgeführt werden, wenn eine Raumsynthese zwischen Verkehrs- und Wohnelementen in Straßenräumen und natürlichen oder mindestens naturnahen Gestaltungen geschaffen werden. Das Ergebnis davon sollen vegetationsbestimmte städtische Freiräume sein.

Der Kreisverkehr trägt in dieser Problematik seinen Teil bei. Der bietet sowohl einen geometrischen und rhythmischen Wechsel, als auch die Gelegenheit für eine beeindruckende Bepflanzung und das Entlastungsgefühl der offenen Plätze an. Unter der dichten geschlossenen und in der Höhe ausgebreiteten Bebauung erscheint der Kreisverkehrssplatz als eine Fülle von Luft und Licht. Auch seine umweltverträglichere Wirkung entlastet die menschliche Sinne mit geringen Emissionen von Abgasen, Lärm und Staub. Diese Knotenpunktform bringt unbewusst auf die Symbolik der Vollkommenheit und der Ganzheit und widersteht sich den scharfen Ecken der anderen im Straßenraum vertretenen geometrischen Figuren wie dem Würfel z. B. Die abgetrennte und unerreichbare Fläche, die in der Mittelinsel geschlossen ist, kann trotz allem mit den Sinnen beherrscht werden. Auf dieser Grund

wiest sich diese oft als ein Spielraum für die Kunst, indem die ästhetischen Erlebnisse erweitert werden können, aber auch die Aufmerksamkeit der Fahrer abgelenkt wird. Deshalb ist es ganz wichtig die Balance zwischen Sicherheit und Attraktivität zu finden und behalten. [27]



Abb.77 Kreisverkehr in Neckenmarkt, Österreich [83]



Abb.78 Kreisverkehr in Binzen, Deutschland [83]



Abb.79 Kreisverkehr in Brühl, Deutschland [83]



Abb.80 Kreisverkehr in Eislingen, Deutschland [83]

*Abb.81 The Golden Roundabout
Egg [84]*

13. Umweltverträglichkeit der Kreisverkehre

Die Vor- und Nachteile der Kreisverkehre erschließen sich infolge einer Vorher-/Nachher-Untersuchung oder eines Vergleiches zwischen bestehenden Kreisverkehrsplätzen und konventionellen Knotenpunkten mit ähnlichen Verkehrsbelastungen und Abmessungen. Auf planerische Stufe egal, ob es um ein Neubau oder um ein Umbau handelt, ist eine **Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)** durchzuführen. Bei der UVP sind die räumlichen Grenzen der Beobachtung so zu bestimmen, dass diese die Zusammenhänge unter den Systemelementen möglichst vollständig widerspiegeln und damit die Belastungen als auch die Entlastungen erfassen. Das untersuchte System bezieht sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser und Luft. Es behandelt nicht nur das Klima von die Landschaft, sondern auch Kulturobjekte und ähnliche Sachgüter. Inhaltlich müssen alle entscheidungserheblichen Problemfelder in Sicht genommen werden. Die einzige Weise dafür ist die Veranstaltung einer interdisziplinären Abstimmung im Laufe der Planung. Das Ziel der Untersuchung, wie das im Gesetz geregelt wird, besteht in der Sicherung einer nachhaltigen Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Natur und der Landschaft. Um das zu verwirklichen, ist eine umweltschonende Verkehrsplanung in den Grenzen der Möglichkeiten nachzustreben. Die Bedeutung der Untersuchung liegt in der richtigen Festsetzung der Eingriffe auf die Natur und die Größe der letzten. Als Eingriffe sind hier alle Veränderungen der Gestalt oder der Nutzung von Grundflächen zu erkennen. Dabei wird es gestrebt die vermeidbaren Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft auf das unbedingt notwendige Maß zu reduzieren oder wenn möglich diese zu unterlassen und die unvermeidbaren auszugleichen. Die UVP dient zum Veranschaulichungsbild, das das Treffen der notwendigen Maßnahmen erlaubt. [15]



Abb.82 Kreisverkehr in Deutschland [85]

Die notwendigen Unterlagen aller Verkehrsprojekte im Zusammenhang mit der Umwelt sind die folgenden:

- 1) Beschreibung des Vorhabens und Bedarfs an Grund und Boden
- 2) Art und Menge der zu erwartenden Immissionen und Reststoffen
- 3) Beschreibung der betroffenen Umwelt
- 4) Vermeidungs-, Minderungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
- 5) Bemerkungen der Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben
- 6) Übersicht über die wichtigsten geprüften Vorhaben, Alternativen und Angaben der wesentlichen Auswahlgründe.

Im Allgemeinen sind für die Kreisverkehre einige Beziehungen zu erkennen. An erster Stelle kommt der **Flächenbedarf** der Knotenpunktform. Im Fall eines Mini-Kreisverkehrs liegt die nötige Fläche in den Grenzen der unregelmäßigen Kreuzungen. Bei kleinen Kreisverkehren sieht das Bild anders aus. Die sparen im Zufahrtsbereich die Errichtung von Abbiegestreifen, besitzen aber im Knotenpunktbereich einen höheren Flächenverbrauch. Die niedrigen Geschwindigkeiten in Kreisverkehren erlauben kleinere Entwurfselemente (engere Fahrstreifen, kleinere Eckausrundungsradien). Die großen Kreisel sind meistens mehrstreifige und mit großen Außendurchmessern. Ausgehend davon sind diese auch großflächige Anlagen. Für die ist die vorzeitige Richtungsorientierung obligatorisch, was die Breite der Einfahrtfahrbahn stark erweitert. Das Verbot für das Anschließen von einzelnen Grundstücken an Kreisverkehrsplätze isoliert die in der Mittelinsel geschlossene Fläche. Alle diese Überlegungen führen zu der üblichen Meinung, dass Kreisverkehre flächenaufwändiger als konventionelle Knotenpunkte sind.

Ein Vorteil ergibt sich unter Beachtung der **Versiegelung** von Straßenräumen. Etwa 30% der benutzten Fläche von Kreiseln bleibt unversiegelt und lässt sich auf diese Weise begrünen. [27] Auf diese Flächen pflanzt man keine für die Umwelt hochwertige Pflanzungsarten an, doch haben die eine Bedeutung für die **Ortversickerung** von Regenwasser. Auch die Zerstörung von Bodenstruktur und die Bewahrung von Humusschichten erscheint gering. Die Umgestaltung von ehemaligen aufgeweiteten Knotenpunkten erlaubt die Ausstattung mit Grünstreifen, die auch eine positive Auswirkung auf dem menschlichen Lebensraum mitbringen. [19]

Ein negativer Einfluss auf dem Boden ist dem höheren Platzbedarf der Kreisverkehre zuzuschreiben. Durch die Abmessungen der Verkehrsfläche entsteht einen größeren Salzaufwand für den Winterdienst, sofern sich dieser für die Besalzung der Straßen entschieden hat. Die zusätzlichen Streusalzmengen sind nicht bemerkenswert, aber trotzdem vorhanden. Das trägt für die Versalzung des Bodens bei. Bei der Streuung von Splitt ergibt sich proportional der behandelten Fläche zusätzliche Verschmutzung. Im Fall einer unbefahrten Mittelinsel addiert sich seine Fläche nicht dazu.

Das Verkehrsverhalten weist stark reduzierte Brems- und Beschleunigungsvorgänge aus. Diese führen zu einem gleichmäßigen Verkehrsfluss, der einen **geringeren Brennstoffverbrauch** verursacht. Feldprüfungen mittels Messfahrten in Buxtehude, Deutschland stützen diese Theorie. Die mit

durchschnittlich 15 s kürzeren Gesamtwarezeiten für Kraftfahrzeuge führen auch zu Kraftstoffersparnis. Dieser wertvolle Effekt unterstützt die in letzter Zeit immer dringender werdende Ressourcenschonung. Untersuchungen haben bewiesen, dass eine Stunde Wartezeit zu dem Verbrauch von 1 l Brennstoff führt. Andererseits setzt dies im Abhängigkeit von der Brennstoffart 2,33 kg CO₂ bei Benzin und 2,63 kg CO₂ bei Diesel frei. Wissenschaftler haben kalkuliert, die Kreisverkehre in Deutschland sparen 120 000 l Kraftstoff und dadurch 50 t CO₂ jährlich. Dieser Vorteil ist insbesondere bei Kreiseln mit einer größeren als 10 000 Kfz/24h Verkehrsbelastung gegeben. Eine Umfrage in der Steiermark zeigt, dass 61,4% aller Befragten sind der Meinung Kreisverkehre weisen eine **geringere Belastung durch Abgase**. In Buxtehude durchgeführte Testfahrten mit 7 verschiedenen Fahrzeugtypen haben bewiesen, dass die Immissionen von CO, HC und NO_x dank der niedrigen Geschwindigkeit absinken. [27]

In den „*Empfehlungen Kreisverkehrsplätze*“ vom Kanton Aargau in der Schweiz wird die Meinung vertreten, dass die Kreisverkehre durch ihre geschwindigkeitsdämpfende Funktion zu zusätzlichen Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgängen führen und auf der Weise den Treibstoffverbrauch erhöhen, was die im Umlauf gesetzten schädlichen Abgase beeinflusst. Es wird aber klar, dass der beobachtete Knotenpunkt keine günstige Verkehrsverteilung aufweist. Hier ist es notwendig zu erinnern, dass die deutlich ausgeprägten Verkehrsströme in bestimmten Richtungen im Widerspruch zu den Einsatzkriterien der Kreisverkehrsplätze stehen oder mindestens in dem Fall wird die falsche Knotenpunktform gewählt. In diesem Gedankengang kann den Knotenpunkt nicht von den Vorteilen des Kreisels profitieren, was auch die Umweltverträglichkeit betrifft. Darüber hinaus ist die Untersuchungszuverlässigkeit in Frage zu stellen, weil die Anzahl der untersuchten Objekte statistisch nicht signifikant ist.

Die Ressourcenschonung lohnt nicht nur beim geringeren Kraftstoffverbrauch, sondern auch bei der **Stromersparnis**. Mit der Ablehnung einer Lichtsignalanlage fällt der Stromverbrauch weg. Als einziger Konsument bleibt die vorhandene Nachtbeleuchtung, wenn da eine vorgesehen ist.

Weiterer Vorteil für die Kreisverkehre ist die **Lärminderung**. Die Verfestigung des Fahrverlaufs und die Geschwindigkeitsdämpfung reduzieren den Vorbeifahrpegel bis zu 7 dB. Dagegen leistet Halbierung der Verkehrsmengen eine Lärmsenkung von 3 dB. Wenn die subjektiven Empfindungen der Verkehrsteilnehmer im Straßenraum betrachtet werden, kann die Minderung sogar als höher bewertet sein. In Zeiten schwächerer Verkehrsbelastung sind lichtsignalisierte Knotenpunkte im Vergleich zu Kreisverkehren mit deutlich höheren Lärmimmissionen zu rechnen. Positiv wird auch die Nachtruhe davon beeinflusst. [14]

Das Verkehrsverhalten und genauer die kleinere Anzahl der Bremsvorgänge bringt auf den Gedanken, dass der produzierte **Staub** während der Reifenabreibung in kleineren Mengen vorkommen wird. In dem Sinn ist zu erwarten, dass das niedrige Fahrtempo auch zu geringeren Staubimmissionen beiträgt.

14. Einstellung der Autofahrern zu dem Kreisverkehrsplatz

Eine steierische Untersuchung über die Kreisverkehrsplätze enthält eine Umfrage von 350 Personen im Alter von 17 bis 78 Jahren. Die Ergebnisse der Befragung zeigen eine deutlich positive Einstellung zu Kreisverkehren unter den Pkw-Lenker. **78,9% von Autofahrern** betrachten diese Knotenpunktart als **vorteilhafter** im Vergleich zu einer ampelgeregelt Kreuzung. Im Unterschied dazu erleben **62,4% der**

Radfahrer und Fußgänger mehr Nachteile im Kreisel. Auf die Frage über Sicherheit und Anzahl der Konfliktpunkte im Knoten ergibt sich keine ausgeprägte Mehrheit der Befürworter zum Kreisverkehr. Es herrscht eine positive Einstellung zu Verkehrsleistung (52% schätzen die als höher) und Abgasemissionen, die von 61% der Befragten als weniger eingeschätzt werden.

Zusammenfassend stimmen 82,9% zu, dass sie dem Kreisverkehr eine bejahende Antwort geben. Dabei sind 38,9% mit der gegenwärtigen Kreisel in Steiermark zufrieden und 51,1% ehe zufrieden. Angesichts dieser Schlussfolgerungen kann man die geltenden Normen für Kreisverkehre als effektiv bewerten.[20]

B. Öffentlicher Personennahverkehr in Kreisverkehrlätzen

Öffentlicher Personennahverkehr

1. Linienführung

Die Eignung der Entwurfselemente von den baulichen Verkehrsberuhigungsmaßnahmen ist für den ÖPNV aus großer Bedeutung. Der Grund dafür liegt in den Bedingungen, die bei der Linienführung eine bestimmende Rolle spielen. Zuerst kommt die *Flächennutzung*. Diese bestimmt die verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen, die in dem Gebiet entstanden sind oder entstehen werden. Ihrerseits setzen diese die Ziele und den Charakter der Fahrten, die in dem untersuchten Gebiet entstanden sind oder in der beenden. Danach fassen sich die Mengen der Fahrenden zufolge der *Siedlungsdichte* und der gesellschaftlichen Struktur zusammen. Dank dieser komplexen Untersuchung, worin sich das theoretische Verfahren besteht, oder der durchgeführten *Zählungen, Messungen und Befragungen* im Zusammenhang mit dem öffentlichen Verkehr, was als eine praktische Methode zum selben Ziel dient, ermittelt sich *die Verteilung der Nachfrage* im örtlichen Sinn und in Verbindung mit den zeitlichen Schwankungen. Der beschriebene Vorgang ist für das Erschließen des Verkehrsgebiets entscheidend. Damit die öffentlichen Buslinien attraktiv, effizient und wirtschaftlich berechtigt sind, müssen die Haltestellen an den Schwerpunkten des Verkehrsaufkommens liegen und diese mit dem möglich kürzesten Weg verbinden. Es wird nach einer Verkürzung von Reisezeiten für die Fahrgäste gestrebt, die zu Gunsten der Nachfrage ausfällt. Darüber hinaus ergeben sich kürzere Umlaufzeiten, die die Anzahl der Fahrzeuge im Betrieb reduzieren und dadurch die Betriebskosten mindern. [7], [10], [16]

Auf diese Art und Weise entstehen feste Punkte für die Linienführung. Deswegen ist die Ablenkung des ÖPNV von Knotenpunkten nicht zu besprechen. Umgekehrt müssen die Knotenpunkte und Streckenabschnitte zur Abstimmung mit dem ÖPNV gebracht werden. Die Verkehrsberuhigungsmaßnahmen dürfen *keine zusätzliche Behinderungen* verursachen. Dazu zählt sich auch der Kreisverkehrsplatz. [7]

2. Gesellschaftliche Gruppen unter den Fahrgästen

Der öffentliche Verkehr bedient vor allem bestimmte gesellschaftliche Gruppen. Diese fassen die sensiblen Einwohner der Verkehrsgebiete und nämlich die Kinder, die Rentner und die Frauen um. Außerdem wird ein ständiges Senken der Anzahl der Benutzer beobachtet. Angesichts dieser negativen Entwicklung bemüht sich man die Attraktivität des ÖPNV zu erhöhen. Aus diesem Grund wird großer Wert auf den Fahrkomfort gelegt. Die Maßnahmen, die in diesem Zusammenhang getroffen werden, sind zahlreiche. Aus fahrdynamischer Sicht wird die *Querbeseleunigung* auf einen maximalen Wert begrenzt. Die Fahrgeometrie trägt für den Komfort mit breiteren Abmessungen des Fahrzeuginneren bei, was aber Nachteile für die Befahrbarkeit erweist. Alle diese Probleme werden weiter in Einzelheiten beschrieben. [9]

3. Fahrgeometrie

Die Vielfalt an Fahrzeugtypen bietet zahlreiche Auswahlmöglichkeiten für den ÖPNV. Trotzdem treffen sich im Betrieb nicht so viele unterschiedlichen Fahrzeuge und integrieren sich selten neue Fahrzeugtypen. Diese Tatsache begründet sich mit der zusätzlichen Kosten für das Adaptieren der Wartungsinfrastruktur.

Denn in dieser Diplomarbeit wird die Anpassung der kleinen und der Mini-Kreisverkehre an dem ÖPNV untersucht, wird hier nur die Fahrgeometrie der Fahrzeuge, die durch die Kreisverkehre von Wien fahren, wiedergegeben. Interessant sind die Linksabbiegenden Fahrzeugen, die die größten Schwierigkeiten aus fahrdynamischer Sicht verursachen, und insbesondere die Gelenkbusse, die die ungünstigste Fahrgeometrie besitzen.

- **Bustypen**, die im Betrieb verwendet werden:
 - ✓ *Gräf / Steyr NL 205 M12*
 - ✓ *MAN NL 243 LPG*
 - ✓ *MAN NL 273 LPG (Lion´s City)*
 - ✓ *MAN NL 273 LPG T2 (Lion´s City)*
 - ✓ *MAN NL 273 LPG T3 (Lion´s City)*
 - ✓ *MAN NG 243 LPG*
 - ✓ *MAN NG 273 LPG*
 - ✓ *MAN NG 273 LPG T4 (Lion´s City)*
- Abmessungen und technische Daten für die Gelenkbusse:

Fahrzeugtyp	NG 243 LPG	NG 273 LPG	NG 273 LPG T4
Eigengewicht [t]	16,617	16,617	17,25
max. Belastung [t]	11,838	11,838	-
Gesamtgewicht [t]	28	28	28
Achsdruck vorn [kg]	7 245	7 245	7245
Achsdruck mitte [kg]	10 000	10 000	10000
Achsdruck hinten [kg]	11 500	11 500	11500
Spurweite [mm]	2 074 / 1 824	2 074 / 1 824	2 076 / 1 828
Länge [mm]	17 950	17 950	17 980
Breite [mm]	2 500	2 500	2 550
Höhe [mm]	3 300	3 300	3 400
Wendekreis [m]	23	23	23
max. Geschw. [km/h]	89	85	77
Sitzplätze	46	46	44
Stehplätze	98	105 (102)	104
Rollstuhlplätze	-	-	1

Tabelle.10 Technische Daten der Gelenkbusse in der Wiener Linien [48], [49], [50], [51]

Hier wird unter Wendekreis der Kreis verstanden, den der äußerste Punkt eines mit großem Einschlag der Lenkvorrichtung führenden Fahrzeuges beschreibt. [40]

Selbst die Spurweite, die Breite und die Länge reichen nicht, um die Fahrfläche und die Fahrflächenverbreiterung zu ermitteln. Man benötigt die Überstände und die Abstände zwischen den Achsen, damit die Fahrbahn eine für das Einhalten der maßgeblichen Schleppkurve ausreichende Breite anbietet.



Abb.83 Gelenkbus der Wiener Linien [86]



Abb.84 Gelenkbus in der Schweiz [87]

Fahrzeugtyp	NG 243 LPG	NG 273 LPG	NG 273 LPG T4
Überstand vorne [mm]	2 700	2 700	2 700
Überstand hinten [mm]	3 375	3 375	3 405
Achsenabstand 1-2 [mm]	5 105	5 105	5 105
Achsenabstand 2-3 [mm]	6 770	6 770	6 770
Abstand des Gelenks nach der mittlere Achse (2) [mm]	1 715	1 715	1 715

Tabelle.11 Oberstände und Achsenabstände der Gelenkbusse in der Wiener Linien [51]

Die Barrierefreiheit des öffentlichen Verkehrs ist von großer Bedeutung für jede entwickelte Gesellschaft. In der Richtung wurden zahlreiche Verbesserungen gemacht und eine davon sind die Niederflerbusse, die eine Erleichterung für gehbehinderte Fahrgäste und solche mit Kinderwagen und Rollstühlen bieten. [10] Der beim Ein- oder Ausstieg zu überwindende Höhenunterschied sinkt spürbar, aber führt zu einem größeren Achsabstand. Wie weiter klar wird, beeinflusst diese Verlängerung die für das Fahrzeug spezifische Schleppkurve. [8]

Die ausführlichen Fahrzeugpläne sind im Anhang beiliegend. Hier sind nur beispielweise einige Abmessungen zusammengefasst.

Abb.85 Niederflerbus von dem Hersteller MAN [88]



- **Schleppkurven**

Die Schleppkurven sind für die Befahrbarkeit der Kreisverkehre von entscheidender Bedeutung. Auf diesem Grund wird hier kurz über sie berichtet. Die hauptsächlichen Faktoren für die Bestimmung der Schleppkurve liegen, sowohl bei den Trassierungselementen der Straßenanlage, als auch bei dem spezifischen Parameter des Fahrzeugs:

- ✓ *Kurvenaußenradius* – die kleineren Außenradien ergeben größere Schleppkurvenbreiten zufolge.
- ✓ *Zugrundegelegter Zentriwinkel der Kurve (Richtungsänderungswinkel)* – wieder wird die Schleppkurvenbreite beeinflusst, sie wächst mit Zunahme des zugrundegelegten Zentriwinkel.
- ✓ *Gliederung des Fahrzeuges* für jene Fälle, in denen einen LKW mit Anhänger, einen Sattelschlepper oder einen Gelenkbus als Normfahrzeug gewählt wird. Die Anzahl der Gelenke und der Drehachsen müssen bekannt sein. Hier ist der Knickwinkel wichtig, denn dieser nimmt Teil in der Bestimmung der Bahn der nachgeschleppten Räder an.
- ✓ *Achsabstände und Überhänge des Fahrzeuges* – sie sind bestimmend für die Schleppkurvenbreite und auch für die überstreichbaren Flächen, die frei von Hindernissen gestaltet werden sollen.
- ✓ *Gesamte Länge und Breite des Fahrzeuges*

Es gibt verschiedene Vorstellungen für den Begriff Schleppkurve. In dieser Diplomarbeit wird darunter **die Bahn, die aus dem Nachlaufen eines Punktes mit konstantem Abstand zu einem Zielpunkt, der sich auf eine Leitlinie bewegt**, verstanden. Die Schleppkurve ist nach der Art zu beschreiben, denn die un gelenkten Räder eines Fahrzeuges werden tatsächlich von den gelenkten Rädern nachgeschleppt und folgen deswegen eine Bahn weiter innen als die der Vorderräder. Bei Gelenkfahrzeugen, die auch als öffentliche Verkehrsmittel benutzt werden, können oft **andere Karosserieteile für die maßgebende Hüllkurve ausschlaggebend** sein. Das Überstreichen durch vorderen Überhang von Inseln ist nur dann als eine Möglichkeit zu betrachten, wenn die Ausrüstung und die Funktion der Insel das erlauben. Deshalb ist der Planer verpflichtet mit den **betreffenden Verkehrsbetrieben** zu rechnen. Hier ist zu beachten, dass in dem Modell keine **Sicherheitsabstände** in Kauf genommen werden. Die müssen zusätzlich hinzugefügt werden und betragen in der Regel 25 cm beidseitig, sind aber je nach dem Spezifik des Knotenpunktes zu erweitern. Bei mehrstreifigen Kreisverkehren muss man auch die Beanspruchung fremder Fahrstreifen berücksichtigen. Wenn die Sicherheitsabstände ausgewählt sind, wird die Lage der Fahrbahn­ränder fixiert. [40], [41], [42], [43]

Damit keine Unklarheiten entstehen, müssen hier einige Begriffe bestimmt werden. Zur Hilfe kommt [43], wo diese deutlich gefasst werden:

- Die Leitlinie, oft auch als Leitkurve oder Fahrlinie bezeichnet ist eine vorgegebene Kurve, die zur Führung der Fahrzeuges dient. Im allgemeinen wird darunter eine einfache, aus geraden und Kreisbögen zusammengesetzte Linie verstanden, an der ein Punkt des Fahrzeuges entlanggeführt wird.

- Hüllkurve – Der Flächenbedarf eines Fahrzeuges während der Fahrt wird von einer äußeren und einer inneren Kurve begrenzt, diese Kurven werden als Hüllkurven bezeichnet. Teilweise wird die Bezeichnung „Schleppkurve“ als Synonym verwendet. Vor allem die oft zitierten Schleppkurvenschablonen sind eigentlich Hüllkurvenschablonen.

Bestimmt für Gelenkbusse haben die Schleppkurven gewisse Besonderheiten. Hier noch mal zitiert man die in [43] gegebenen Begriffsbestimmungen:

- Die Flankenüberfahung: bei Gelenkbussen mit gelenkter dritter Achse wird das Heck des Nachläufers mehr oder weniger stark nach außen gelenkt. Dadurch liegt jener Punkt, der am wenigsten nach innen gerät, nicht am Schnittpunkt der inneren Karosseriebegrenzung mit der dritten Radachse, sondern an der inneren Karosseriebegrenzung zwischen dem Gelenkpunkt und der dritten Achse des Fahrzeuges. Es gerät also die Flanke des Nachläufers während der Bogenfahrt am wenigsten nach innen.
- Heckausschlag: wenn ein Fahrzeug sehr rasch eine Richtungsänderung beginnt und die Hinterachse noch nicht zur Kurveninnerseite geschleppt wurde, schert das Heck des Fahrzeuges deutlich zur Kurvenseite aus., dies tritt besonders bei langen hinteren Achsüberständen und scharfen Richtungsänderungen in Erscheinung.
- Knickwinkel ist der spitze Winkel, der die Längsachsen eines Gelenkfahrzeuges bei der Kurvenfahrt einschließen.

Die Schleppkurven können nach mehreren Weisen ermittelt werden [43]:

- ✓ Durch praktische Fahrversuche mit Normfahrzeugen – die praktischen Methoden sind relativ teuer und in den Fällen von Untersuchung einer spezifischen Frage oder Überprüfung der Genauigkeit einer anderen Methode. Hier können die genauen praktischen Bedingungen genau untersucht werden ohne Annäherungen und Annahmen, die die Genauigkeit der Erhebung beeinflussen. Bis vor kurzem war diese die einzige Methode für Bestimmung der Schleppkurve der Gelenkfahrzeugen. Heute sind Computerprogramme in der Lage die Schleppkurven von den Gelenkfahrzeugen zu berechnen.
- ✓ Durch Modellversuche – die Modelle werden in großen Maßstäben gebaut und mit Schreibstiften ausgerüstet. So zeichnen diese ihre Schleppkurven, die müssen aber danach manuell bearbeitet werden und verkleinert, was aufwendig ist. Diese Methode ist sehr früh entstanden und dabei müssen die Modelle überprüft werden, ob diese genau die Eigenschaften der tatsächlichen Fahrzeuge widerspiegeln. Trotzdem unterscheiden sich die Modelle von der Wirklichkeit in einem gewissen Maßen. Die Stabmodelle haben eine Fahrzeugbreite gleich Null z.B.
- ✓ Anhand eines von den zahlreichen graphischen Verfahren – diese besitzen eine unterschiedliche Genauigkeit in Abhängigkeit von der Art des Verfahrens, sind aber mit der analytischen Methoden vergleichbar. Die sind bequemlich, denn die Schleppkurve ist relativ schnell abzuleiten. Schrittweise ändert man die Lage des Fahrzeuges auf eine

Leitkurve, die vorher gewählt wurde, wobei die Schritte länger als die Deichsellänge des Fahrzeuges sein sollen. Die Hüllkurve bekommt man mit einer gewisse Annäherung.

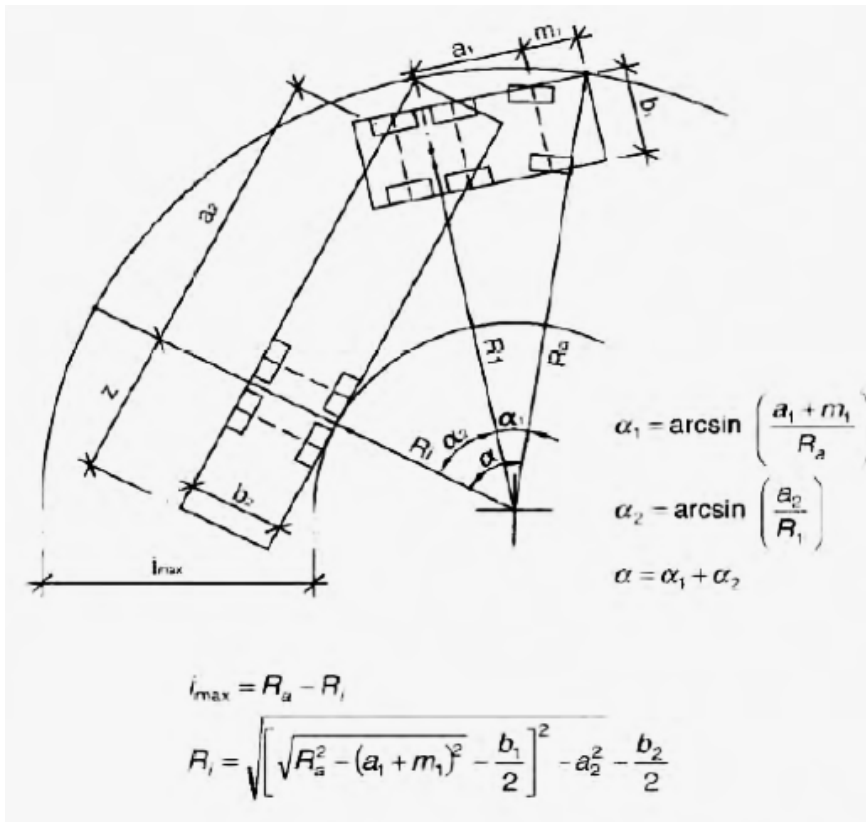
Deichsellänge ist ein konstanter Längenabstand von der Fahrzeugfront bis zur Hinterachse des Fahrzeugs. Im Fall von Gelenkfahrzeugen wird die so genannte reduzierte Deichsellänge benutzt. Diese ist die Deichsellänge eines Ersatzfahrzeuges, das eine dem Gelenkfahrzeug ähnliche Schleppkurve besitzt. Ersatzfahrzeug kann man nur in Annäherungsmethoden benutzen.

- ✓ Auf graphisch-analytisches Verfahren
- ✓ Auf numerisches oder analytisches Verfahren – diese Methoden teilen sich in Näherungsverfahren und exakte Verfahren. Die ersten, wie schon beschrieben, benutzen Ersatzfahrzeuge und bestimmen nicht die ganze Schleppkurve mit Genauigkeit, sondern nur manche Extremen, wie maximale Breite z.B. Die exakten Methoden haben es möglich gemacht, die Schleppkurven von Gelenkfahrzeugen genauer zu bestimmen. Der Grund dafür ist die Möglichkeit eine beliebige Bahn als Leitkurve anzuwenden. So kann man die Bahn der nachgeschleppten Hinterachse als Leitlinie für die nachfolgende Achse des dreiachsigen Gelenkfahrzeuges verwenden. Diese Verfahren verwenden komplexe mathematische Ansätze. Ein mathematisches Modell besitzt manche Vereinfachungen und Annahmen, damit die Berechnung erleichtert oder sogar möglich wird.

Für die Bequemlichkeit in der Praxis werden Schleppkurvenschablonen oder der Zusammenhang zwischen der Fahrzeuggeometrie und Außenradius einerseits und die maßgebende Kreisfahrbahnbreite andererseits mit Formeln je nach der relevanten Fahrzeugart, verwendet. Denn die meisten Probleme beim Befahren von Kreisverkehrsplätzen treffen die Gelenkbusse, werden hier die Formeln für Sattelschlepper wegen seiner ähnlichen Struktur als Beispiel gebracht. [41]

Hier sind einige Begriffe in Verbindung zu der Abbildung zu klären:

- Achsabstand a_i ist der Längsabstand zwischen Vorder- und Hinterachse eines Fahrzeuges; [43]
- Breitenbedarf i_{\max} ist der maximale Abstand zwischen der äußeren und der inneren Hüllkurve; [43]
- Charakteristischer Punkt beschreibt während der Fahrt des Fahrzeuges eine Bahn, die wenigstens für einen bestimmten Abschnitt Teil einer Hüllkurve ist. [43] Für Gelenkfahrzeuge kann manchmal der charakteristische Punkt ein Teil der Karosserie sein;
- Fahrzeugbreite b_i ist die Breite des Fahrzeuges ohne auskragende Kleinteile wie z.B. Rückspiegel. [43]



R_i Innenradius der Fahrbahn
 R_a Außenradius der Fahrbahn
 a_i Achsenabstand
 m_i ($\equiv u_i$) Überstand
 b_i Fahrzeugbreite
 i_{max} Breitenbedarf

Abb.86 Sattelschlepper im Bogen [41]

4. Fahrdynamik

Die mit der Kurvenfahrt verbundenen Kräfte und entsprechenden Beschleunigungen erscheinen auch im Kreisverkehrsplatz. Diese wirken sowohl auf das Fahrzeug, als auch auf die Fahrgäste und stehen in engem Zusammenhang mit der Fahrsicherheit und der Fahrbequemlichkeit.

- Die **Flihkraft** entsteht zufolge des Trägheitsprinzips. Bei der Fahrt auf einer Kreisbahn greift die Flihkraft im Schwerpunkt des Fahrzeugs an und wirkt in radialer Richtung vom Mittelpunkt der Kreisbahn nach außen. Sie nimmt mit steigender Masse und gefahrener Geschwindigkeit des Fahrzeugs und abnehmendem Kurvenradius zu. [44]
- Durch jene äußeren Kräfte erfahren das Fahrzeug und die Insassen eine **Beschleunigung**. Die Trägheitskräfte sind der Beschleunigung entgegengerichtet. Bei Kurvenfahrt werden sie von den Insassen als Zentrifugalkraft, beim Bremsen als Kraft nach vorn wahrgenommen. Letztere kann beispielsweise für Insassen von Bussen oder ungenügend befestigte Ladung bei Nutzfahrzeugen unangenehme Folgen haben. [45] Die die Flihkraften abstützenden Seitenführungskräfte der Reifen bewirken die **Querbesehleunigung** des Fahrzeugs Richtung Kurvenmittelpunkt. Je nach Stärke der Flihkraften kommt es zu unterschiedlich großen Schräglaufwinkeln der Räder. Mit zunehmender Querbesehleunigung steigen diese an. [44]

Damit der Fahrkomfort im Bus nicht bedroht wird, sind die auf die Fahrgäste wirkenden Beschleunigungen die folgenden Grenzwerte nicht zu überschreiten.

- ✓ max. Zentripetalbeschleunigung $1,0 \text{ m/s}^2$ [46]

- ✓ max. Zentrifugalbeschleunigung $0,65 \text{ m/s}^2$ [46]
- ✓ $1,0 \text{ m/s}^2$ bei Fahrzeugbeschleunigung [46]
- ✓ $1,2 \text{ m/s}^2$ bei Fahrzeugverzögerung [46]

Diese Bedingungen begründen in manchen Fällen eine Geschwindigkeitsbegrenzung, wenn die Ungleichung nicht erfüllt ist: [44]

$$V_{\max} \leq \sqrt{a_{y,\max} \cdot r} \quad , \text{ wobei}$$

V_{\max} die maximale Geschwindigkeit
 $a_{y,\max}$ die maximale zugelassene Querb beschleunigung
 r das Krümmungsradius

Die mehrfache Richtungswechsel im Knotenpunktbereich schaffen die Voraussetzung für richtungsunterschiedliche Querb beschleunigungen, was zusätzliche und allseitige Belastung verursacht.

- In Kurven kommt zum Rollwiderstand der **Kurvenwiderstand** hinzu. Der zugehörige Faktor ist der Kurvenwiderstandsbeiwert. Er hängt vom Schräglaufverhalten des Reifens ab. Da sich die Fahrzeugreifen unter einem Schräglaufwinkel über die Fahrbahnoberfläche bewegen, baut sich eine Seitenkraft F_s auf. Deren Sinusanteil erhöht den Gesamtrollwiderstand. Gleichzeitig verringert sich der reine Rollwiderstand auf seinen Cosinusanteil. [44]
- Beim Bremsen erhöht sich die Achslast an der Vorderachse, während sie sich an der Hinterachse um den gleichen Betrag erniedrigt. Bei Bremskräften deutlich unterhalb der Blockiergrenze nimmt die Seitenkraft an der Hinterachse zunächst ab und an der Vorderachse zu. Bei festgehaltenem Lenkrad zeigt das Fahrzeug eine **Reindrehsreaktion** (Bahnradius wird geringer) bei der ein neuer Gleichgewichtszustand gesucht wird. [45]
- Der **Querneigung** der Kreisfahrbahn bildet eine Kraftkomponente des Eigengewichts, die radial nach außen und parallel der Neigung wirkt. Ihr Einfluss auf das Fahrzeug ist der Hangkraft ähnlich. Sie ist umso größer, je steiler der Anstieg oder das Gefälle und je größer das Gewicht G des Fahrzeugs ist. [44] Im Fall von Kreisverkehrsplätzen wirkt diese Kraft in der ungünstigen Richtung mit der Fliehkraft zusammen.
- Die Erscheinung **Aquaplaning**, die bei nasser gekrümmten Fahrbahn zu beobachten ist, hängt von zahlreichen Parameter (Fahrzeuggewicht, Reifenzustand, Fahrbahnzustand, Geschwindigkeit, Wasserhöhe, Richtung und Größe der Querneigung) ab. Obwohl die Querneigung im Kreisverkehr aus Entwässerungsgründen sich für die Fahrdynamik schlecht erweist, vermeiden die niedrigen Geschwindigkeiten und das enorme Eigengewicht der öffentlichen Verkehrsmittel die Gefahr von Aquaplaning. [44]
- Unebenheiten auf der Fahrbahn können zusätzliche Beanspruchungen in der vertikalen Richtung auf dem Bus und den Insassen verursachen. Diese **senkrechte Kräfte** sind bei Gelenkbussen sogar deutlicher zu spüren. Als Unebenheiten zählen sich auch die Bordsteinen und die Aufpflasterungen des Innenringes, wenn diese vorhanden sind. [8] Deswegen sind die Bordhöhen bei Linienbusverkehr begrenzt und die Eignung von Aufpflasterung wird untersucht. Wenn diese für den ÖPNV negativ wirken, sind sie zu vermeiden. Die vertauschen sich mit einem asphaltierten oder betonierten Innenring, der eine einheitliche Fahrbahnoberfläche sichert und auf diese nur markiert wird. Auf dem selben Grund sind Anhebungen in durch Busse befahrenen Straßen und Knotenpunkten nicht anwendbar.

Bei Kurvenfahrt schwenken der vordere und hintere Busüberhang bis zu $0,80 \text{ m}$ aus. Zusätzlich beobachtet man eine Durchfederung in Abhängigkeit von der Belastung des

Fahrzeuges. Diese Fahrzeugausschläge müssen bei baulichen Maßnahmen berücksichtigt werden. Deswegen müssen Pfosten und Blumenkasten *min. 25 cm* zum Fahrstraßenrand in Geraden haben und noch größeren Abstand in Kurven. [8]

Alle diese Wirkungen stellen eine Gefahr für die Benutzer des öffentlichen Verkehrs dar. Das ist besonders für die stehenden Fahrgäste gültig, denn diese können sich sogar verletzen. Die **Sicherheit der Reisenden** ist die Ursache für das Begrenzen der zulässigen Beschleunigung im ÖPNV. Deshalb müssen **die Hindernisse** der baulichen Verkehrsberuhigungsmaßnahmen keine unerwünschten Auswirkungen auf die öffentlichen Bussen verursachen. In dem Sinn empfiehlt man keine Mindestmaße für die Entwurfsparameter zu verwenden. [26]

5. Reisegeschwindigkeit

Die Attraktivität des ÖPNV hängt in größeren Maße von der Reisedauer zwischen Standort und Zielort ab. Deswegen spielt die Reisegeschwindigkeit eine wesentliche Rolle. Unter Reisegeschwindigkeit versteht man *die Durchschnittsgeschwindigkeit inkl. Brems-, Halte- und Anfahrtverlustzeiten*. Diese sind stark vom Fahrweg bei Busverkehr abhängig. In [47] sind die Anteile der gesamten Reisezeit für eine Berliner Buslinie als Beispiel angegeben:

Art	Reisezeitanteil in %
reine Fahrzeit	42,1
Aufenthalt an der Haltestelle	31,7
Behinderungszeiten während der Fahrt	1,6
Verlustzeit durch Halt vor LSA	19,2
Verlustzeit durch Rückstau vor LSA bei Rot	5,4

Tabelle.12 Beispiel für Reisezeitanteile in der Berliner City [47]

Die Zeitverluste und die Behinderungszeiten sind aus maßgebender Bedeutung, denn die tatsächliche Bewegungsgeschwindigkeit der Busse liegt weit von der maximalen möglichen Geschwindigkeit dieser Verkehrsmittel. Die vorher beigebrachten technischen Daten für die Fahrzeuge haben gezeigt, dass sogar die schwersten Gelenkbusse, die durch die Kreisverkehre von Wien durchfahren, eine Geschwindigkeit von *77 km/h* leisten können. In der Praxis steht aber das Bild anders aus. Die Bemessungsgeschwindigkeiten in den Stadtgrenzen liegen oft darunter. Aus Sicherheitsgründen und wegen der dicht bebauten beengten Stadträume, die nur begrenzte Sichtweiten anbieten, ist es zu Geschwindigkeitsbegrenzungen gekommen, die die Möglichkeiten der Busse unterschreiten. Wenn dazu auch die Zeitverluste hinzugefügt werden, sinkt die mittlere Fahrgeschwindigkeit von Bussen sogar weiter in den Grenzen zwischen *16 und 23 km/h*. [47]

Die Reisezeitzusammenstellung zeigt, dass *24,6 %* der Reisezeit an Lichtsignalanlagen verloren wird. Einer der Vorteile von Kreisverkehrsplätzen sind die niedrigen Gesamtwarezeiten im Vergleich zu einem lichtsignalisierten Knotenpunkt. Von diesem Vorzug profitieren alle Verkehrsteilnehmer einschließlich des ÖPNV. Trotzdem erreicht der Kreisverkehr keine so hohe Leistungen seitens des Linienbusverkehr, wenn dieser mit einem Knotenpunkt mit Bevorrechtigung an LSA im Zuge der Grünen Welle oder mit Busschleusen am LSA verglichen wird. Die Reisezeitersparung durch Bevorzugung an LSA kann bis zu *20 %* der gesamten Reisezeit reichen. Im Unterschied dazu können die Busspuren in demselben Sinn nur *5 bis 10 %* Reisezeitersparung leisten. Diese und andere Beschleunigungsmaßnahmen zu Gunsten des ÖPNV werden weiter beschrieben werden. [47]

6. Beschleunigungsmaßnahmen für den ÖPNV

Die Zeitverluste für den ÖPNV infolge der Verkehrsberuhigung sind etwa *30 sek pro 1000 m*. Damit die Attraktivität des Busverkehrs behalten wird, müssen in anderen Streckenabschnitten Beschleunigungsmaßnahmen getroffen werden, um die Verzögerung zu kompensieren. [7] Obwohl keine wesentlichen Zeitverluste an Kreisverkehren entstehen, können diese trotzdem nachgeholt werden. Rücksichtlich dieser sind die folgenden Lösungen zu treffen [31] :

- **Bussonderfahrstreifen**

Busspuren sind in der Regel bei höherem als *65%* Sättigungsgrad und bei regelmäßig größerem Busverkehrsaufkommen (mehr als *12 Bussen /h*) zu bauen. Die plant man in den Fällen von regelmäßigem Rückstau in den Knotenpunkteinfahrten. [27] Außerdem sind sie so zu errichten, dass diese in *90%* der Fälle das störungsfreie Einfahren im Kreisverkehr von Bussen des öffentlichen Verkehrs in Spitzenverkehrszeiten sichern. [26] Das kann man auf zwei verschiedene Weisen verwirklichen:

- ✓ Wenn zweistreifigen Einfahrten zugelassen sind, kann die rechte Fahrstreife als Busspur verwendet werden. Aus Fahrdynamischen Gründen sind aber die zweistreifigen Einfahrten unerwünscht, denn diese sind Voraussetzung für höhere Geschwindigkeiten beim Einfahren im Knotenpunkt. [27]
- ✓ Die zweite Möglichkeit ist die parallele Führung der Busspur und die Fahrstreife des individuellen Verkehrs für mindestens *20 m* vor dem Anfang des Fahrbahnteilers und die Zusammenlegung die beiden vor der Einfahrt, damit diese einstreifig gestaltet wird. [27] In folgender Abbildung sind zwei Arten der Ausführung gezeigt. Die Länge der Bussonderfahrstreife muss mindestens *95%* der Staulänge in der Einfahrt betragen, damit sie effektiv ist.

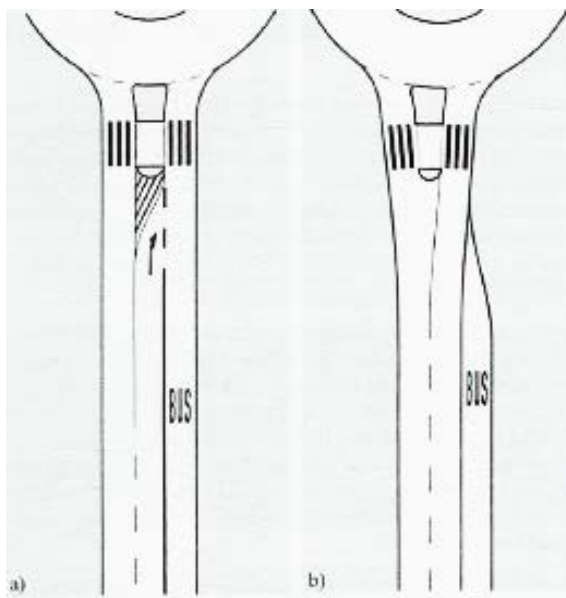


Abb.87 Bussonderfahrstreifen in einstreifiger Kreisverkehrseinfahrt: [26]

- a) Die Fahrstreife für den individuellen Verkehr endet in der Busspur.
- b) Die Busspur endet vor dem Fahrbahnteiler.

Die Regelbusfahrbahnbreite liegt bei *3,5 m*, kann aber bei beengten Bedingungen mindestens *3 m* betragen. [7]

Busfahrstreifen tragen zu einem verbesserten Betriebsablauf, zur Harmonisierung des Fahrablaufs, zur besseren Einhaltung des Fahrplans und zur Entlastung der Busfahrer, sowie zur Reduktion von Schadstoffemissionen bei. [7]

- **Haltestellen**

Die Lage und die Art von Haltestellen kann sich vorteilhaft für den ÖPNV auswirken. In einem Kreisverkehr ist es unter den folgenden Möglichkeiten zu wählen:

- ✓ **Haltestelle am vorgezogenen Fahrbahnrand** (Bus-Kap) sind eine Lösung, die nur in Einfahrten möglich ist, denn diese Art von Haltestellen versperrt den individuellen Verkehr während des Busaufenthalts, was die Voraussetzung für eine Staubildung an Kreisfahrbahn ist. In Einfahrten hat sich diese Verkehrsverhalten problemlos bewiesen, aber wird trotzdem für Haltestellen mit kürzeren Aufenthaltszeiten anwendbar. Auch damit für die abbiegenden Fahrzeugen genug Abstellfläche bereit zu stellen, kann die Haltestelle 30 m vom Knotenpunkt abgesetzt werden. [7]

Der öffentliche Verkehr profitiert von einer solche Gestaltung dank einer geradelinigen Einfahrt. So erhöht sich die Sicherheit für die Reisende und entfällt die Notwendigkeit von Wiedereinfädeln im fließenden Verkehr. Die Haltestelle ist durch falsch geparkten Fahrzeugen nicht bedroht und deswegen völlig zu Verfügung des öffentlichen Busverkehr. Andererseits können Parkstreifen vor und hinter der Haltestelle gebaut werden, die auch keine zusätzlichen Störungen für andere Verkehrsteilnehmer mitbringen. Dazu kommen auch eine Anhebung des Gehsteigs auf 18 cm, um Behinderte, sich schwer bewegende Leute und solche mit Kinderwagen zu erleichtern und eine größere Tiefe der Wartefläche, die für die Errichtung von Witterungsschutz Platz anbietet und die Fußgängerlängsbewegungen ungestört behaltet. [7], [15]

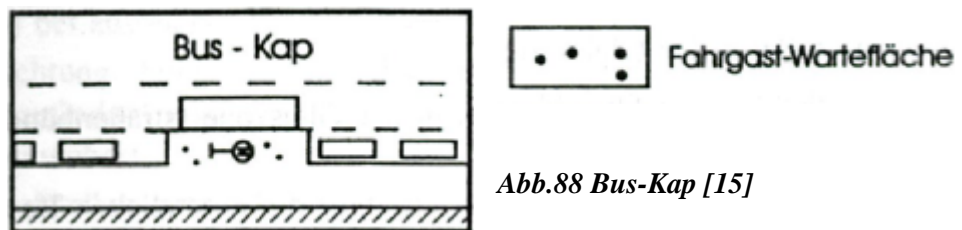


Abb.88 Bus-Kap [15]

- ✓ **Haltestellen am Fahrbahnrand** weisen dieselben Vorteile wie die Haltestellenkaps mit Ausnahme der Sicherheit gegen parkende Fahrzeuge des individuellen Verkehrs.

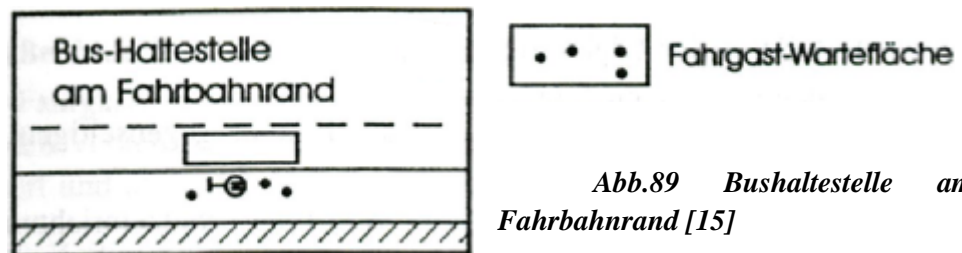


Abb.89 Bushaltestelle am Fahrbahnrand [15]

- ✓ **Haltestellen an Busbuchten** sind sowohl in Einfahrten, als auch in Ausfahrten von Kreisverkehren sinnvoll. Aus fahrdynamischer Sicht haben sie einige Nachteile wie z. B. das Aus- und Wiedereinfädeln im Verkehr, bei dem sich eine s-förmige Fahrtkurve ungünstig auf Fahrer und Benutzer des ÖPNV auswirkt. Eine Verbesserung der Busfahrdynamik entsteht, wenn die Haltestelle nicht hinter der Querungsstelle, sondern schon an der Kreisfahrbahn anfängt. Die Fußgänger überwinden längere Querungswege, die eine Gefährdung für den nichtmotorisierten Verkehr zu Folge hat. Das ist möglich dank der breiteren Straßenquerschnitte, weil der Kreisel auf diese Weise an seiner geschwindigkeitsdämpfende Wirkung verliert und die querenden Straßenbenutzer durch schneller durchfahrende Autos gefährdet. Busbuchten sichern bessere Sichtverhältnisse mit Querenden, wenn die in Kreisverkehrsausfahrt hinter die Furten gebaut sind. [7]

Vorteilhaft ist, dass der fließende Verkehr unbehindert bleibt, was diese Haltestellenart angemessen für große Fußgängeraufkommen mit längeren Aufenthalten

von den Bussen macht. Die Haltestellenbucht baut dagegen eine engere Wartefläche und eine stärkere Neigung zum Bruch des Parkverbots. [7], [15]

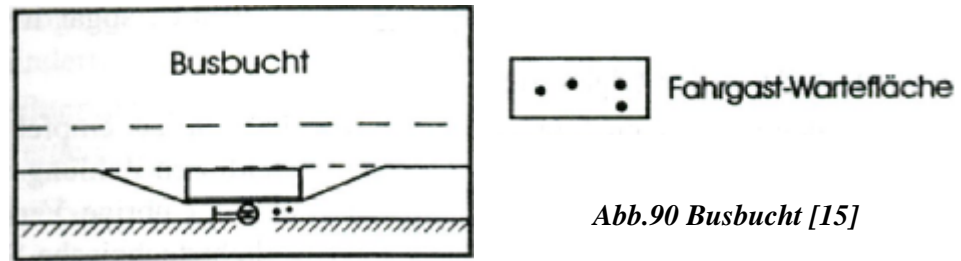


Abb.90 Busbucht [15]

Bei der Wahl von Haltestellenart darf der Planer nicht vergessen, dass Busbuchten und Haltestellenkaps sehr schwer eine bedarfsbedingte Lageänderung oder Verlängerung erlauben. [15] Dabei müssen die Haltestellen auch so geplant werden, dass sie wenn möglich das Umsteigen bei Kreuzen von mehreren Linien des ÖPNV ohne Fahrbahnquerung erlauben. [3]

Für bessere Sichtverhältnisse in Fahrtrichtung befinden sich die Türen der öffentlichen Verkehrsmittel auf die linke Seite. Aus diesem Grund müssen die Fahrzeuge an **Endhaltestellen** wenden. In der Praxis sind die zur Erleichterung des ÖPNV oft als Kreisverkehrsplätze gestaltet. [15]

- **Spezielle Bedarfsampeln für Bevorzugung der Linienbusverkehr**

Es existiert die Möglichkeit für die Ausrüstung des Kreisverkehrs mit einer LSA, die nur in den Fällen des Durchfahrens von öffentlichen Bussen den Verkehrsteilnehmern signalisiert. Dadurch entsteht aber zusätzlicher Kostenaufwand sowie für die Errichtung die Anlage und die Anlage selbst, als auch für Strom. So verliert der Kreisverkehr teilweise einen von seinen Vorteilen im Vergleich zu anderen Knotenpunktarten und es ist sinnvoll in dem Fall mehrere Varianten mit unterschiedlichen Knotenpunktformen gegenüberzustellen und den günstigste zu bestimmen. [31]

In [33] werden die Vorteile für den schienengebundenen öffentlichen Verkehr für eine mögliche Lösung eines fünfarmigen Knotenpunktes in Sofia, Bulgarien als einen Kreisverkehrsplatz mit Bedarfsampeln untersucht. Die bestehen in wesentlich kürzeren Wartezeiten im Vergleich zu der künftigen Lichtsignalanlage an einem konventionellen Knotenpunkt, geringen Verschmutzungsgrad und kleineren Lärmemissionen. Die Ampel wird nur während des Durchfahrens eines Schienenfahrzeuges in Betrieb gesetzt und arbeitet in der übrigen Zeit nicht, was auch den Strombedarf reduziert.

Der Kreisverkehrsanzug muss sich auf einem Abstand von mindestens 25 m von der äußeren Gleisachse einem Bahnübergang befinden, um keine zusätzlichen Gefahrsituationen zu verursachen. [26]

- **Busstraßen**

Das Mittschwimmen im Verkehr und das Ein- und Ausfädeln im Verkehrsstrom verursacht eine höhere Beanspruchung nicht nur auf den Fahrer, sondern auch auf die Fahrgäste. Das kann vermeiden werden und außerdem können die Zeitverluste deutlich gemindert werden, wenn den Individualverkehr von dem öffentlichen getrennt geführt wird. Eine Lösung in der Richtung ist die Sperre der ganzen Straße für individuelle Fahrzeuge. Die ist vor allem in Fußgängerzonen als eine Möglichkeit zu betrachten. [13]

7. Beruhigungsmaßnahmen

Bauliche Maßnahmen zur Geschwindigkeitsdämpfung sollen vorrangig dort eingesetzt werden, wo der Bus ohnehin langsam fahren muss, wie z. B. an Einmündungen, Kreuzungen, Haltestellen oder

Querungsstellen, um die Beeinträchtigung des Busverkehrs klein zu halten. [7] Das macht der Kreisverkehr eine verträgliche bauliche Maßnahme für den ÖPNV. Der Kreisverkehr ist auch in Begegnungsfällen vorteilhaft, weil in den Ein- und Ausfahrten die Verkehrsströme mit Fahrbahnteiler geschützt sind und der Verkehr auf der Kreisfahrbahn einbahnig verläuft. So sind die Begegnungsfälle Bus/Bus und Bus/Lkw problemlos zu begegnen.

Kreisverkehre werden oft an **Eingängen von Tempo-30-Zonen** errichtet. So bieten sie eine vorteilhafte Verkehrssituation für alle Straßenbenutzer. Aus der Sicht der ÖPNV existieren die Möglichkeiten für eine Kreuzungsgeschwindigkeit von 20 km/h, die der Buslinien in Tempo-30-Zonen ermöglicht werden muss. Weil die Maßnahmen nur im Knotenbereich angreifen, entsprechen diese den Anforderungen, dass die Geschwindigkeitsbegrenzung zu keinem zusätzlichen Betriebsmaterial und Personal im ÖPNV führen werden. [11]

Für andere motorisierten Verkehrsteilnehmer einschließlich gebietsfremden Verkehr muss das Tor der Beruhigungszone deutlich erkennbar und sichtbar sein. Dank der guten Sichtverhältnisse in Kreisverkehren können diese Empfehlungen erfüllt werden. Wenn das Tor dicht an Knotenpunkt situiert wird, erfolgt in Kreisverkehren auch eine leichtere Wegewahl für Fahrer, die keine Ortskenntnis haben. Diese können mit einer Wendemöglichkeit rechnen. [11]

8. Fahrerbeanspruchung von baulichen Maßnahmen für Geschwindigkeitsdämpfung

Die Busfahrer in öffentlichem Verkehr tragen **Verantwortung** für die beförderten Personen. Die schon erwähnten negativen Beeinflussungen und Gefährdungen auf stehende Fahrgäste erklären die zusätzliche Beanspruchung auf die Buslenker. Die baulichen Maßnahmen sind sorgfältiger durchzuführen. Das kommt zu der ohnehin existierenden Anstrengung infolge der "Slalomfahrt", die eine höhere **Konzentration** erfordert. Auch eine **Regelung "Rechts vor Links"** bietet zusätzliche Anstrengung und wird beim Linienbusverkehr nicht bevorzugt. [8]

9. Wirtschaftlichkeit

Die Verzögerung infolge **Zeitverluste** und **Geschwindigkeitsdämpfung** im Kreisverkehr, wenn eine gegeben ist, führt zu Verlängerung der Wendeumlaufzeiten und dadurch kann der Bedarf an Fahrzeugen und Personal entsprechend zunehmen. Das verursacht höhere Betriebskosten, die nicht nur das Unternehmen betreffen, sondern sich auch auf die Benutzer des ÖPNV auswirken. [15]

Als ein weiterer Urheber für zusätzliche Ausgaben erscheinen die **Beschädigungen von Bussen**. Wegen zu engen Fahrbahnquerschnitten können sich Reifenschäden ergeben, wenn die Busräder gegen Bordsteine und Randbefestigungen stoßen. Zuzufolge höherer Aufpflasterungen ist es wahrscheinlich, dass Bodenschäden zu entstehen. Aber nicht nur die Busse kriegen Beschädigungen. Der **Kreisverkehr wird auch beschädigt**. Die hohen Beanspruchungen zerstören die Straßenanlage, die eine komplizierte Instandsetzung als Ergebnis haben. [8]



Abb.91 Aufpflasterungsbeschädigung [82] Abb.92 Randbeschädigung, Assenovgrad, Bulgarien [89]



Abb.93 Randbeschädigung im Kreisverkehr, Assenovgrad, Bulgarien [89]

C. *Erhebung des Verhaltens von Bussen in Kreisverkehrsplätzen*

Die beste Art und Weise zur Bewertung der Arbeit von einer Anlage, so dass die Einschätzung möglichst nah an der Realität bleibt, ist der Vergleich mit anderen Verkehrsanlagen, die teilweise ähnlich gestaltet sind. In dem selben Gedankengang kann man Verkehrsanlagen mit verschiedenen Entwurfselementen vergleichen und daraus kann man auch Schlussfolgerungen ziehen, wie sich diese auf bestimmten Verkehrsteilnehmer ausüben. Eine ähnliche Erhebung im Zusammenhang mit den Bussen des öffentlichen Verkehrs und der Kreisverkehren in den Rahmen von Wien ist zum Zweck dieser Diplomarbeit durchgeführt. Die Erhebung wird auf den folgenden Seiten beschrieben:

1. Wahl der Objekten

Mit Hilfe von „Google Earth“ habe ich zahlreiche Kreisverkehre in dem Gebiet von Wien gefunden. Von diesen habe ich eine Liste der Kreisverkehre, die durch Busse befahren sind, zusammengesetzt. Die 26 Kreisverkehre, die mir eigentlich zu finden gelungen ist, habe ich besucht und fotografiert, damit die Möglichkeiten für Videobeobachtung und die tatsächlichen Abmessungen und Gestaltung der Verkehrsanlage geschätzt werden. Denn das Linksabbiegen weist den größten Platzbedarf von allen Fahrmanövern, wird eine kürzere Liste gefasst, die keine Kreisel mit geradeausfahrenden Bussen enthält. Daraus ergeben sich 13 Kreisverkehre. Zwei von diesen haben Mittelinseln mit unregelmäßiger Form und sind deswegen ungeeignet für den Vergleich. Ein Kreisverkehr wird durch eine Nachtlinie befahren, was die Videobeobachtung erschwert und zur Folge den Kreisel von der Liste ausschließt. So haben wir zur Verfügung insgesamt 10 Kreisverkehre. Interessant wäre das Verhalten von Gelenkbussen, denn diese treffen die größten Schwierigkeiten beim Abbiegen. Drei Kreisverkehre bedienen Gelenkbusse. Einer von diesen wurde leider in einer Erhebung in einer Diplomarbeit aus dem Jahr 2009 eingeschlossen. Das lässt uns mit zwei Kreiseln mit Gelenkbussen. (???) Aus diesem Grund und auch im Interesse des Vergleichs zwischen Normalbussen und Gelenkbussen wurde auch ein dritter von Normalbussen befahren Kreisel gewählt. Bei der Wahl der Kreisverkehrsplätze wurde beachtet:

- ***Art der Busse;***
- ***Anzahl der Busse, die dort pro Stunde fahren;***
- ***Abmessungen der Bauelemente des Kreisels;***
- ***Möglichkeit für bequeme Aufstellung der Kamera, so dass diese den Fußgängern und den anderen Verkehrsteilnehmern nicht stört und bei Gelegenheit unbemerkt bleibt;***
- ***Zugänglichkeit der Kreisverkehr.***

Alles bis jetzt beschrieben führt zu der Entscheidung zu den folgenden Kreisverkehrsplätzen, die einen Platz in der Erhebung finden werden:

- **Agnesgasse / Rathstraße / Krottenbachstraße**
- **Swatoschgasse / Gadnerstraße**

- Weißböckstraße / Pretschgasse / Am Kanal

2. Vorbereitung für die Videobeobachtung

Zuerst sind die genauen Abmessungen der Verkehrsanlagen zu bestimmen. Aus Luftaufnahmen in „Google Earth“ wurde der Abbiegewinkel festgelegt. Weil ich allein nicht in der Lage war mehr als eine Kamera zu bedienen und zu beschützen, habe ich solche Position für die Apparatur ausgewählt, dass die äußeren Räder des Busses oder des PKWs klar sichtbar sind, damit die Schleppkurve leicht abzuleiten ist. Aus der Geometrie der Schleppkurven wird es klar, dass den größten Platzbedarf in der Mitte des Bogens liegt, das im Rahmen des Kreisverkehrs befahren wird. Diese Besonderheit erlaubt das Durchführen der Erhebung nur in einem Querschnitt des Kreisverkehrs. Denn in den technischen Daten der verschiedenen Busarten sind die Spurbreite und die Bereifung gegeben, kann man ohne Mühe der Abstand des inneren hinteren Rads berechnen, das den innersten Punkt der Schleppkurve beschreibt. Auf diese Art und Weise beschränkt sich die Aufgabe auf die Spurverteilung des rechten vorderen und hintersten Busrads im dem breitesten Querschnitt der Schleppkurve. Zu diesem Zweck wurde eine zeitweilige Markierung auf der Fahrbahnoberfläche aufgetragen. Die dient dazu, dass die Distanz trotz der perspektivischen Verkürzung möglichst pünktlicher abrechnet wird.

Wegen der enormen Vielfalt bei den Abmessungen und der Mechanik von den verschiedenen Arten von Autos ist die oben beschriebene Vorgehensweise schwer anwendbar. Auf dieser Grund benutze ich die statistisch abgeleiteten Schleppkurven für PKWs. Mit Hilfe von diesen kann man eine statistisch relevante Breite der Schleppkurve ablesen und diese anwenden. So kann man die Spurverteilung für PKWs bestimmen, auch wenn die Räder des Personalwagens auf der Seite der Mittelinsel nicht gut zu sehen sind.



Abb.94 Die zeitweilige Markierung auf der Kreisfahrbahn an Agnesgasse und Rathstraße, Wien [89]

Nach der Markierung, die so vollzogen wurde, dass diese auf keinen Fall Störungen in dem Verkehr verursacht, wurde die Kamera eingestellt. Leider war sie in den meisten Fällen von den Fahrern der Verkehrsmittel zu erkennen und beeinflusste auf diese Weise im gewissen Maße das Fahrverhalten besonders bei PKWs. Bei dem Positionieren der Kamera sind auch andere Anforderungen zu

beachten:

- Die Kamera soll nicht dem Fußgänger- und Autoverkehr stören. So ist die, wenn es möglich ist, nicht auf den Gehwegen zu setzen und bei beengten Platzverhältnissen auf der vernünftigsten Weise zu einstellen.

- Die Höhe der Kamera ist näher der größten möglichen zu halten, damit die perspektivische Verkürzung gemindert wird. Auf diese Weise wurde die Abrechnung erleichtert und die Genauigkeit erhöht.
- Unter Beachtung der Sicherheit, sowohl für die Kamera, als auch für den Verkehr ist diese nicht am äußersten Rand des Gehsteigs zu positionieren.
- Im Interesse der Bewahrung der Apparatur ist diese nicht unter direktem Sonnenlicht auszusetzen und von Erschütterungen zu schützen.
- Die Stelle muss möglichst weniger Hindernisse vor den beobachteten Objekten und einen guten Anblick auf die Markierung anbieten.

3. *Zeit der Durchführung*

Denn die Spur- und Geschwindigkeitsverteilung hängen nur von den Verkehrsmitteln, den Wetterbedingungen und den Fahrern, kann man die Erhebung in beliebige Zeitspanne durchführen, so weit die Wetterbedingungen für die Apparatur und den Verkehr günstig sind. Damit die Markierung sichtbar bleibt, verläuft die Erhebung während des Tageslichts. Die Dauer der Beobachtung wird von der Menge der Busse bestimmt und ist natürlich für die verschiedenen Kreisverkehre unterschiedlich.

4. *Durchführung der Geschwindigkeitsmessung in der Gerade*

Dank des einfachen Zusammenhangs zwischen Geschwindigkeit, Zeit und zurückgelegten Weg ist es möglich die Bestimmung der Geschwindigkeit der Verkehrsmittel in eine relativ gerade und freie Strecke vor dem Knotenpunkt zu unterscheiden. Als Ziel wird ein Straßenabschnitt gewählt. Dieser ist möglichst gerade und ohne Krümmungen in der Fahrbahn, Haltestellen des öffentlichen Verkehrs, Ampeln, Ein- und Ausgänge auszusuchen. Der Grund dafür liegt darin, dass keine Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgänge in der Strecke auftreten sollen, so dass die Geschwindigkeit nicht stark beeinflusst wird. Mit Hilfe eines Chronometers wurde die Zeit gemessen, in der die Strecke durch das Verkehrsmittel zurückgelegt wurde. Ungenauigkeiten können entstehen, denn die Datensammlung manuell durchzuführen ist. Darunter ist Verzögerung bei der Reaktion der messenden Person.

5. *Bearbeitung der Daten der Videobeobachtung*

- Bestimmen der Entfernung des äußersten Rads von dem äußeren Fahrbahnrand durch Interpolation mit Hilfe der Markierung.
- Bestimmen der Entfernung des innersten Rads von dem äußeren Fahrbahnrand durch den Abstand des hintersten äußeren Rads zum Fahrbahnrand, die Spurbreite und die Bereifung für die Busse des öffentlichen Verkehrs. Ableiten der Entfernung des innersten Rads von dem äußeren Fahrbahnrand durch die bekannten Schleppkurven für die Autos.
- Bestimmen der notwendigen Zeit für das Durchfahren des Verkehrsmittels durch den markierten Querschnitt der Fahrbahn.
- Berechnen der Geschwindigkeit, indem die Länge der Fahrzeuge bekannt ist (z. B. Buslänge für den bestimmten Bustyp) und die Zeit für Durchfahren durch einen Querschnitt bestimmt wurde.

- Graphische Darstellung der Prozentverteilung der Spuren und der Geschwindigkeiten von Bussen und PKWs.
- Vergleich der Ergebnisse zwischen Bussen und PKWs im Kreisverkehr, Vergleich der Ergebnisse in der Gerade und im Kreisverkehr und Vergleich unter den verschiedenen Kreisverkehren.
- Ziehen von Schlussfolgerungen für den Einfluss der Bauelemente des Kreisverkehrs auf den Busverkehr.

6. Daten der beobachteten Objekte

❖ Weißböckstraße / Am Kanal / Pretschgasse

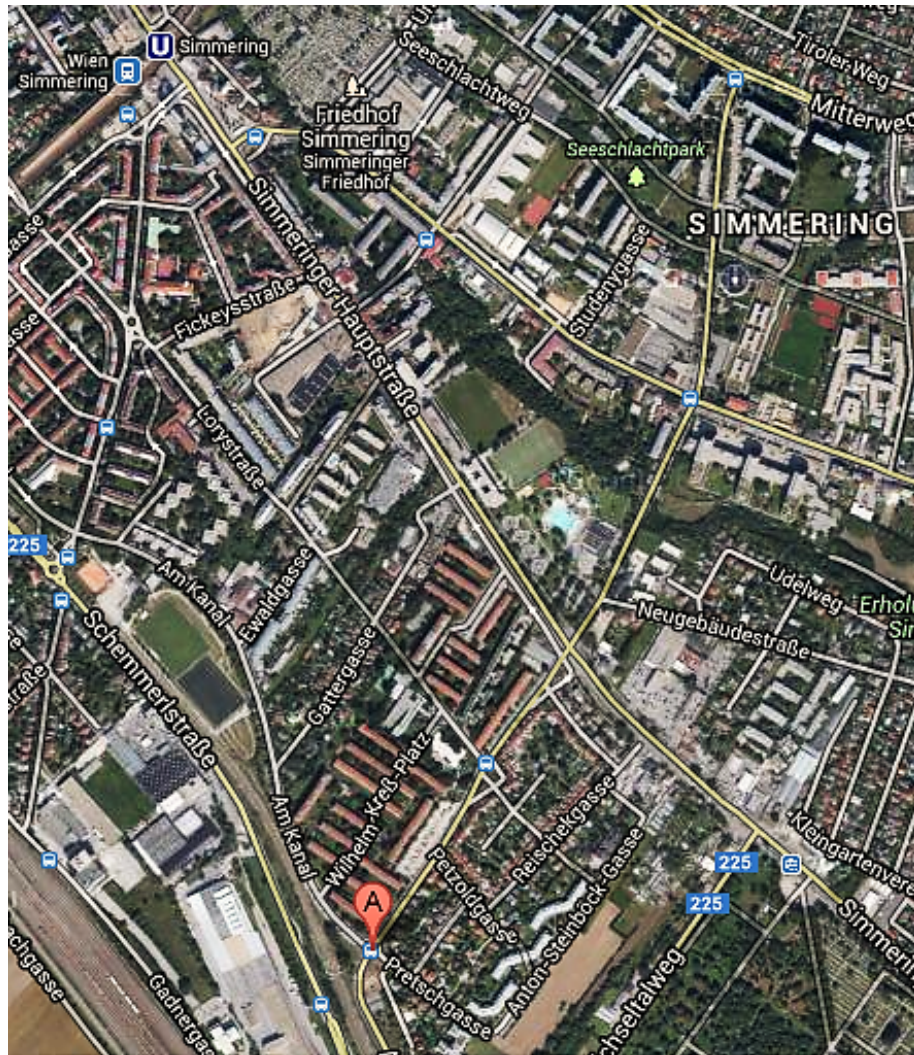


Abb.95 Lage des Kreisverkehrs an Weißböckstraße und Pretschgasse, Wien [89]

Der Kreisverkehr befindet sich im 11ten Bezirk am Eingang von einer Tempo-30-Zone und wird durch Normalbusse der Art **MAN NL 243 LPG** und **MAN NL 273 LPG T3** befahren. Der Kreisverkehr weist eine unbefahrbare Mittelinsel von 7 m Radius auf. Eine asphaltierte

Kreisfahrbahn mit Breite von 8 m ist vorhanden, was insgesamt einer Außenradius von 15 m ergibt. Die linksabbiegenden Verkehrsmittel, die beobachtet waren, lenken sich mit 99° von der Gerade ab. Der Kreisverkehr ist ohne Innenring gebaut. Der Knotenpunkt ist relativ leicht belastet und in einem ausgezeichneten Zustand.

Der Kreisverkehr hat aber einen fehlenden Gehsteig, der falsche Überquerungen seitens der Fußgänger verursacht. Auf der gehweglosen Seite des Knotenpunkts ist ein Spielplatz gebaut, was eine zusätzliche Gefahr verursacht, denn die Kinder sind der größte Teil der Falschquerenden.

Die Straßen, die in den Kreisverkehr einmünden, weisen einen engen Querschnitt auf und haben Parkstreifen entlang, was auch die Geschwindigkeit beeinflusst. Das führt zu Schwierigkeiten für den Busverkehr. Oft wurde beobachtet, dass der im Kreislauf fahrende Bus gezwungen war, auf die in den Kreisverkehr einfahrenden Busse und sogar manchmal auf PKWs zu warten. Sonst war es für diese nicht möglich aneinander gefahrlos vorbeizufahren. Die Haltestellen der öffentlichen Busse sind in Form von Busbuchten gestaltet, damit den Autoverkehr ungestört bleibt.

Die Geschwindigkeitsmessung wurde am 27.03.2013 ausgeführt. Die Videobeobachtung fand am 22.03.2013 und 23.03.2013 für insgesamt $12,5$ Stunden statt. Es wurden 96 Normalbusse aufgenommen. Die Kamera war von allen Verkehrsteilnehmern leicht zu bemerken. Wegen der großen Fahrbahnbreite kann man den Abstand auf das Video nur mit einer Genauigkeit von 5 cm schätzen. Die abgelesenen Daten zeigen die folgenden Verteilungen, die auf den nächsten Seiten zu finden sind.

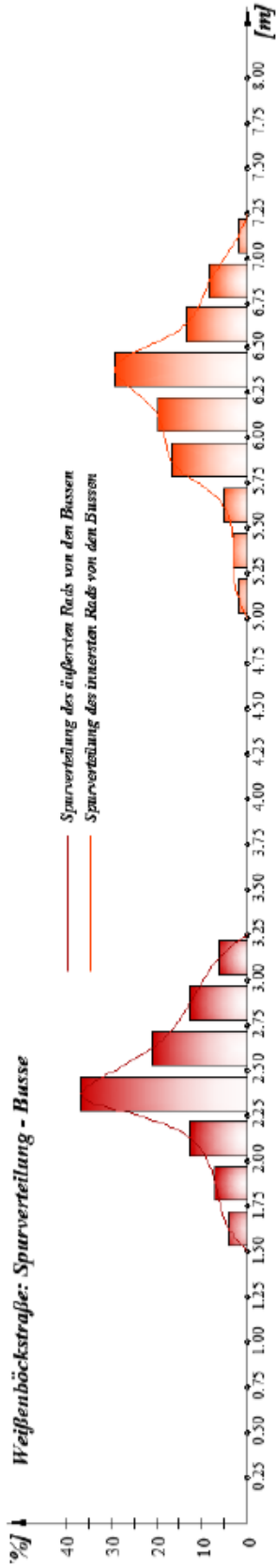
Die Geschwindigkeit in der relativen Gerade wurde in einem Abstand von 305 m von der Kreisverkehr und 185 m von der nächsten Bushaltestelle gemessen, so dass diese keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit üben. Gewählt wurde die Straße „Am Kanal“, die außerhalb der Tempo-30-Zone liegt. Die Fahrbahn liegt in einer Kurve mit ziemlich großem Radius, der nah an der Gerade ist und dem zufolge verzögert sich die Bewegung nicht. Neben dem Querschnitt der Messung der Geschwindigkeit befindet sich eine einmündende Gasse, die aber so leicht belastet ist, dass diese keine Bedeutung für die Erhebung trägt. Es gibt keine anderen Hindernisse für den Verkehr. In der Gerade sind oft Geschwindigkeitsüberhöhungen, sowohl durch PKWs, als auch durch Busse, zu beobachten. Aus diesem Grund zeigt der Vergleich zwischen den Geschwindigkeiten in der Gerade und im Kreisverkehr eine starke Geschwindigkeitsdämpfende Wirkung für alle Verkehrsteilnehmer. Das ist ein Vorteil anlässlich des Tempo-30-Eingangs.

Erforderliche
Parameter
fehlen oder
sind falsch.

[%]

50
40
30
20
10
0

Weißböckstraße: Spurverteilung - Busse



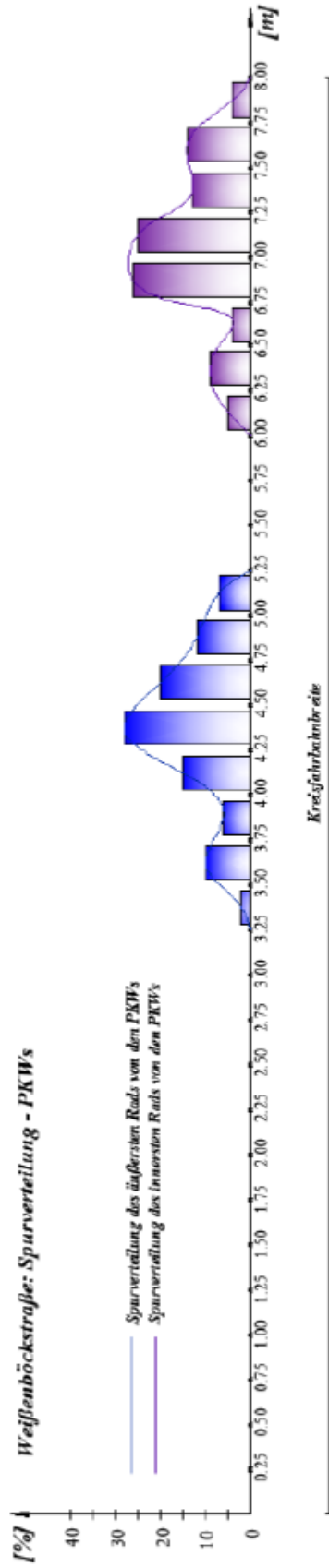
Kreisfahrbahnbreite

Abb.10
2 Vergleich
der Ge-
schwin-
digkeits-
vertei-
lungen
von

Autos und Bussen in der Gerade an Weißböckstraße, Wien [89]

Abb.96 Spurverteilung von Bussen des öffentlichen Verkehrs im Kreisverkehr an Weißböckstraße und Pretschgasse, Wien (alle Abmessungen sind in [m] gegeben) [89]

Weißböckstraße: Spurverteilung - PKWs



Kreisfahrbahn etc

Abb.97 Spurverteilung von PKWs im Kreisverkehr an Weißböckstraße und Pretschgasse, Wien (alle Abmessungen sind in [m] gegeben) [89]

Der Vergleich zeigt deutlich, dass die Normalbusse und die Personalkraftwagen besitzen die gleichen Möglichkeiten auf geraden Strecken mit kleinen Längsneigungen in bebauten Gebieten.

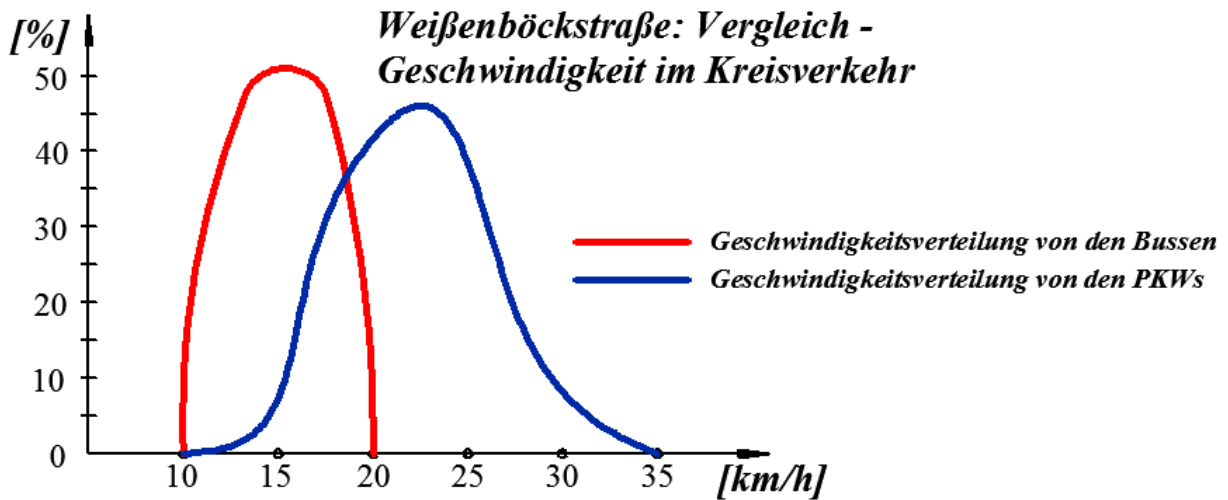


Abb.103 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilungen von Autos und Bussen im Kreisverkehr an Weißböckstraße und Pretschgasse, Wien [89]

Die Normalbusse weisen niedrige Geschwindigkeiten im Kreisverkehr im Vergleich zu den PKWs aus, aber die minimalen Geschwindigkeiten sind für die beiden Verkehrsteilnehmer gleich.

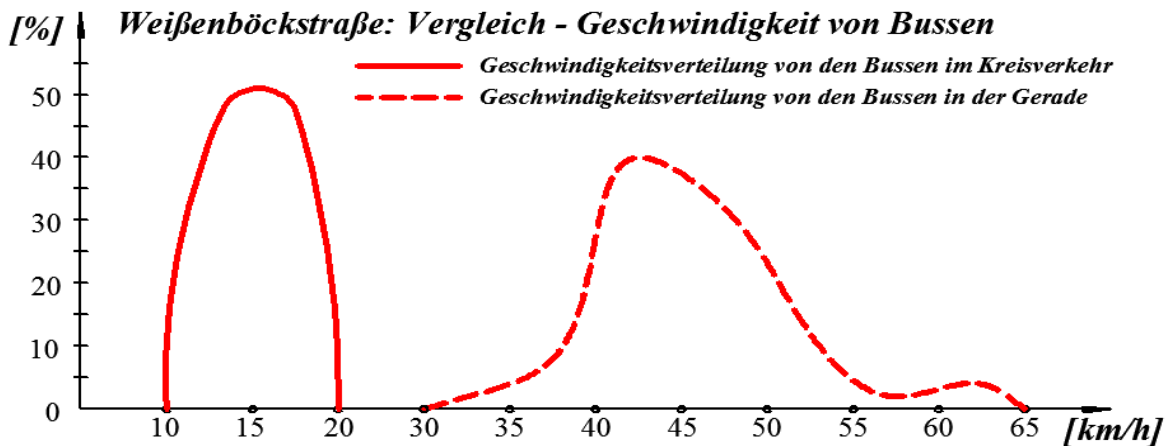


Abb.104 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilungen von Bussen in der Gerade und im Kreisverkehr an Weißböckstraße und Pretschgasse, Wien [89]

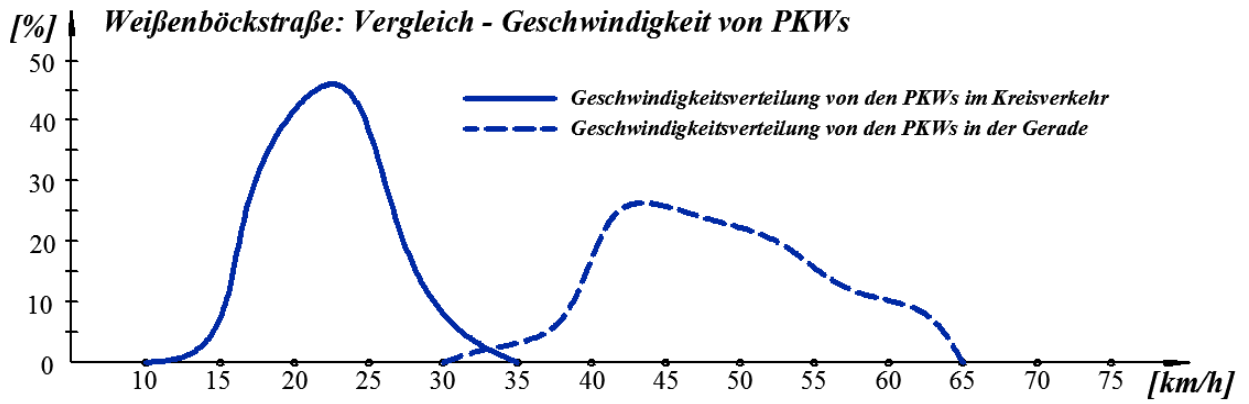


Abb.105 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilungen von Autos in der Gerade und im Kreisverkehr an Weißböckstraße und Pretschgasse, Wien [89]

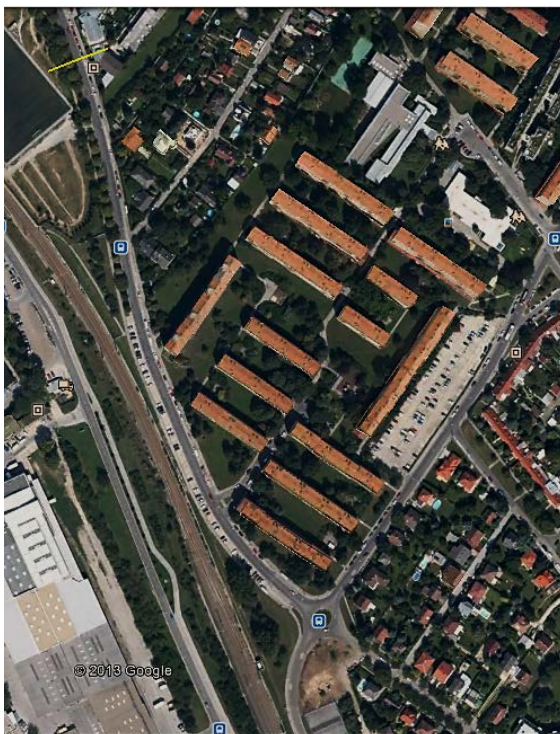


Abb.106 Querschnitt der Geschwindigkeitsmessung für Autos und Bussen in der Gerade an Weißböckstraße, Wien [89]

❖ Agnesgasse / Rathstraße / Krottenbachstraße



Abb.107 Lage des Kreisverkehrs an Agnesgasse und Rathstraße, Wien [89]

Der Kreisverkehr befindet sich im 19ten Bezirk und wird durch Gelenkbusse der Art **MAN NG 243 LPG**, **MAN NG 273** und **MAN NG 273 LPG T3** befahren. Der Knotenpunkt weist eine unbefahrte Mittelinsel von 5 m Radius auf. Eine asphaltierte Kreisfahrbahn mit Breite von 5 m und einer Innenring mit Breite von 3 m sind vorhanden, was zusammen mit der Mittelinsel einer Außenradius von 13 m ergibt. Der Innenring ist nur mittels Markierung von der Kreisfahrbahn getrennt. Die linksabbiegenden Verkehrsmittel, die beobachtet waren, lenken sich auf 33° von der Gerade ab. Der Kreisverkehr ist stark belastet und in einem ausgezeichneten Zustand.

Die Haltestellen des öffentlichen Busverkehrs sind am Fahrbahnrand gestaltet und sichern auf diese Weise Vorfahrt für den Bussen.

Die Geschwindigkeitsmessung wurde am 28.03.2013 ausgeführt. Die Videobeobachtung fand am 20.03.2013 für insgesamt 11 Stunden statt. Es wurden 101 Gelenkbusse aufgenommen. Die Kamera war von allen Verkehrsteilnehmern relativ leicht zu bemerken. Wegen der großen Fahrbahnbreite und der Kameraposition kann man den Abstand auf das Video nur mit einer Genauigkeit von 3,5 cm schätzen. Die abgelesenen Daten zeigen die folgenden Verteilungen, die auf den nächsten Seiten zu finden sind.

Die Geschwindigkeit in der relativen Gerade ist in einem Abstand von 154 m von der Kreisverkehr und 100 m von der nächsten Bushaltestelle gemessen, so dass diese keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit üben. Gewählt wurde die Krottenbachstraße, die eine deutliche Längsneigung besitzt. Entlang der beiden Seiten der Straße befinden sich Parkstreifen, dem zufolge verzögern sich die Busse mit 5 km/h im Vergleich zu der Gerade an der Straße "Am Kanal". Neben dem Querschnitt der Messung der Geschwindigkeit befindet sich eine Baustelle. Einer anderes Hindernis für den Privatverkehr sind die Haltestellen, die oft Stau verursachen. Geschwindigkeitsüberhöhungen sind bei den Bussen selten zu bestimmen. Bei PKWs können sie häufiger dokumentiert werden.



Abb.108 Querschnitt der Geschwindigkeitsmessung für Autos und Bussen in der Gerade an Krottenbachstraße, Wien [89]

Erforderliche Parameter fehlen

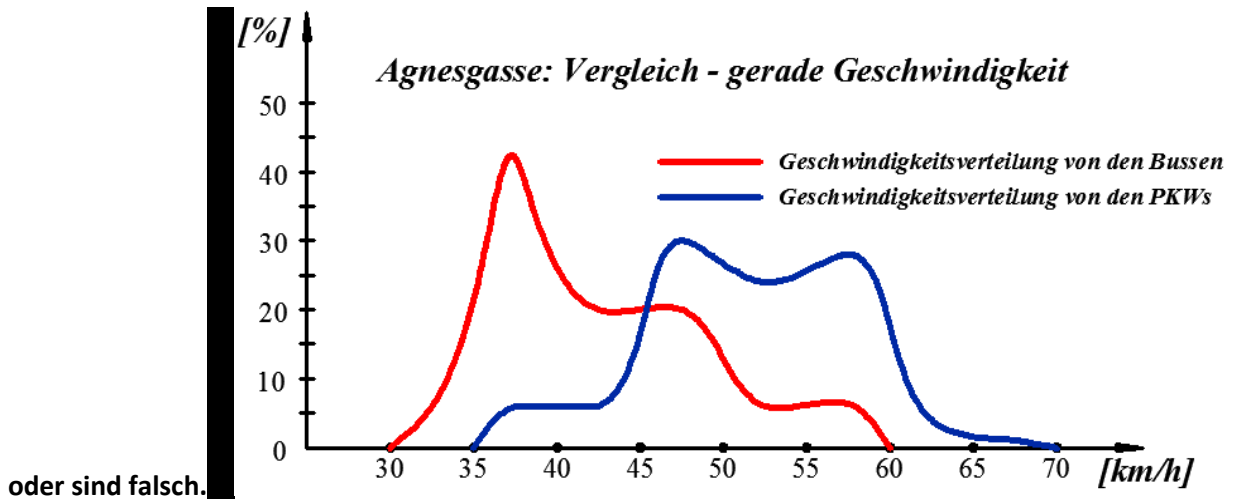


Abb.115 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Autos und Bussen in der Gerade an Krottenbachstraße, Wien [89]

Das Diagramm lässt man bemerken, dass die Längsneigung und die Parkstreifen erschweren die Busse mehr als die PKWs und senken auf diese Art und Weise die durchschnittliche Geschwindigkeit der Bussen.

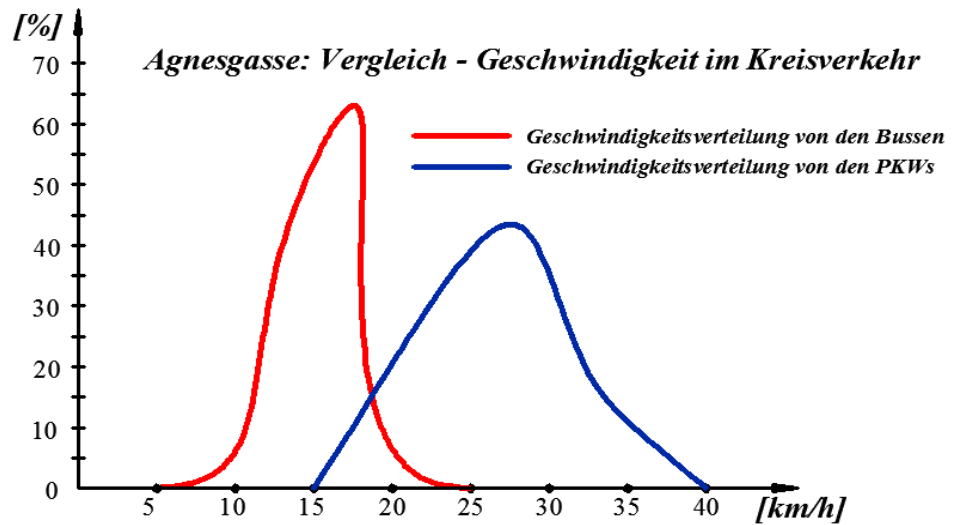


Abb.116 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Autos und Bussen im Kreisverkehr an Krottenbachstraße und Agneseasse, Wien [89]

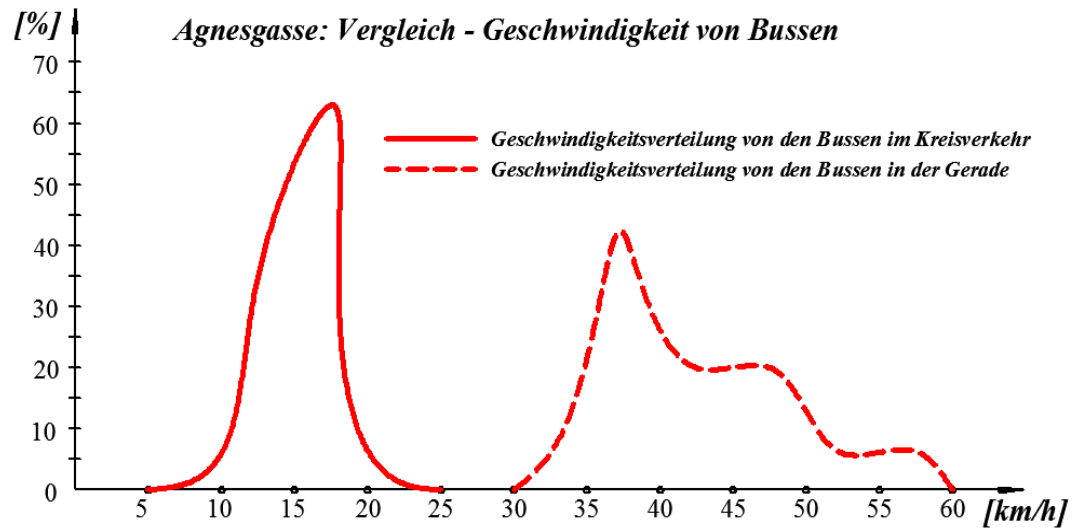


Abb.117 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Bussen in der Gerade und im Kreisverkehr an Krottenbachstraße und Agneseasse, Wien [89]

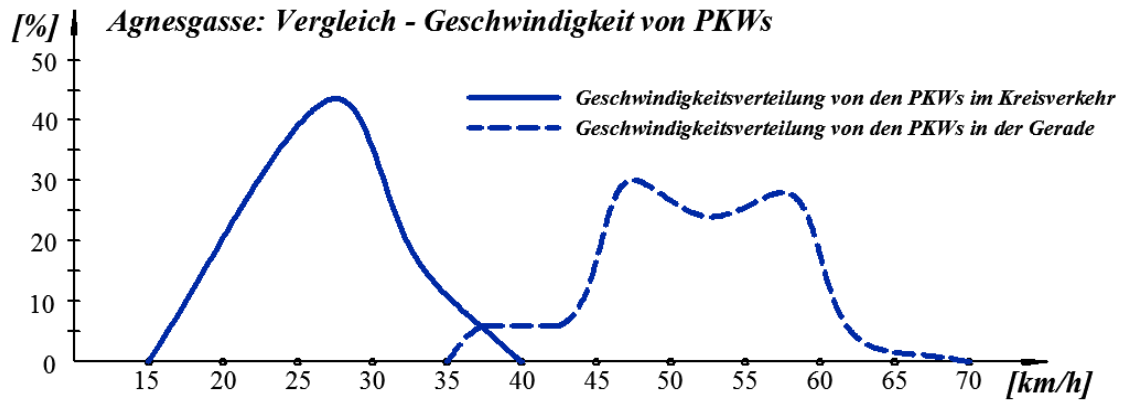


Abb.118 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Autos in der Gerade und im Kreisverkehr an Krottenbachstraße und Agnesgasse, Wien [89]

Bei diesem Kreisverkehr ist auch eine gute geschwindigkeitsdämpfende Wirkung leicht zu erkennen.

❖ Swatoschgasse / Gadnergasse

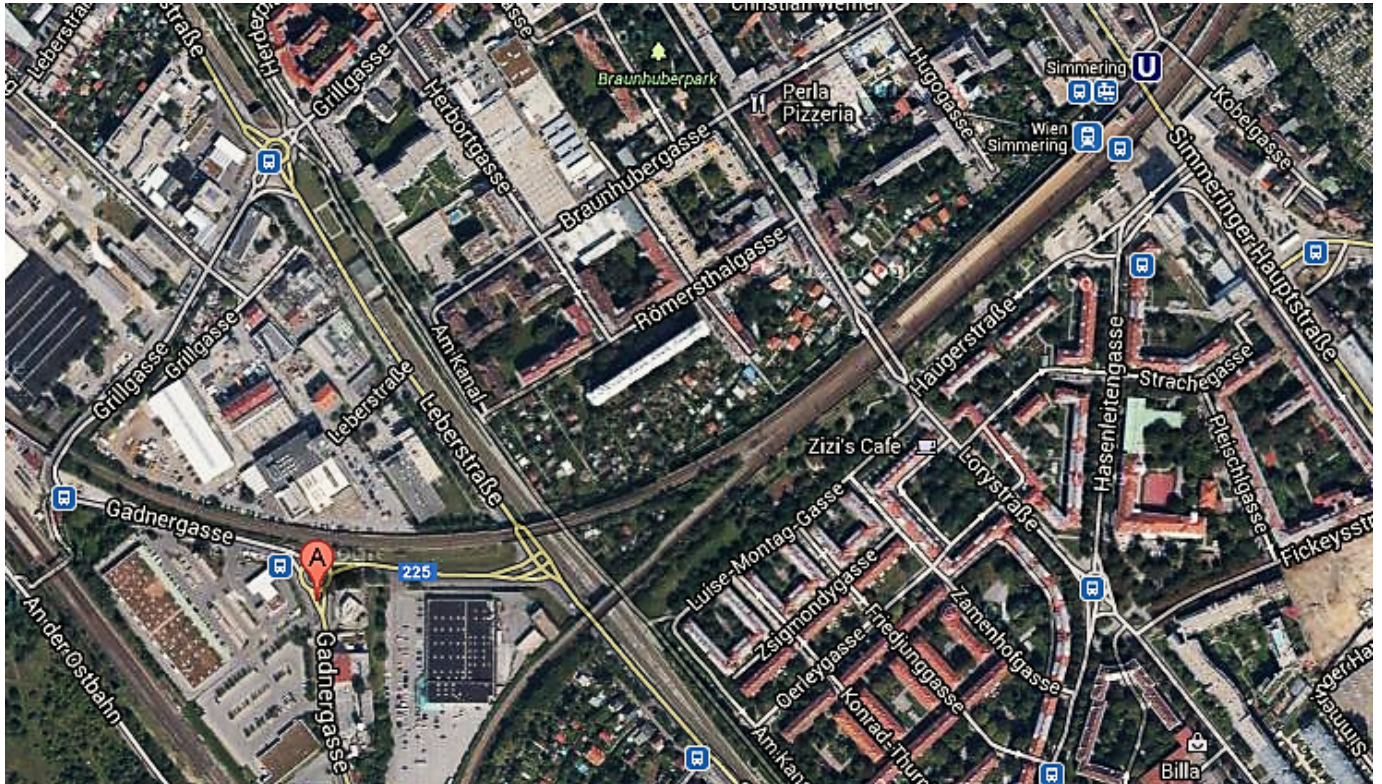


Abb.119 Lage des Kreisverkehrs an Swatoschgasse und Gadnerstraße, Wien [89]

Der Kreisverkehr befindet sich im 11ten Bezirk und wird durch Gelenkbusse der Art **MAN NG 273 LPG T4** befahren. Der Knotenpunkt weist eine unbefahrbare Mittelinsel von 10 m Radius auf. Eine Betonkreisfahrbahndecke mit Breite von 5 m und einer gepflasterte Innenring mit Breite von 2 m sind vorhanden, die zusammen mit der Mittelinsel einer Außenradius von 17 m ergeben. Die Pflasterung der Innenring ist so eben ausgeführt, dass dieser als keinen Hindernis für die Personalkraftwagen und die Busse gilt. Deswegen kann man den Kreisverkehr als einen mit 7 m breite Kreisfahrbahn annehmen. Die linksabbiegenden Verkehrsmittel, die beobachtet waren, lenken sich mit 75° von der Gerade ab. Der Kreisverkehr ist relativ stark belastet und in einem ausgezeichneten Zustand.

Die Haltestellen der öffentlichen Bussen sind am Fahrbahnrand gestaltet, wo auch Trenninseln zwischen den verschiedenen Verkehrsrichtungen gebaut sind. So bekommt den öffentlichen Verkehr Vorfahrt und die Sicherheit für die querenden Fußgänger wurde erhöht.

Die Geschwindigkeitsmessung wurde am *26.03.2013* ausgeführt. Die Videobeobachtung fand am *01.04.2013* und *02.04.2013* für insgesamt *13* Stunden statt. Es wurden *102* Gelenkbusse aufgenommen. Die Kamera war von allen Verkehrsteilnehmern relativ leicht zu bemerken. Wegen der großen Fahrbahnbreite und der Kameraposition kann man den Abstand auf das Video nur mit einer Genauigkeit von $3,5\text{ cm}$ schätzen. Die abgelesenen Daten zeigen die folgenden Verteilungen, die auf den nächsten Seiten zu finden sind.

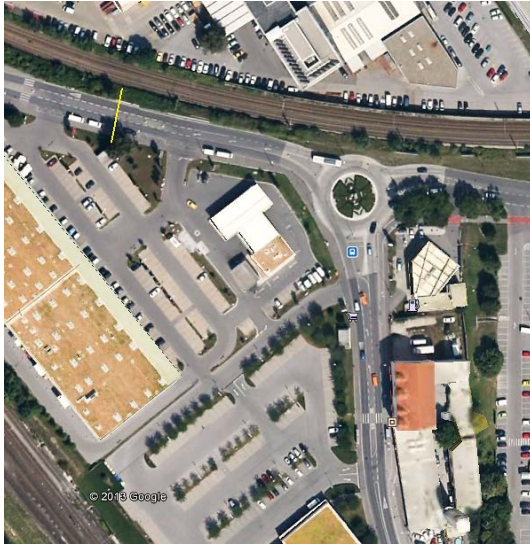


Abb.120 Querschnitt der Geschwindigkeitsmessung in der Gerade "Am Kanal"-Straße, Wien [89]

Die Geschwindigkeit in der relativen Gerade ist in einem Abstand von 72 m von der Kreisverkehr und 97 m von der nächsten Bushaltestelle gemessen, so dass diese keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit üben. Gewählt wurde die Gadnergasse. Der Querschnitt, in dem die Messungen durchgeführt sind, befindet sich unmittelbar neben Trenninseln und Parkplätzen, die zu einer Verzögerung der Bewegung im Vergleich mit den anderen beobachteten Objekten führen. Im Nordteil der Gadnergasse fährt den Verkehr auf eine Überführung und durch zahlreichen Kurven, im Südteil und auch auf der Swatoschgasse ist eine spürbare Längsneigung zu bemerken. Alle diese Voraussetzungen senken die durchschnittlichen gemessenen Geschwindigkeiten in der Gerade. Keine Geschwindigkeitsüberhöhungen kommen bei dem Objekt vor.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

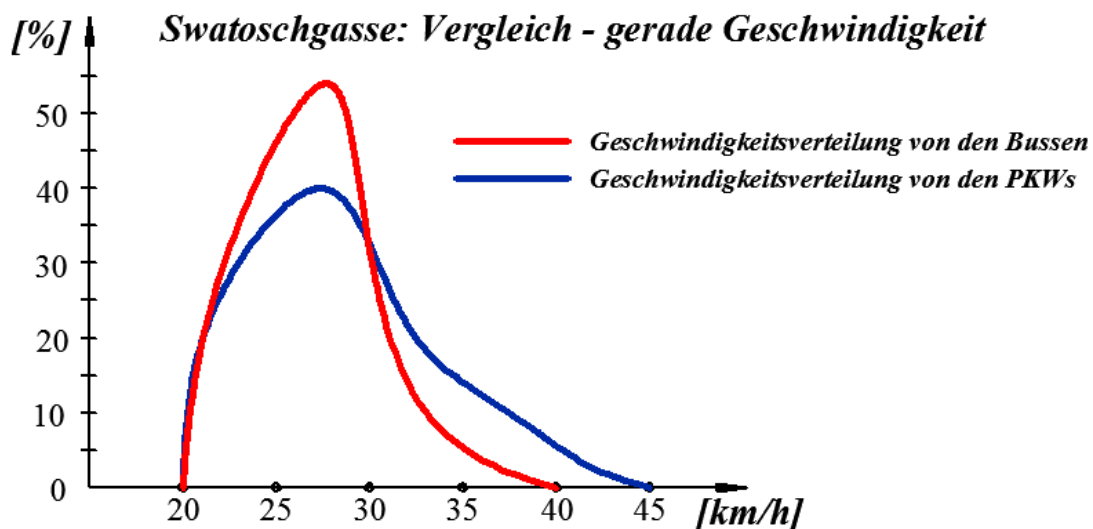


Abb.127 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Bussen und PKWs in der Gerade an Gadnerstraße, Wien [89]

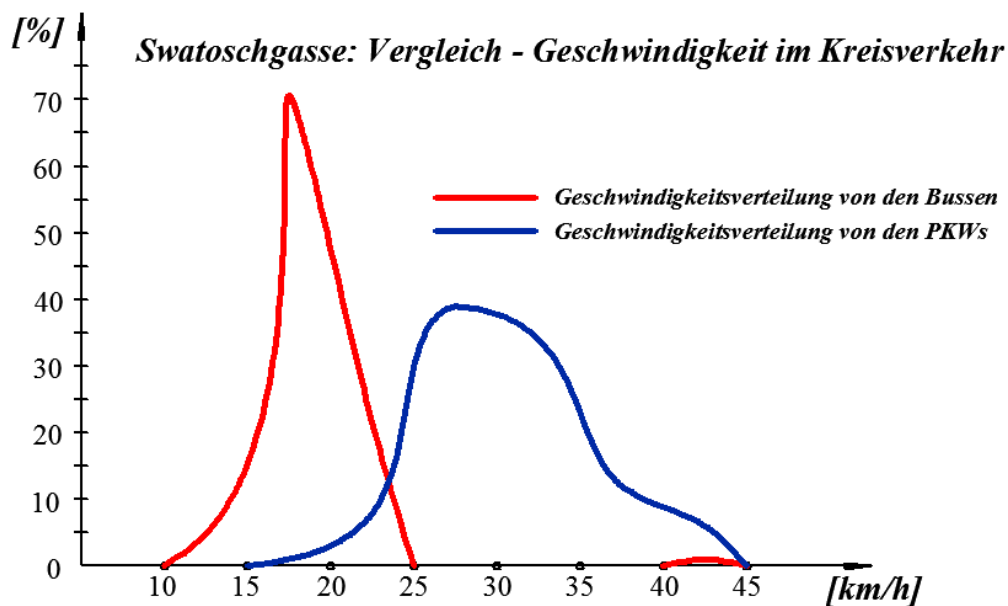


Abb.128 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Bussen und PKWs im Kreisverkehr an Gadnerstraße und Swatoschgasse, Wien [89]

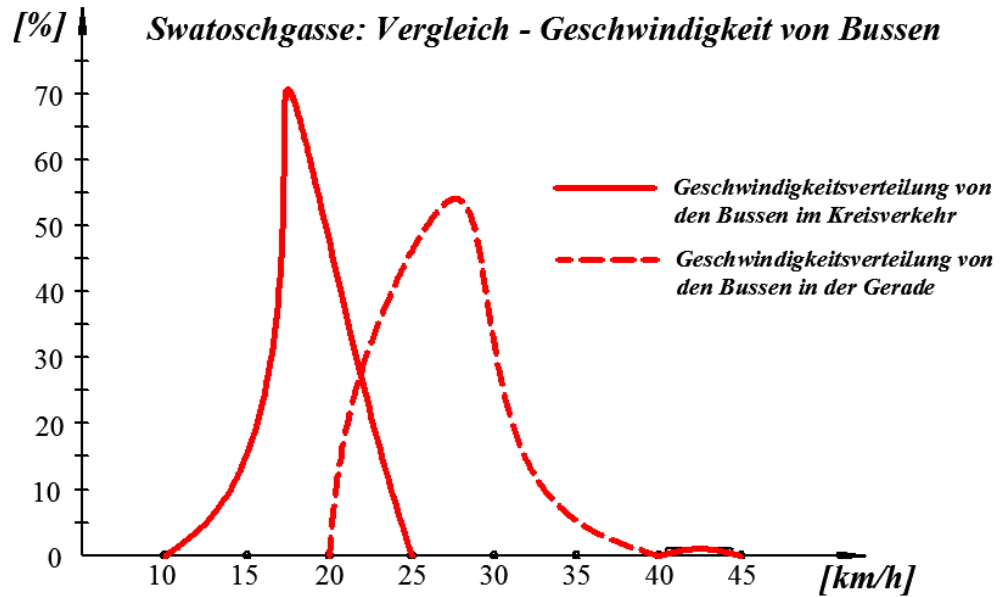


Abb.129 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von Bussen in der Gerade und im Kreisverkehr an Gadnerstraße und Swatoschgasse, Wien [89]

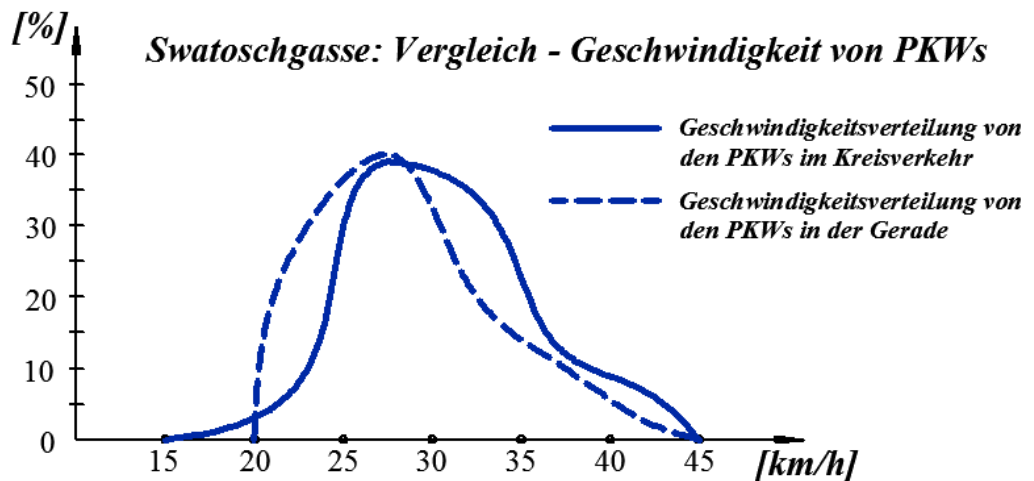


Abb.130 Vergleich der Geschwindigkeitsverteilung von PKWs in der Gerade und im Kreisverkehr an Gadnerstraße und Swatoschgasse, Wien [89]

Die letzten beiden Diagramme lassen die Schlussfolgerungen zu, dass dieser Kreisverkehr hat nicht so starke geschwindigkeitsdämpfende Wirkung. Einerseits weil die Geschwindigkeit in der relativen Gerade niedriger ist, andererseits weil der größere Radius der Insel erlaubt höhere Geschwindigkeiten im Kreisverkehr, obwohl die Kreisfahrbahn mit 1m enger ist.

❖ **Parameter der Normalverteilungen für die untersuchten Größen**

Die Normalverteilung ist eine Verteilung von einer ununterbrochenen zufällige Variable mit Funktion der Dichte [90]:

$$G(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

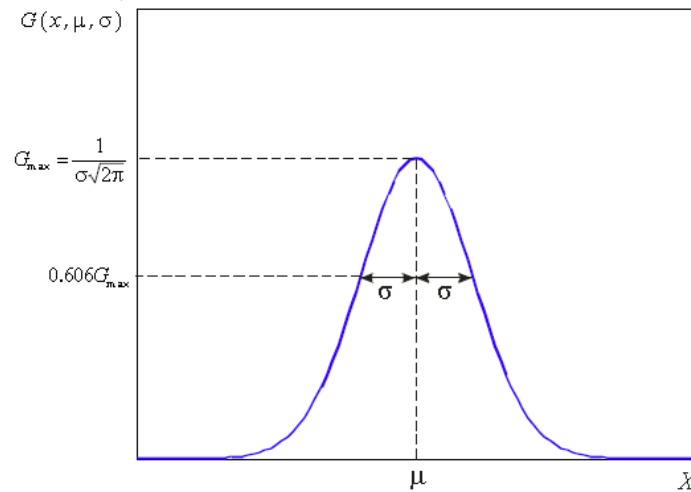


Abb.131 Bestimmung der Funktion der Dichte von einer Variable [90]

			N			μ			σ			G _{max}		
Art der Normalverteilung			WB	AG	SW	WB	AG	SW	WB	AG	SW	WB	AG	SW
Geschwindigkeitsverteilung	in der Gerade	Autobusse	50	50	50	45,75	41,99	26,59	5,63056	6,02425	3,27523	0,07085	0,06622	0,12181
		PKWs	50	50	50	49,49	51,71	28,44	7,58124	6,14456	4,96252	0,05262	0,06493	0,08039
	im Kreisverkehr	Autobusse	96	101	102	14,96	15,34	19,07	1,5313	2,2511	2,9361	0,26075	0,17722	0,13587
		PKWs	100	101	102	22,18	26,05	30,81	3,9558	4,4441	5,1111	0,10085	0,08977	0,07805
Verteilung der Breiten der Schleppkurven von Bussen			96	101	102	3,81	3,86	3,80	0,1906	0,2409	0,1818	2,09309	1,65605	2,19440
Spurverteilung	äußeres Rad	Autobusse	96	101	102	2,43	3,01	2,43	0,3571	0,6007	0,3578	1,1172	0,6641	1,115
		PKWs	100	101	102	4,37	4,8	3,52	0,4282	0,779	0,5748	0,9317	0,5121	0,6941
	inneres Rad	Autobusse	96	101	102	6,24	6,86	6,23	0,4112	0,4557	0,3431	0,9702	0,8754	1,1628
		PKWs	100	101	102	7,06	7,44	5,99	0,4307	0,779	0,5748	1,0796	0,5121	0,6941

Tabelle.13 Parameter der Normalverteilungen der Geschwindigkeiten und Schleppkurvenbreite von Bussen der ÖPNV und PKWs im Rahmen dieser Untersuchung [89]

N Anzahl der beobachteten Fahrzeuge

μ durchschnittliche Wert der Datenreihe

σ Standartabweichung

G_{max} das Maximum der Funktion der Dichte der Verteilung

WB Daten in Beziehung zum Kreisverkehr an Weißenböckstraße

AG *Daten in Beziehung zum Kreisverkehr an Agnesgasse*

SW *Daten in Beziehung zum Kreisverkehr an Swatoschgasse*

Die Breite der Schleppkurven von PKWs sind hier nicht betrachtet, denn diese sind aus die statistisch bestimmten Schablonen für ihren Schleppkurven abgelesen. Für eine vertrauenswürdige Normalverteilung braucht man mehr als 30 Elemente in der zufälligen Reihe der Variable. In dieser Untersuchung ist die Anzahl der gesammelten Daten mehrfach so viel und deswegen signifikant.

7. *Schlussfolgerungen bezüglich der Entwurfselemente des Kreisverkehrs und die Vorteile / Nachteile der Gelenkbusse im Vergleich zu den Normalbussen*

- *Radius der Mittelinsel*

Aus allen Diagrammen, die bis hier gezeigt wurden, wird klar, dass die minimale Geschwindigkeit, sowohl für Busse des öffentlichen Verkehrs, als auch für PKWs zu dem Radius der Mittelinsel proportional ist. Damit die Daten statistisch relevant sind, wählen wir nur Bereiche der Diagramme, die den gleichen Prozentanteil der gemessenen Geschwindigkeiten bei Bussen und Autos aufweisen. Der Vergleich verläuft in den so bestimmten Intervallen, wie dass in der beiliegenden Tabelle zu sehen ist.

<i>Kreisverkehr</i>	<i>% der Busse</i>	<i>% der PKWs</i>	<i>Intervall Busse [km/h]</i>	<i>Intervall PKWs [km/h]</i>
<i>Agnesgasse R= 5 m</i>	98	95	5 bis 20	15 ÷35
<i>Weißböckstraße R= 7 m</i>	72	69	12 bis 16	18 ÷26
<i>Swatoschgasse R= 10 m</i>	71	73	15 bis 20	25 ÷35

Tabelle.14 Zusammenhänge zwischen der Mittelinselradius der Kreisverkehren und der Geschwindigkeiten im Kreisverkehr [89]

Wenn man die Breite der Intervalle, in den die Geschwindigkeiten von Bussen und PKWs im Kreisverkehr schwanken, untersucht, ist es zu bemerken, dass der Unterschied zwischen Bussen und Autos wächst mit der Zunahme des Mittelinselradius. Daraus folgt, dass bei größeren Radien genießen sich die PKWs an größere Freiheit im Vergleich zu dem öffentlichen Verkehr. Die Schwankungen ergeben sich nicht nur wegen der technischen Daten der Verkehrsmittel, sondern auch wegen der Entscheidung der Fahrern, denn es ist eine Menge von Autos beobachtet, die mit den Bussen gleichen niedrigeren Geschwindigkeiten fahren. Als Folge wird aber eine geschwindigkeitsdämpfende Wirkung konstant nur bei dem Busverkehr zu erkennen. Aus dieser Sicht sind die kleinen Kreisverkehre vorteilhaft. Diese zwingen die Busse nicht (???) zu niedrigen Geschwindigkeiten, üben sich aber auch über den Autoverkehr aus.

Kreisverkehr	V_{min} Busse	V_{max} Busse	V_{min} PKWs	V_{max} PKWs	Δ_i
<i>Agnesgasse R= 5 m</i>	9,48	24,48	17,27	36,78	4,51
<i>Weißböckstraße R= 7 m</i>	11,15	17,7	14,88	33,4	11,97
<i>Swatoschgasse R= 10m</i>	14,07	24,8	19,85	44,23	13,65

Tabelle.15 Zusammenhänge zwischen der Mittelinselradius der Kreisverkehren und der Breite des Intervalls des Geschwindigkeitsverteilung im Kreisverkehr [89]

Der Radius der Mittelinsel beeinflusst nicht nur die Geschwindigkeitsverteilung, sondern auch die Spurverteilung von Bussen. Das Verhalten der Schleppkurvenbreite ist indirekt proportional dem Radius. Diese von PKWs zeigt deutlicher andere Beziehung, die weiter erklärt wird.

Kreisverkehr	B_{spur} von Bussen
<i>Agnesgasse R= 5 m</i>	3,86
<i>Weißböckstraße R= 7 m</i>	3,81
<i>Swatoschgasse R= 10m</i>	3,80

Tabelle.16 Zusammenhänge zwischen der Mittelinselradius der Kreisverkehren und der Schleppkurvenbreite von Bussen [89]

- **Winkel der Abweichung von der Gerade (Abbiegewinkel)**

Es ist keine statistisch relevante Beziehung zwischen der Geschwindigkeitsverteilung und dem Abbiegewinkel in dem Fall des personalen Verkehrs zu erkennen. Der Grund dafür liegt möglicherweise in der verschiedenen Anordnung der Objekte im Zusammenhang zu den Mittelinselradien und zu dem Abbiegewinkel. Die beiden Faktoren spielen eine Rolle bei der Wahl der Geschwindigkeit, ordnen aber die Kreisverkehre in verschiedenen Beziehungen zueinander.

Im Fall des öffentlichen Verkehrs tritt aber eine Abhängigkeit auf. Die Breite der Intervalle der Geschwindigkeitsverteilung von Bussen im Kreisverkehr ist indirekt proportional dem Abbiegewinkel. Das bedeutet, dass je größer der Abbiegewinkel ist, desto begrenzter ist der Wahl der Geschwindigkeit für Busse.

Andererseits ist es zu bemerken eine Tendenz in den Daten von der Spurverteilung von Bussen und PKWs. Je größer der Abbiegewinkel ist, desto kleiner ist die Zerstreung der Spuren. Das heißt, dass die Konzentration der letzten wächst mit der Zunahme des Winkels, wie aus der folgenden Tabelle zu erkennen ist. Außerdem weist sich der Winkel als bestimmend für die durchschnittliche Breite der Schleppkurve von PKWs in den Kreisverkehren, die in der Erhebung eingeschlossen sind.

<i>Kreisverkehr</i>	<i>Abbiegewinkel</i>	<i>Breite der Schleppkurve von PKWs</i>	<i>Intervall der Geschwindigkeiten von Bussen</i>	<i>% in der Maximum der Außenspur von Bussen</i>	<i>% in der Maximum der Außenspur von PKWs</i>
<i>Agnesgasse</i>	33°	2,39	5÷25 ($\Delta=20$ km/h)	17,8	18,8
<i>Swatoschgasse</i>	75°	2,47	10÷25 ($\Delta=15$ km/h)	26,5	23,5
<i>Weißböckstraße</i>	99°	2,69	10÷20 ($\Delta=10$ km/h)	36,5	36,5

Tabelle.17 Zusammenhänge zwischen dem Abbiegewinkel und der Breite der Intervalle der Spurverteilung und der Breite der Schleppkurven von PKWs [89]

- *Typ der Verkehrsmittel*

Die Geschwindigkeitsverteilung hängt, wie schon erwähnt, von vielen Parametern ab. Trotzdem kann man behaupten, dass die Erhebung beweist nicht, dass die Gelenkbusse langsamer als die Normalbusse in Kreisverkehren fahren. Alle beobachteten Kreisverkehre weisen Geschwindigkeiten für Busse im Kreis vor allem zwischen *15* und *20 km/h*. So gesehen, sind tatsächlich keine bedeutenden Unterschiede in den Busgeschwindigkeiten merkbar.

Angesichts der Spurverteilung sind einige Zusammenhänge deutlich, die in der folgende Tabelle beschrieben werden. Hier ist darauf Acht zu geben, dass die nichtbefahrene Breite der Kreisfahrbahn bei den Normalbussen fast doppelt größer als in den Fällen mit Gelenkbussen. Das bringt auf die Gedanken, dass die Normalbusse schneller fahren, diese Gelegenheit aber trotzdem nicht benutzen. So kann man behaupten, der Kreisverkehr unnötig breit für Normalbusse gestaltet wurde und außerdem wird es klar, die Normalbusse besitzen keine außerordentlichen Vorteile im Vergleich zu den Gelenkbussen in dem untersuchten Kreisverkehr. Das bedeutet die Gelenkbusse sind fähig die Kreisverkehre zu befahren, die von Normalbussen bedient werden, und dabei auch ohne zusätzliche Zeitverluste.

<i>Kreisverkehr</i>	<i>Bustyp</i>	<i>Nichtbefahrene Breite von der Außenrand der Fahrbahn</i>	<i>Nichtbefahrene Breite von der Innenrand der Fahrbahn</i>	<i>Intervallbreite der Spurverteilung von Bussen</i>
<i>Agnesgasse</i>	Gelenkbus	1,25	0	6,75
<i>Swatoschgasse</i>	Gelenkbus	1,25	0	5,75
<i>Weißböckstraße</i>	Normalbus	1,50	0,75	5,75

Tabelle.18 Zusammenhänge zwischen der Typ der Verkehrsmittel und der Spurverteilung (die Daten sind in [m] gegeben) [89]

Die Intervallbreite der Spurverteilung von Normalbussen ist gleich dem der Gelenkbusse bei einem Kreisverkehr mit größerem Radius der Mittelinsel und enger Fahrbahnbreite

(*Gadnerstraße / Swatoschgasse*), ist aber auch kleiner als der der Gelenkbusse mit derselben Fahrbahnbreite und kleinerem Mittelinselradius (*Rathstraße / Agnesgasse*). Das bedeutet, die komplexe Kombination von Fahrbahnbreite, Mittelinselradius und Abbiegewinkel spielt eine größere Rolle als der Bustyp allein. Gelenkbusse haben begrenzte Manöverfähigkeit. Durch die kleinere Ablenkung kann aber diese kompensiert werden. Die Ablenkung ihrerseits hängt von dem Abbiegewinkel und dem Mittelinselradius. So kann man erklären die Tatsache, dass einer Kreisverkehr mit nur 13 m Außenradius größere Freiheit für die Gelenkbusse bietet, als die anderen untersuchten Objekte.

- ***Gelenkbusse im Kreisverkehr zum Abschluss***

Aufgrund der Beobachtungen kann man sich überzeugen, den Unterschied bei der Spur- und Geschwindigkeitsverteilung von Normalbussen und Gelenkbussen ist auf keinen Fall eindeutig und durch statistischen Daten ausgeprägt. Außerdem ist zu bemerken, es sind keine Nachteile für die Gelenkbusse im Vergleich mit den Normalbussen bewiesen. Das bedeutet die heutigen Kreisverkehre, die nach den geltenden Normen gebaut sind, sind für Gelenkbusse gut geeignet und bedeuten für diese keine Hindernisse. So ist die Wahl der Art des Verkehrsmittels für den öffentlichen Personennahverkehr eine Frage der Wirtschaftlichkeit und der finanziellen Möglichkeit des Betreibers. Der Kreisverkehr bringt mit sich nur einige Anforderungen für die Lage der Bushaltestellen und natürlich die Wendemöglichkeit, wenn diese notwendig ist.

D. Resümee

Resümee

Die Entwicklung der Kreisverkehre beginnt in der USA und fällt auf fruchtbaren Boden in Europa und Afrika. Natürlich machen die Kreisel zahlreiche Änderungen durch, wie die Verkehrsmittel selbst. Endlich sind die Kreisverkehre so gestaltet, dass diese optimal für die verschiedenen Verkehrsteilnehmer geeignet sind. Außerdem entstehen mehrere Arten von Kreisverkehren, die sich besser an verschiedener Verteilung der Verkehrsströmen und verschiedene Verkehrsbelastungen anpassen.

Für die durchgesetzten Entwurfselemente der Kreisverkehre haben sich verschiedene Normen und Empfehlungen in den verschiedenen Ländern entwickelt. Die Normativen bleiben aber in ihrem wesentlichen Teil ganz ähnlich. Das wird in dieser Diplomarbeit mittels eines Vergleichs der Entwurfselemente in Österreich, Deutschland und Schweiz nachvollzogen. Die Ursache dafür ist die fahrdynamische Begründung dieser Elemente und ihre Abmessungen.

Der Kreisverkehr hat sich in der Zeit bewahren und auf der Welt verbreitet, denn dieser besitzt mehrere und wichtige Vorteile als Knotenpunktform. Die guten Sichtverhältnisse erlauben einen flüssigen Verkehrsverlauf, der seinerseits sichert die gute Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes. Dies Selbstregulieren der Verkehrsteilnehmer spart in den meisten Fällen auch zusätzlich Zeit, die sonst in Warten auf die rote Ampel vergeudet wurde. Die Vorteile enden damit aber nicht. Die Geometrie des Kreisverkehrs verursacht eine gewisse Verzögerung der Bewegung im Knotenpunkt. Daraus lohnt vor allem die Verkehrssicherheit, indem die Anzahl der Unfälle und ihre Schwere ganz deutlich abnehmen. Aus diesem Grund baut man Kreuzungen, die als Unfallhäufungspunkte erkannt werden, in Kreisverkehren um. Eine weitere positive Seite der Kreisel ist ihre Umweltfreundlichkeit. Die belasten die Luft mit niedrigen Emissionsmengen von Schadstoffen, bewahren die Nachtruhe und erlauben die Begrünung von einem großen Teil der verwendeten Flächen, wobei auch die Ortversickerung teilweise behalten wurde. Diese Flächen verwandeln sich in eine Bühne für die Kunst der städtischen Räume, die die Straßenbenutzer auch geistig überwältigt. Auch die meisten Autofahrer bewerten die Kreisverkehre positiv und genießen dabei an eine einfache Regelung und vereinfachten Verkehrssituationen dank der Trennung der Verkehrsteilnehmer. Aus wirtschaftlicher Sicht sind die Kreisverkehre vorteilhaft, weil die Baukosten für diese Straßenanlage vergleichbar mit konventionellen Kreuzungen mit der gleichen Leistungsfähigkeit sind, aber die Kosten für die Errichtung und Wartung einer Lichtsignalanlage entfallen. Die Unfallkosten bescheiden sich, weil sich einerseits die Anzahl der Unfälle vermindert und andererseits die Schwere dieser Ereignisse nimmt in Kreisverkehren bewiesen ab.

Die Kreisverkehre beweisen nicht nur positive Eigenschaften, sondern auch einige Nachteile. Diese kommen nur dann in Anwendung, wenn die Verteilung der Verkehrsstärken günstig ist und die topographischen Besonderheiten des Geländes das erlauben. Die Kreisel brauchen relativ mehr Platz im Knotenpunktbereich im Vergleich zu manchen Kreuzungen, können aber Abbiegestreifen in den Zufahrten sparen. Das ist wichtig, denn der freie Platz in bebauten Gebieten ist schon problematisch. Die Geometrie des Kreisels erschwert der Bau, die Instandhaltung, die Instandsetzung und die Schneeräumung. Aus der Form entstehen zusätzliche Anforderungen an die Straßenbaumaschinen und Schneepflüge. Die Großfahrzeugen können Schaden auf sich selbst oder auf die Straßenanlage verursachen, wenn keine Maßnahmen für das Durchfahren von diesen getroffen werden.

Deswegen hat die Erhebung in dieser Diplomarbeit zum Ziel zu untersuchen, ob die Kreisverkehre für den ÖPNV Hindernisse bedeuten. Denn der öffentlicher Verkehr ist aus wirtschaftlichen Gründen in seiner Linienführung und Verkehrsmittelwahl begrenzt, muss man die Kreisverkehre an den ÖPNV anpassen, nicht das Umgekehrte. Alle Daten haben gezeigt, dass die langen und schweren Gelenkbusse ununterscheidbar von den Normalbussen keine Schwierigkeiten bei dem Befahren der Kreisverkehre treffen. Es hat sich auch überraschend erwiesen, die Busse und die Personalwagen in dem Mini-Kreisverkehr mit nahstehenden Geschwindigkeiten fahren. Sonst beobachtet man die Bestätigung der Theorie. Die Busse fahren natürlich langsamer als die Autos, besitzen eine breitere Schleppkurve und werden auf diese Art und Weise begrenzt. Trotzdem sind da keine bemerkenswerte Unterschiede oder irgendwelche ungewünschte Nachteile für den ÖPNV ausgeprägt. Als Schlussfolgerung kann man behaupten, dass die Kreisverkehre, die nach den geltenden Normen gebaut wurden, entsprechen der Nutzen aller Verkehrsteilnehmer und auch dieser des Linienverkehrs, sogar wenn keine Beschleunigungsmaßnahmen für den ÖPNV realisiert sind.

E. Anhänge

Anhang A: Geschwindigkeiten in der Gerade - Erhebungsdaten

**Weißböckstraße/Pretschgasse:
Geschwindigkeit von Bussen – in der Gerade**

Nº	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
1	12,5	0,98	12,76	3,6	45,92
2	12,5	1,08	11,57	3,6	41,67
3	12,5	1,05	11,90	3,6	42,86
4	12,5	1,04	12,02	3,6	43,27
5	12,5	1,15	10,87	3,6	39,13
6	12,5	0,94	13,30	3,6	47,87
7	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
8	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
9	12,5	0,91	13,74	3,6	49,45
10	12,5	0,78	16,03	3,6	57,69
11	12,5	0,72	17,36	3,6	62,50
12	12,5	1,04	12,02	3,6	43,27
13	12,5	1,09	11,47	3,6	41,28
14	12,5	0,83	15,06	3,6	54,22
15	12,5	1,09	11,47	3,6	41,28
16	12,5	0,89	14,04	3,6	50,56
17	12,5	1,07	11,68	3,6	42,06
18	12,5	1,02	12,25	3,6	44,12
19	12,5	1,02	12,25	3,6	44,12
20	12,5	1,12	11,16	3,6	40,18
21	12,5	0,99	12,63	3,6	45,45
22	12,5	1,01	12,38	3,6	44,55
23	12,5	1,08	11,57	3,6	41,67

24	12,5	0,96	13,02	3,6	46,88
25	12,5	0,91	13,74	3,6	49,45
26	12,5	1,1	11,36	3,6	40,91
27	12,5	1,03	12,14	3,6	43,69
28	12,5	0,91	13,74	3,6	49,45
29	12,5	0,97	12,89	3,6	46,39
30	12,5	1	12,50	3,6	45,00
31	12,5	1,08	11,57	3,6	41,67
32	12,5	0,85	14,71	3,6	52,94
33	12,5	0,73	17,12	3,6	61,64
34	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
35	12,5	1,14	10,96	3,6	39,47
36	12,5	1,07	11,68	3,6	42,06
37	12,5	1,1	11,36	3,6	40,91
N_e	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
38	12,5	1,03	12,14	3,6	43,69
39	12,5	0,94	13,30	3,6	47,87
40	12,5	1,33	9,40	3,6	33,83
41	12,5	1,07	11,68	3,6	42,06
42	12,5	0,98	12,76	3,6	45,92
43	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
44	12,5	0,9	13,89	3,6	50,00
45	12,5	1,19	10,50	3,6	37,82
46	12,5	0,85	14,71	3,6	52,94
47	12,5	1,02	12,25	3,6	44,12
48	12,5	0,88	14,20	3,6	51,14
49	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
50	12,5	1,19	10,50	3,6	37,82

**Weissenböckstraße/Pretschgasse:
Geschwindigkeit von Pkws – in der Gerade**

N_e	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
1	12,5	1,05	11,90	3,6	42,86
2	12,5	1,29	9,69	3,6	34,88
3	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
4	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37

5	12,5	1,17	10,68	3,6	38,46
6	12,5	1,01	12,38	3,6	44,55
7	12,5	0,99	12,63	3,6	45,45
8	12,5	0,85	14,71	3,6	52,94
9	12,5	1,02	12,25	3,6	44,12
10	12,5	0,6	20,83	3,6	75,00
11	12,5	0,78	16,03	3,6	57,69
12	12,5	0,8	15,63	3,6	56,25
13	12,5	0,91	13,74	3,6	49,45
14	12,5	0,87	14,37	3,6	51,72
15	12,5	1,01	12,38	3,6	44,55
16	12,5	0,92	13,59	3,6	48,91
17	12,5	1,01	12,38	3,6	44,55
18	12,5	0,81	15,43	3,6	55,56
19	12,5	0,78	16,03	3,6	57,69
№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
20	12,5	1	12,50	3,6	45,00
21	12,5	1,08	11,57	3,6	41,67
22	12,5	0,83	15,06	3,6	54,22
23	12,5	0,74	16,89	3,6	60,81
24	12,5	0,73	17,12	3,6	61,64
25	12,5	1,02	12,25	3,6	44,12
26	12,5	0,93	13,44	3,6	48,39
27	12,5	1,22	10,25	3,6	36,89
28	12,5	0,83	15,06	3,6	54,22
29	12,5	0,87	14,37	3,6	51,72
30	12,5	0,84	14,88	3,6	53,57
31	12,5	1,23	10,16	3,6	36,59
32	12,5	0,95	13,16	3,6	47,37
33	12,5	1,03	12,14	3,6	43,69
34	12,5	0,93	13,44	3,6	48,39
35	12,5	0,72	17,36	3,6	62,50
36	12,5	0,87	14,37	3,6	51,72
37	12,5	0,81	15,43	3,6	55,56
38	12,5	1,11	11,26	3,6	40,54
39	12,5	1,04	12,02	3,6	43,27
40	12,5	1,01	12,38	3,6	44,55
41	12,5	0,87	14,37	3,6	51,72
42	12,5	0,97	12,89	3,6	46,39
43	12,5	0,72	17,36	3,6	62,50
44	12,5	0,9	13,89	3,6	50,00

45	12,5	0,97	12,89	3,6	46,39
46	12,5	0,81	15,43	3,6	55,56
47	12,5	1,05	11,90	3,6	42,86
48	12,5	0,84	14,88	3,6	53,57
49	12,5	0,96	13,02	3,6	46,88
50	12,5	0,85	14,71	3,6	52,94

***Agnesgasse/Rathstraße: Geschwindigkeit von
Bussen – in der Gerade***

<i>Nº</i>	<i>Strecke [m]</i>	<i>Zeit [s]</i>	<i>[m/s]</i>	<i>Umwandlung (????)</i>	<i>Geschwindigkeit</i>
1	24	2,35	10,21	3,6	36,77
2	24	1,51	15,89	3,6	57,22
3	24	2,21	10,86	3,6	39,10
4	24	2,13	11,27	3,6	40,56
5	24	2,39	10,04	3,6	36,15
6	24	1,87	12,83	3,6	46,20
7	24	2,46	9,76	3,6	35,12
8	24	1,76	13,64	3,6	49,09
9	24	2,37	10,13	3,6	36,46
10	24	1,56	15,38	3,6	55,38
11	24	2,31	10,39	3,6	37,40
12	24	1,92	12,50	3,6	45,00
13	24	2,07	11,59	3,6	41,74
14	24	1,95	12,31	3,6	44,31
15	24	2,28	10,53	3,6	37,89
16	24	1,9	12,63	3,6	45,47
17	24	2,47	9,72	3,6	34,98
18	24	2,37	10,13	3,6	36,46
19	24	2,05	11,71	3,6	42,15
20	24	1,69	14,20	3,6	51,12
21	24	1,61	14,91	3,6	53,66

22	24	2,34	10,26	3,6	36,92
23	24	2,14	11,21	3,6	40,37
24	24	2,45	9,80	3,6	35,27
25	24	2,18	11,01	3,6	39,63
26	24	1,9	12,63	3,6	45,47
27	24	2,66	9,02	3,6	32,48
28	24	2,11	11,37	3,6	40,95
29	24	2,25	10,67	3,6	38,40
30	24	1,72	13,95	3,6	50,23
31	24	2,32	10,34	3,6	37,24
32	24	1,97	12,18	3,6	43,86
33	24	2,14	11,21	3,6	40,37
34	24	1,8	13,33	3,6	48,00
35	24	2,27	10,57	3,6	38,06
36	24	1,85	12,97	3,6	46,70
37	24	2,26	10,62	3,6	38,23
№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
38	24	2,33	10,30	3,6	37,08
39	24	1,76	13,64	3,6	49,09
40	24	2,02	11,88	3,6	42,77
41	24	2,27	10,57	3,6	38,06
42	24	2,14	11,21	3,6	40,37
43	24	2,25	10,67	3,6	38,40
44	24	1,9	12,63	3,6	45,47
45	24	2,52	9,52	3,6	34,29
46	24	1,85	12,97	3,6	46,70
47	24	2,29	10,48	3,6	37,73
48	24	1,53	15,69	3,6	56,47
49	24	2,2	10,91	3,6	39,27
50	24	2,19	10,96	3,6	39,45

**Agnegasse/Rathstraße: Geschwindigkeit von
Pkws – in der Gerade**

№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
1	24	1,44	16,67	3,6	60,00

2	24	1,53	15,69	3,6	56,47
3	24	2,04	11,76	3,6	42,35
4	24	1,5	16,00	3,6	57,60
5	24	1,86	12,90	3,6	46,45
6	24	1,74	13,79	3,6	49,66
7	24	1,71	14,04	3,6	50,53
8	24	1,49	16,11	3,6	57,99
9	24	1,84	13,04	3,6	46,96
10	24	1,81	13,26	3,6	47,73
11	24	1,79	13,41	3,6	48,27
12	24	1,63	14,72	3,6	53,01
13	24	1,35	17,78	3,6	64,00
14	24	2,1	11,43	3,6	41,14
15	24	1,53	15,69	3,6	56,47
16	24	1,8	13,33	3,6	48,00
17	24	2,18	11,01	3,6	39,63
18	24	2,29	10,48	3,6	37,73
№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
19	24	1,65	14,55	3,6	52,36
20	24	1,73	13,87	3,6	49,94
21	24	2,09	11,48	3,6	41,34
22	24	1,75	13,71	3,6	49,37
23	24	2,22	10,81	3,6	38,92
24	24	1,79	13,41	3,6	48,27
25	24	1,52	15,79	3,6	56,84
26	24	1,57	15,29	3,6	55,03
27	24	1,68	14,29	3,6	51,43
28	24	1,44	16,67	3,6	60,00
29	24	1,76	13,64	3,6	49,09
30	24	1,65	14,55	3,6	52,36
31	24	1,51	15,89	3,6	57,22
32	24	1,55	15,48	3,6	55,74
33	24	1,73	13,87	3,6	49,94
34	24	1,66	14,46	3,6	52,05
35	24	1,55	15,48	3,6	55,74
36	24	1,41	17,02	3,6	61,28
37	24	1,47	16,33	3,6	58,78
38	24	1,76	13,64	3,6	49,09
39	24	1,66	14,46	3,6	52,05
40	24	1,6	15,00	3,6	54,00
41	24	1,72	13,95	3,6	50,23

42	24	1,79	13,41	3,6	48,27
43	24	1,54	15,58	3,6	56,10
44	24	1,51	15,89	3,6	57,22
45	24	1,77	13,56	3,6	48,81
46	24	1,75	13,71	3,6	49,37
47	24	1,71	14,04	3,6	50,53
48	24	1,31	18,32	3,6	65,95
49	24	1,63	14,72	3,6	53,01
50	24	1,69	14,20	3,6	51,12

**Swatoschgasse/Gadnergasse: Geschwindigkeit
von Bussen – in der Gerade**

No	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
1	20	3	6,67	3,6	24,00
2	15	2,52	5,95	3,6	21,43
3	15	2,11	7,11	3,6	25,59
4	15	2,3	6,52	3,6	23,48
5	15	2,43	6,17	3,6	22,22
6	15	2,47	6,07	3,6	21,86
7	15	2,35	6,38	3,6	22,98
8	15	1,93	7,77	3,6	27,98
9	15	2,3	6,52	3,6	23,48
10	15	2,39	6,28	3,6	22,59
11	15	2,07	7,25	3,6	26,09
12	15	2,32	6,47	3,6	23,28
13	15	2,21	6,79	3,6	24,43
14	15	2,07	7,25	3,6	26,09
15	15	2,05	7,32	3,6	26,34
16	15	2,12	7,08	3,6	25,47
17	15	2,32	6,47	3,6	23,28
18	15	2,37	6,33	3,6	22,78
19	15	2,13	7,04	3,6	25,35

20	15	2,22	6,76	3,6	24,32
21	15	2,55	5,88	3,6	21,18
22	15	2,47	6,07	3,6	21,86
23	15	2,34	6,41	3,6	23,08
24	15	2	7,50	3,6	27,00
25	15	1,9	7,89	3,6	28,42
26	15	1,95	7,69	3,6	27,69
27	15	1,85	8,11	3,6	29,19
28	15	2,01	7,46	3,6	26,87
29	15	2	7,50	3,6	27,00
30	15	1,93	7,77	3,6	27,98
31	15	1,82	8,24	3,6	29,67
32	15	1,73	8,67	3,6	31,21
33	15	1,97	7,61	3,6	27,41
34	15	1,82	8,24	3,6	29,67
35	15	2,04	7,35	3,6	26,47
36	15	2,05	7,32	3,6	26,34
37	15	1,85	8,11	3,6	29,19
№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
38	15	1,76	8,52	3,6	30,68
39	15	2	7,50	3,6	27,00
40	15	1,78	8,43	3,6	30,34
41	15	2,04	7,35	3,6	26,47
42	15	1,81	8,29	3,6	29,83
43	15	1,73	8,67	3,6	31,21
44	15	1,93	7,77	3,6	27,98
45	15	1,49	10,07	3,6	36,24
46	15	2,06	7,28	3,6	26,21
47	15	2,02	7,43	3,6	26,73
48	15	1,59	9,43	3,6	33,96
49	15	1,86	8,06	3,6	29,03
50	15	1,76	8,52	3,6	30,68

**Swatoschgasse/Gadnergasse: Geschwindigkeit
von Pkws – in der Gerade**

№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
1	15	1,66	9,04	3,6	32,53
2	15	2,61	5,75	3,6	20,69
3	15	2,04	7,35	3,6	26,47
4	15	1,93	7,77	3,6	27,98
5	15	2,23	6,73	3,6	24,22
6	15	1,99	7,54	3,6	27,14
7	15	1,38	10,87	3,6	39,13
8	15	2,56	5,86	3,6	21,09
9	15	2,18	6,88	3,6	24,77
10	15	1,84	8,15	3,6	29,35
11	15	1,84	8,15	3,6	29,35
12	15	2,67	5,62	3,6	20,22
13	15	1,94	7,73	3,6	27,84
14	15	2,25	6,67	3,6	24,00
15	15	2,23	6,73	3,6	24,22
16	15	2,41	6,22	3,6	22,41
17	15	1,66	9,04	3,6	32,53
18	15	1,65	9,09	3,6	32,73
№	Strecke [m]	Zeit [s]	[m/s]	Umwandlung (????)	Geschwindigkeit
19	15	1,73	8,67	3,6	31,21
20	15	2,2	6,82	3,6	24,55
21	15	1,92	7,81	3,6	28,13
22	15	1,96	7,65	3,6	27,55
23	15	1,86	8,06	3,6	29,03
24	15	1,94	7,73	3,6	27,84
25	15	1,37	10,95	3,6	39,42
26	15	2,35	6,38	3,6	22,98
27	15	2,11	7,11	3,6	25,59
28	15	2,08	7,21	3,6	25,96
29	15	1,79	8,38	3,6	30,17
30	15	2,25	6,67	3,6	24,00
31	15	1,97	7,61	3,6	27,41
32	15	1,71	8,77	3,6	31,58
33	15	1,91	7,85	3,6	28,27
34	15	1,97	7,61	3,6	27,41
35	15	1,81	8,29	3,6	29,83
36	15	2,55	5,88	3,6	21,18
37	15	1,33	11,28	3,6	40,60
38	15	1,77	8,47	3,6	30,51

39	15	2,35	6,38	3,6	22,98
40	15	1,73	8,67	3,6	31,21
41	15	1,87	8,02	3,6	28,88
42	15	1,8	8,33	3,6	30,00
43	15	1,55	9,68	3,6	34,84
44	15	1,51	9,93	3,6	35,76
45	15	2,13	7,04	3,6	25,35
46	15	2,08	7,21	3,6	25,96
47	15	1,36	11,03	3,6	39,71
48	15	2,2	6,82	3,6	24,55
49	15	1,95	7,69	3,6	27,69
50	15	1,53	9,80	3,6	35,29

E. Anhänge

Anhang B: Geschwindigkeits- und Spur- verteilungen im Kreisverkehr - Erhe- bungsdaten

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

E. Anhänge

Anhang C: Fahrzeugspläne der Gelenk- busse [51]

Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.
Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.

E. Verzeichnis

Literaturverzeichnis

- [1] <http://www.wabweb.net/verkehr/frames/kreisf.htm>: *Es geht rund*, 2009
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kreisverkehr> : *Kreisverkehr*
- [3] Wolfgang Mensebach : *Straßenverkehrstechnik*, Düsseldorf, 1994
- [4] Wolfgang Rauh : *Das Fahrrad im Verkehr*, Mödling, 1990
- [5] *Radverkehrsplanung von A bis Z*, Ede, 1995
- [6] <http://bettercities.net/images/15588/columbus-circle-1921> : *When pedestrians ruled the streets*
- [7] Gerd Steierwald : *Stadtverkehrsplanung*, Berlin, 2005

- [8] Gemeinsame Ad-Hoc-Arbeitsgruppe FGSV-VÖV : *Öffentlicher Personennahverkehr und Verkehrsberuhigung*, 1990
- [9] hrsg. von SNV, Studienges. Nahverkehr mbH, Berlin : *ÖPNV 2000*, Bielefeld, 1990
- [10] Uwe Köhler : *Verkehr - Straße, Schiene, Luft*, Berlin, 2001
- [11] Klaus Schäfer-Breede : *Tempo 30 durch Straßengestaltung*, Wiesbaden, 1987
- [12] <http://www.emsdettenervolkszeitung.de/lokales/emsdetten/Frage-20-Kreisverkehre-Warum-gibt-es-verschiedene-Vorfahrtsregelungen;art954,1005667> : *Frage 20: Kreisverkehre - Warum gibt es verschiedene Vorfahrtsregelungen?*
- [13] Wolfgang Mensebach : *Straßenverkehrsplanung, Straßenverkehrstechnik*, Düsseldorf, 2004
- [14] Klaus Füsser : *Stadt, Straße und Verkehr – Ein Einstieg in die Verkehrsplanung*, Braunschweig, 1997
- [15] Wilhelm Kolks, Joachim Fiedler : *Verkehrswesen in der kommunalen Praxis, Band 1*, Berlin, 2003
- [16] Dieter Lohse : *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2*, Berlin, 1997
- [17] <http://www.wearesuperfamous.com/2008/06/columbus-circle-then-now/> : *Columbus Circle, Then & Now*
- [18] Stephanie Hauser, Michael Meschik : *Mitteilungen des Instituts für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien, Heft 29 – Verschiedene Aspekte der Bepflanzung in städtischen und dörflichen Straßenräumen*, Wien, 1996
- [19] Sabine Bernart : *Entsiegelung von Verkehrsflächen*, Dortmund, 1993
- [20] Peter Felber : *Kreisverkehrsanlagen in der Steiermark*, Graz, 2007
- [21] Günter Weise, Walter Durth : *Straßenbau – Planung und Entwurf*, Berlin, 1997
- [22] Günter Wolf, Wolfgang Pietzsch : *Straßenplanung*, Düsseldorf, 2005
- [23] *Verkehrs(un)sicherheit*, Dortmund, 1989
- [24] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr : *RVS 3.44 plangleiche Knoten – Kreisverkehr*, Wien, Mai 2001
- [25] Amt der Oberösterreichischen Landesregierung : *Standards für Kreisverkehre an öö. Landesstraßen (Merkblatt – Juni 2007)*
- [26] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitskreis Kreisverkehre : *Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren*, Köln, 2006

- [27] Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Freie und Hansestadt Hamburg : *Planungshinweise für Stadtstraßen, Teil 5 Knotenpunkte, II Kreisverkehre*, Hamburg, 2008
- [28] Tiefbauamt Graubünden : *Richtlinie Kreisel, Anordnung und Gestaltung*, Januar 2005
- [29] Baudirektion Kanton Zürich und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich : *Kreiselrichtlinie Kanton Zürich*, Zürich, März 2008
- [30] Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt / Staatsstrassen : *Ergänzende Richtlinien zur Norm ``Knoten mit Kreisverkehr``*, Glattbrugg, Mai 2003
- [31] Baudepartement Kanton Aargau, Abteilungen Verkehr und Tiefbau : *Empfehlungen Kreisverkehrsplätze*, Aargau, Schweiz, Juni 2004
- [32] Tomaž Tollazzi, Marko Renčelj, Sašo Turnšek : *Turbo Roundabouts – Slovenian Experiences*, Maribor, Slovenia
- [33] инж. Огнян Ников : *Организация на движението в съвременните кръгови кръстовища*, София
- [34] инж. Огнян Ников : *Пътна сигнализация и маркировка в кръговите кръстовища*, София
- [35] инж. Огнян Ников : *Пропускателна способност на кръговите кръстовища – определени, изчислителни методи и приложение. Вариант за кръгово кръстовище на пл. „Македония“, гр. София*, София
- [36] Dipl.-Ing. Achim Kapp : *Standards für die Radverkehrsplanung, Empfehlungen des Rhein-Erft-Kreises*, Bergheim, Oktober 2007
- [37] [http://www.hp-krings.de/pdf/6. Unterrichtseinheit Verkehrsmengen.pdf](http://www.hp-krings.de/pdf/6_Unterrichtseinheit_Verkehrsmengen.pdf) : *Straßen nach ihrer Verwendung*
- [38] http://www.enzsignale.ch/online_shop_de.cfm?mod Shop_detail produkte=1521
- [39] Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Borislav Hristov : *Vorlesungen im Studienfach Städtebau, Stadtverkehr und Straßen*, Sofia, 2011
- [40] Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Blab : *LVA 233.030 Straßenwesen, Kapitel 2 Straßenverkehrstechnik*, Sofia, 2010
- [41] Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. M. Hoffman : *Vorlesungen im Studienfach Straßenplanung und –projektionierung*, Sofia, WS 2010/2011
- [42] M. Känzig : *Schleppkurven*, Zürich, 1981
- [43] Michael Meschik : *Simulation von Schleppkurven verschiedener Fahrzeuge*, Wien, 1992
- [44] <http://rollerreiner.org/Fahrdynamik.htm> : *Fahrdynamische Begriffe*
- [45] http://de.wikipedia.org/wiki/Fahrphysik_%28Auto%29 : *Fahrphysik*

- [46] Стойко Тодоров : *Развитие на общественя пътнически транспорт в гр. София*, София, 2012
- [47] Heinrich Zukal : *Lösungsansätze im öffentlichen Personennahverkehr*, Wien, 1993
- [48] [http://xover.mud.at/~tramway/stvkr-a-wiki/index.php/Type MAN NG 243 LPG %28Wien%29](http://xover.mud.at/~tramway/stvkr-a-wiki/index.php/Type%20MAN%20NG%20243%20LPG%20%28Wien%29) : *Type MAN NG 243 LPG (Wien)*
- [49] [http://xover.mud.at/~tramway/stvkr-a-wiki/index.php/Type MAN NG 273 LPG %28Wien%29](http://xover.mud.at/~tramway/stvkr-a-wiki/index.php/Type%20MAN%20NG%20273%20LPG%20%28Wien%29) : *Type MAN NG 273 LPG (Wien)*
- [50] [http://xover.mud.at/~tramway/stvkr-a-wiki/index.php/Type MAN NG 273 LPG T4 %28Lion%27s City%29](http://xover.mud.at/~tramway/stvkr-a-wiki/index.php/Type%20MAN%20NG%20273%20LPG%20T4%20%28Lion%27s%20City%29) : *Type MAN NG 273 LPG T4 (Lion's City)*
- [51] <http://www.fpdwl.at/fahrzeuge/autobus.php> : *Fahrzeuge*
- [52] http://www.zazzle.com/old_postcard_paris_arc_de_triomphe-239400305294632426
- [53] http://info-trip.com/wp-content/uploads/2012/04/arc_de_triomphe_-_view_from_the_eiffel_tower.jpg
- [54] <http://schefer.kulturpixel.de/bildverzeichnis/laube-art3-burgtheater-wien-michaelerplatz-1880.htm>
- [55] <http://home.fotocommunity.de/entner/index.php?id=15516&d=23529031>
- [56] http://www.avtora.com/news/nowini/stara_sofiya_wizh_ploshtad_aleksandur_newski_prez_godinite : „*Стара София*“: *Виж площад „Александър Невски“ през годините!*
- [57] http://www.frognews.bg/news_48545/Plevneliev_shte_pochete_100-godishninata_na_hram-pametnik_Sv_Aleksandar_Nevski/ : *Плевнелиев ще почете 100-годишнината на храм-паметник "Св. Александър Невски"*
- [58] http://et.wikipedia.org/wiki/Pilt:Swindon_Magic_Roundabout_db.png
- [59] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kreisverkehr> : *Kreisverkehr*
- [60] <http://www.rorise.com/blog/2010/09/turbo-roundabouts/> : *Turbo Roundabouts*
- [61] http://www.schoener-reisen.at/Bildergalerie/details.php?image_id=21765&sessionid=ab30c236ee4ff8b25c833001186e83d2
- [62] <http://www.augsburger-allgemeine.de/guenzburg/Die-Bahnbruecke-ist-schuld-id8437821.html> : *Die Bahnbrücke ist schuld*
- [63] <http://www.kunst-fuer-alle.de/deutsch/kunst/kuenstler/kunstdruck/panorama-media-%28f1-online%29/12145/1/80513/nanpu-bridge.-shanghai-bei-nacht/index.htm>
- [64] <http://blog.ende-styra.de/?p=1187> : *Kreisverkehr Extrem*

- [65] <http://www.rad-spannerei.de/blog/category/general/page/13/> : *Europäische Union will Schutzzölle auf Fahrräder aus China um fünf Jahre verlängern*
- [66] Gerd Sammer, Juliane Stark : *Vertiefung Straßen- und Eisenbahnwesen, Verkehrssteuerung*, Universität für Bodenkultur Wien, SS 2012
- [67] http://fotowettbewerb.hispeed.ch/seo/photo/655222/kreisverkehr/kreisverkehr_lichtspuren_auto_lichter_nacht_verkehr.html
- [68] www.besove.com : *Бургаските шофьори газят, пешеходците по зебри бягат*
- [69] http://www.nw-news.de/owl/kreis_minden_luebbecke/luebbecke/luebbecke/?em_cnt=4590288 : *Farbenprächtige Mini-Welt*
- [70] <http://www.lanaserv.de/html/pages/Kreisverkehr%20bei%20London%20UK.htm>
- [71] http://www.gardenideas.com/landscaping/landscaping_mulching.html : *“Mulching is as simple as 1-2-3-4” from Country Gardens*
- [72] http://www.upps.at/shop/product_info.php?info=p2067_Vorwegweiser-2---53-13a.html&XTCsid=52281f35b1a38ba4691b212dc5eb1259
- [73] <http://www.vw-bulli.de/no-cache/de/news/nachrichten/nachrichten-detailansicht/article/kreisverkehr-als-hindernis.html> : *Kreisverkehr als Hindernis?*
- [74] http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Kreisverkehr_der_Blumenstadt_M%C3%B6ssingen.jpg : *Blumenstadt Mössingen*
- [75] <http://www.kleinezeitung.at/tirol/lienz/2849995/alle-wollen-kreisel-weiter-blueht.story> : *Alle wollen, dass der Kreisel weiter blüht*
- [76] [http://hvp.at/66373/?tx_ttnews\[year\]=2010&tx_ttnews\[month\]=10&tx_ttnews\[day\]=07&tx_ttnews\[ttnews\]=64111&cHash=e7dfbde0ac6cec39aedc8e7575a518b](http://hvp.at/66373/?tx_ttnews[year]=2010&tx_ttnews[month]=10&tx_ttnews[day]=07&tx_ttnews[ttnews]=64111&cHash=e7dfbde0ac6cec39aedc8e7575a518b) : *Eröffnung Bahnhofplatz*
- [77] <http://www.ruhrnachrichten.de/lokales/witten/Nicht-alle-Wittener-Kreisverkehre-sind-Hingucker;art939,1377939> : *Nicht alle Wittener Kreisverkehre sind Hingucker*
- [78] <http://www.wirsiegen.de/2012/11/kreisel-in-bueschergrund-bepflanzt-heimatverein-setzt-ueber-1000-pflanzen/> : *Kreisel in Büschergrund bepflanzt – Heimatverein setzt über 1000 Pflanzen*
- [79] <http://www.dauchingen.de/,Lde/Startseite/Aktuelles/Der+Fruehling+ist+da.html> : *Der Frühling ist da*
- [80] http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Fougeres_Kreisverkehr.jpg
- [81] <http://www.schmid-gartenpflanzen.de/forum/index.php/t/1670/0/>
- [82] <http://www.general-anzeiger-bonn.de/lokales/region/Neuer-Kreisel-in-Bad-Neuenahr-Ahrweiler-loest-sich-in-seine-Bestandteile-auf-article86004.html> : *Neuer Kreisel in Bad Neuenahr-Ahrweiler löst sich in seine Bestandteile auf*
- [83] <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1007050> : *Neckenmarkt*

- [83] http://www.kunstimkreisverkehr.de/bildergalerie_kunst_im_kreis/index.php : *Kunst im Kreisverkehr*
- [84] <http://www.flickr.com/photos/55637921@N00/3832610273>
- [85] <http://jr849.de/allgemein/jr-fragt-nach-betreten-eines-kreisverkehrs/> : *JR fragt nach – Betreten eines Kreisverkehrs*
- [86] <http://www.strassenbahnforum.de/viewtopic.php?f=24&t=760>
- [87] <http://bus-tram-at-forum.phpbb8.de/reportagen-osterreich-f101/vorarlberg-und-liechtenstein-vom-2012-t504.html> : *Vorarlberg und Liechtenstein vom 04.-12.11.2012*
- [88] <http://www.swk.de/Die-SWK-Gruppe/Presse-Informationen/PresseCenter/Foto-Archiv/Bus-Bahn>
- [89] Selbstgemachte Photoaufnahmen, Videoaufnahmen, Zählungen und Messungen
- [90] <http://elearning-phys.uni-sofia.bg/~vgi/Lecture11.pdf> : *Нормално (Гаусово) разпределение*