

Einfluss von Fußgängern auf den Verkehrsablauf an kleinen einstreifigen Kreisverkehrsplätzen

Autoren / Authors:

Christoph Hubberten ¹

Johannes Schlaich MBA (USQ) ²

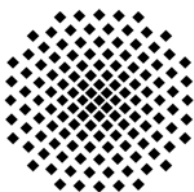
Markus Friedrich ²

Verfasseranschrift ¹: Wagenburgstr. 150a
70186 Stuttgart
mail: c.hubberten@gmx.de

Verfasseranschrift ²: Universität Stuttgart,
Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik,
Seidenstraße 36
70174 Stuttgart
Email: vorname.nachname@isv.uni-stuttgart.de

Veröffentlicht in / Published in:

Hubberten, C., Schlaich, J., Friedrich, M. (2009): Einfluss von Fußgängern auf kleine einstreifige Kreisverkehrsplätze, Straßenverkehrstechnik, Heft 11, S. 638-642, Kirschbaum Verlag, Bonn.



Universität Stuttgart
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik
www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/

Einfluss von Fußgängern auf den Verkehrsablauf an kleinen einstreifigen Kreisverkehrsplätzen

Influence of Pedestrians on the traffic flow of small single-lane Roundabouts

Dipl.-Ing. Christoph Hubberten ¹

Dipl.-Ing. Johannes Schlaich MBA (USQ) ²

Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich ²

Verfasseranschrift ¹: Wagenburgstr. 150a
70186 Stuttgart
Telefon: 0711-4708758
Email: c.hubberten@gmx.de

Verfasseranschrift ²: Universität Stuttgart,
Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik,
Seidenstraße 36
70174 Stuttgart
Telefon: 0711-685-82480
Email: vorname.nachname@isv.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

Fußgänger können die Qualität des Verkehrsablaufs an kleinen Kreisverkehrsplätzen maßgeblich beeinflussen. Bis jetzt existieren jedoch keine anerkannten Berechnungsverfahren, die diesen Einfluss bei der Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs berücksichtigen. Der Beitrag stellt die Ergebnisse einer Untersuchung vor, in der Grenz- und Folgezeitlücken für den Begegnungsfall Kfz – Fußgänger aus Videobeobachtungen abgeleitet werden. Unter Nutzung der so ermittelten Zeitlücken werden mit Hilfe einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation die Wirkungen unterschiedlicher Belastungssituationen analysiert.

Abstract

Pedestrians can influence the level of service of small single-lane roundabouts. Until now no acknowledged method considers this influence when determining the level of service. This paper presents the results of a study which derives gap times and follow-up times from video observations for cars yielding for pedestrians. These gap times are

then used in a microscopic traffic flow simulation to analyse the impacts of various demand situations.

Keywords: Fußgänger, Kreisverkehr, Kapazität, Zeitlücke, HBS

1 Einleitung

Die Bedeutung von Kreisverkehrsplätzen hat in den letzten Jahren in Deutschland stark zugenommen. Der Wunsch von Bürgern und Kommunen neue Kreisverkehrsplätze einzurichten, führt dabei auch zum Bau von Kreisverkehrsplätzen, bei denen es regelmäßig über längere Zeiträume zu Rückstauerscheinungen kommt (Buchholz, 2007). Häufige Ursache für die Überlastungen ist der Kfz-Verkehr, so dass sich die Forschungen auf den Begegnungsfall Kfz - Kfz bei der Einfahrt auf die Kreisfahrbahn konzentrieren (vgl. z.B. Hueber et al., 2007).

Allerdings zeigen gerade innerstädtische Kreisverkehrsplätze, dass auch Fußgänger die Kapazität von Kreisverkehrsplätzen erheblich beeinflussen können, sofern die Fußgängerbelastung besonders hoch ist. Während das Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (FGSV, 2001) für die Kapazität einer Zufahrt einen Abminderungsfaktor in Abhängigkeit der Fußgängerbelastung vorsieht, gibt es für die Ausfahrten kein formalisiertes Berechnungsverfahren. Das Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) verweist an dieser Stelle auf „Rechenprogramme für den Computer“. Brilon & Wu (2008) stellen in ihrer Veröffentlichung zur aktualisierten Kapazitätsberechnung von Kreisverkehren ebenfalls fest, dass es für die Kapazität der Ausfahrten von Kreisverkehrsplätzen in Deutschland weder für den Fall ohne Fußgänger noch für den Fall mit Fußgängern wissenschaftlich anerkannte Untersuchungen gibt. In der Schweiz gibt es dagegen Angaben zur Leistungsfähigkeit von Ausfahrten in Abhängigkeit von querenden Fußgängern (VSS, 2006), die auf theoretischen Ansätzen von Griffith (1981) basieren.

Dieser Mangel in Deutschland war Anlass für eine Analyse des Einflusses von Fußgängern auf kleine, einstreifige Kreisverkehrsplätze (Hubberten, 2008). Diese teilt sich in zwei Teile:

1. Empirische Analyse der Grenzzeit- und Folgezeitlücken
2. Mikroskopische Verkehrsflusssimulation verschiedener Szenarien

Im ersten Teil werden die Grenzzeitlücke und die Folgezeitlücke für den Begegnungsfall Kfz – Fußgänger in den Ausfahrten empirisch mit Hilfe von Videoaufnahmen ermittelt. Daraus lässt sich die Kapazität einer Ausfahrt in Abhängigkeit der querenden Fußgänger ermitteln.

Im zweiten Teil zeigen drei mit mikroskopischer Verkehrsflusssimulationen untersuchte Szenarien, wie Fußgänger die Verlustzeiten für den Kfz-Verkehr beeinflussen. Insbesondere werden dabei auch die Wechselwirkungen zwischen den Kreisverkehrsarmen untersucht, die nach dem Berechnungsverfahren im HBS getrennt voneinander betrachtet werden.

2 Empirische Untersuchung

2.1 Untersuchungsmethodik

Die Untersuchung erfolgt mit Hilfe von handelsüblichen Videokameras des Typs „MINI DV“, die eine nachträgliche Auswertung der Aufzeichnungen mit einer Genauigkeit von 0,04 s erlauben.

Die ausgewählten Kreisverkehrsplätze (vgl. Bild 1) haben einen Außendurchmesser von 30-35 m und zeichnen sich durch eine hohe Belastung mit Fußgängern und Kfz in den Spitzenzeiten aus.

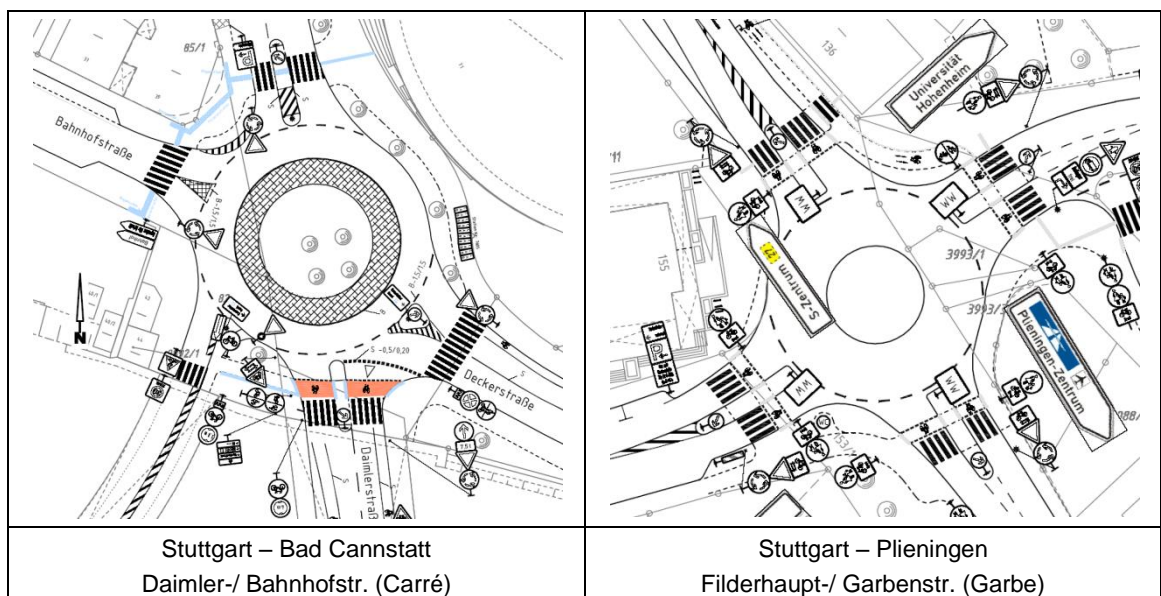


Bild 1: Untersuchte Kreisverkehrsplätze in Stuttgart (Bildquelle: Tiefbauamt Stuttgart).

Es werden zwei Arten von Zeitlücken gemessen:

- Die *Bruttozeitlücke* von dem Betreten der Fahrbahn eines Fußgängers bis zum Betreten der Fahrbahn des folgenden Fußgängers. Dabei werden nur die Lücken erfasst, die mindestens ein Fahrzeug zur Durchfahrt nutzt. Voraussetzung für die Verwendbarkeit der Zeitlücke ist eine ständige Nachfrage an der Ausfahrt, d.h. es werden nur Zeitlücken berücksichtigt, nach deren Ende mindestens ein weiteres Fahrzeug die Kreisfahrbahn verlassen will.
- Zur Ermittlung der *Folgezeitlücke* wird die Zeit zwischen zwei Fahrzeugen gemessen, die dieselbe Lücke im Fußgängerstrom nutzen. Auch hier wird die Bruttozeitlücke (vgl. Siegloch, 1973) gemessen, d.h. die Zeit zwischen dem Überfahren der Bezugslinie (Vorderrad auf Fußgängerüberweg) durch das erste Fahrzeug bis zum Überfahren der Linie durch das folgende Fahrzeug.

2.2 Ermittlung der Grenzzeitlücke t_g und der Folgezeitlücke t_f

Im Rahmen der Untersuchung konnten insgesamt 187 Zeitlücken zwischen Fußgängern ermittelt werden (vgl. Tabelle 1). Davon gehen die 184 Zeitlücken in die weitere Auswertung ein, bei denen die Zahl der Kfz, die die Lücke zwischen zwei Fußgängern nutzen, bei ein bis vier Fahrzeugen liegt. Für die Lücken mit mehr als 5 Fahrzeugen liegen nur so wenige Messungen vor, dass sie für Auswertungen nicht verwendet werden können.

Eine Verwendung der empirischen Regressionstheorie (wie z.B. in Hueber et al., 2007) ist aufgrund zu seltener Situationen mit gleichzeitigem Rückstau vor der Ausfahrt und Fußgängeraufkommen nicht möglich.

Kreisverkehr	Durchmesser [m]	Ausfahrten	untersuchte Ausfahrten	ausgewertete Zeit [min]	gemessene Zeitlücken [Anzahl]
Stuttgart – Bad Cannstatt Daimler-/ Bahnhofstr. (Carré)	35	5	Daimlerstr. Nord	320	148
			Bahnhofstr. West		22
Stuttgart – Plieningen Filderhaupt-/ Garbenstr. (Garbe)	30	4	Filderhauptstr. Nord	90	17

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Kreisverkehrsplätze.

Bild 2 zeigt die Messwerte aller Ausfahrten. Wie von Siegloch (1973) vorgeschlagen werden zuerst die Messwerte für jede Anzahl von Fahrzeugen (1 bis 4) gemittelt. Erst dann wird eine lineare Regression mit den Mittelwerten durchgeführt. Würde man die Regression mit den gemessenen Werten durchführen, würden die naturgemäß häufiger vorkommenden Werte mit einer kleinen Anzahl Kfz das Ergebnis maßgeblich bestimmen, während die seltener gemessenen Lücken mit mehr als zwei Fahrzeugen kaum ins Gewicht fallen würden.

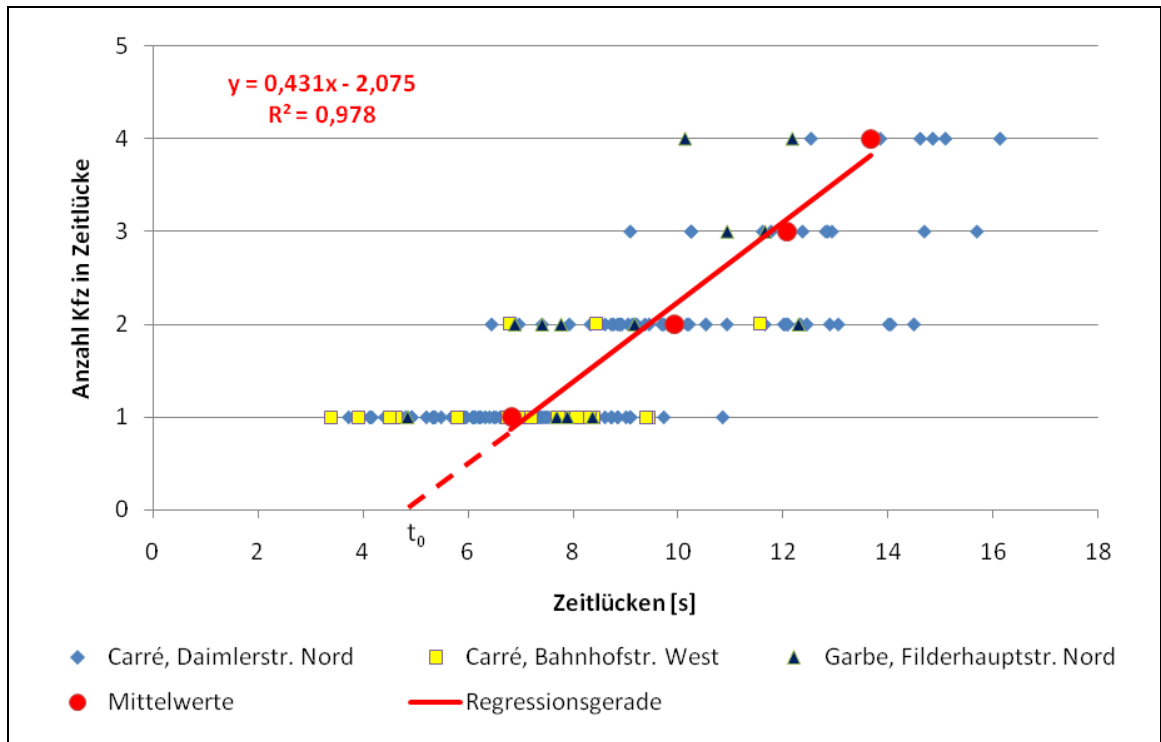


Bild 2: Darstellung der Messwerte und eine lineare Regression durch die Mittelwerte.

Die Ermittlung der *Grenzzeitlücke* t_g erfolgt analog zu den in Siegloch (1973) und Lindenmann et al. (2004) diskutierten Verfahren mit den folgenden Schritten:

1. Bestimmung der Nullzeitlücke t_0 :
Die Nullzeitlücke ist nach ihrer Definition die Lücke im Hauptstrom, die von keinem Fahrzeug in erster Position des untergeordneten Stromes angenommen wird. Sie entspricht dem Achsabstand auf der x-Achse der Regressionsgeraden und beträgt für die beobachteten Werte 4,8 s.
2. Bestimmung der mittleren Zeitlücke für ein Fahrzeug:
Dieser Wert kann entweder direkt aus den Messwerten oder aus der Regressionsgeraden ermittelt werden. Diese Werte liegen in einem ähnlichen Bereich bei 6,8 s bzw. 7,1 s. Im Folgenden wird der auf der sicheren Seite liegende Wert von 7,1 s verwendet, um bei der statistischen Unsicherheit aufgrund von nur zwei untersuchten Kreisverkehrsplätzen die Kapazität nicht zu überschätzen.
3. Bestimmung der Grenzzeitlücke:
Die Grenzzeitlücke t_g ergibt sich als Mittelwert zwischen der Nullzeitlücke und der mittleren Zeitlücke für ein Fahrzeug. Mit den obigen Werten folgt daraus eine Grenzzeitlücke von 6,0 s.

Die *Folgezeitlücke* t_f wird in der Literatur gelegentlich als Kehrwert der Steigung der Regressionsgeraden ermittelt (hier: 2,32 s). Dies berücksichtigt allerdings nicht, dass die Messpunkte, aus denen die Regressionsgerade entsteht, für eine verschiedene Anzahl von Folgezeitlücken stehen. Je mehr Kfz eine Lücke genutzt haben, desto mehr

Folgezeitlücken gibt es in diesem Strom. Daher wird die Folgezeitlücke direkt aus den Videomessungen als Median der Messwerte zu 2,7 s ermittelt und damit wiederum der auf der sicheren Seite liegende Wert gewählt. Dieser Wert entspricht dem in Hueber et al. (2007) genannten Wert für die Folgezeitlücke für das Einfahren in die Kreisfahrbahn ohne Fußgänger, was für den Verkehrsteilnehmer ein durchaus vergleichbares Fahrmanöver darstellt.

2.3 Pulkungsfaktor

Die Verteilung der Fußgänger, die den Fußgängerüberweg queren, kann einen erheblichen Einfluss auf die Kapazität der Ausfahrt haben. Es macht einen Unterschied, ob die Fußgänger die Ausfahrt alle einzeln überqueren, oder ob sie in Gruppen gemeinsam gehen. Somit ist die Verkehrsstärke der gezählten Fußgänger allein nicht ausreichend, vielmehr sollte aus der Pulkung der Fußgänger eine kapazitätsrelevante maßgebende Belastung bestimmt werden.

Das Verhältnis der Anzahl an Fußgängergruppen, die aus einem oder mehreren gemeinsam querenden Fußgängern bestehen, zu der Gesamtanzahl an Fußgängern ergibt einen Faktor f_{Pulkung} , mit dem sich die maßgebende Fußgängerbelastung aus der absoluten, gezählten Anzahl an Fußgängern ermitteln lässt:

$$f_{\text{Pulkung}} = \frac{N_{\text{Gruppen}}}{N_{\text{Fußgänger}}}$$

mit

f_{Pulkung}	Faktor für die maßgebende Fußgängerbelastung	[-]
$N_{\text{Fußgänger}}$	Anzahl Fußgänger im Beobachtungszeitraum	[Fg]
N_{Gruppen}	Anzahl Fußgängergruppen im Beobachtungszeitraum	[Fg]

Ausfahrt	Datum	Zeit [min]	Fußgänger [Fg]	Fußgänger [Fg/h]	Gruppen [Anzahl]	f_{Pulkung} [-]
Carré, Daimlerstr. Nord	10.07.08	60	603	603	443	0,73
	02.09.08	60	664	664	471	0,71
	11.09.08	40	450	675	338	0,75
Carré, Bahnhofstr. West	10.07.08	60	439	439	335	0,76
	02.09.08	60	480	480	372	0,78
	11.09.08	40	305	458	232	0,76
Garbe, Filderhauptstr. Nord	16.07.08	45	204	272	127	0,62
Gesamt		365	3.145		2.318	0,74

Tabelle 2: Faktoren f_{Pulkung} für die maßgebende Fußgängerbelastung an den untersuchten Ausfahrten

Wie Tabelle 2 zeigt, liegen die Faktoren f_{Pulkung} an den Ausfahrten des Kreisverkehrsplatzes Carré zwischen 0,71 und 0,78. Am Kreisverkehr Garbe liegt der Faktor niedriger, was sich mit einer stärkeren Gruppenbildung der Fußgänger aufgrund einer naheliegenden Haltestelle der Stadtbahn erklären lässt. Die Unterschiede zeigt auch ein Vergleich der Fußgängerbelastungen über die Zeit an den beiden untersuchten Kreisverkehrsplätzen (Bild 3 und Bild 4).

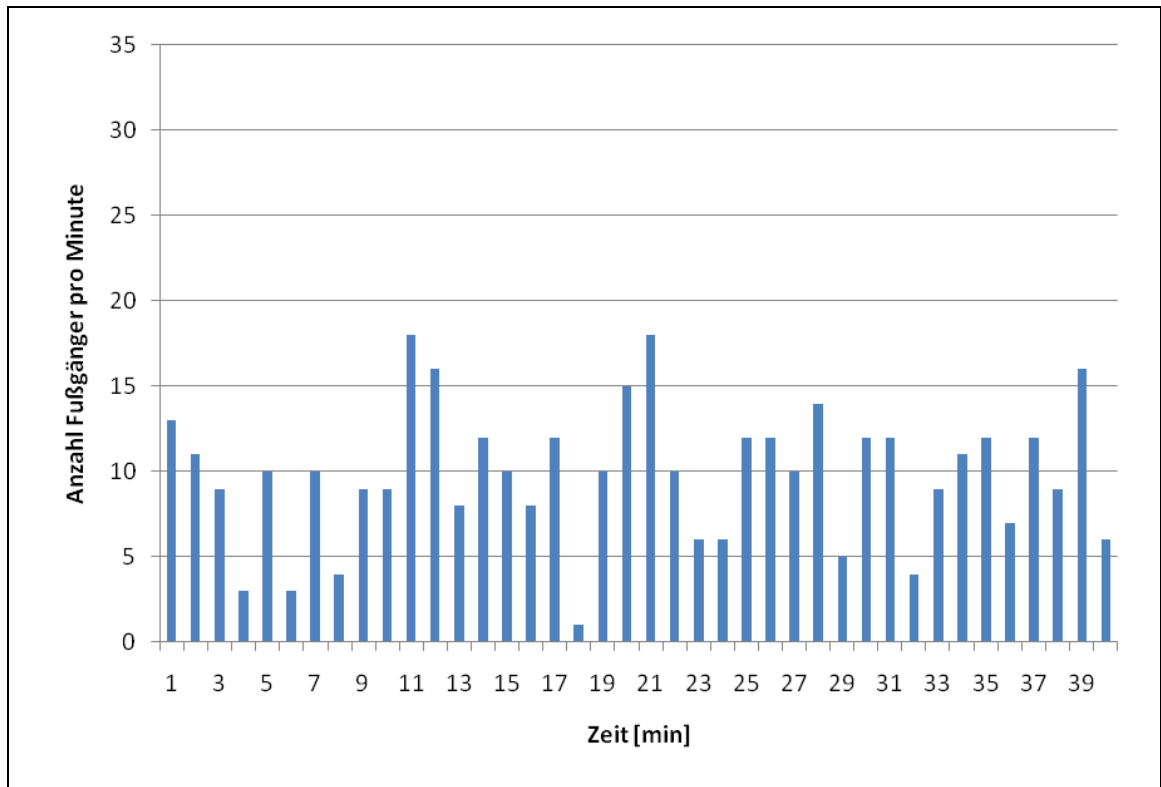


Bild 3: Verteilung der Fußgänger an der Ausfahrt Daimlerstraße Nord am Kreisverkehr Carré (Pulkungsfaktor $f_{\text{Pulkung}} = 0,76$)

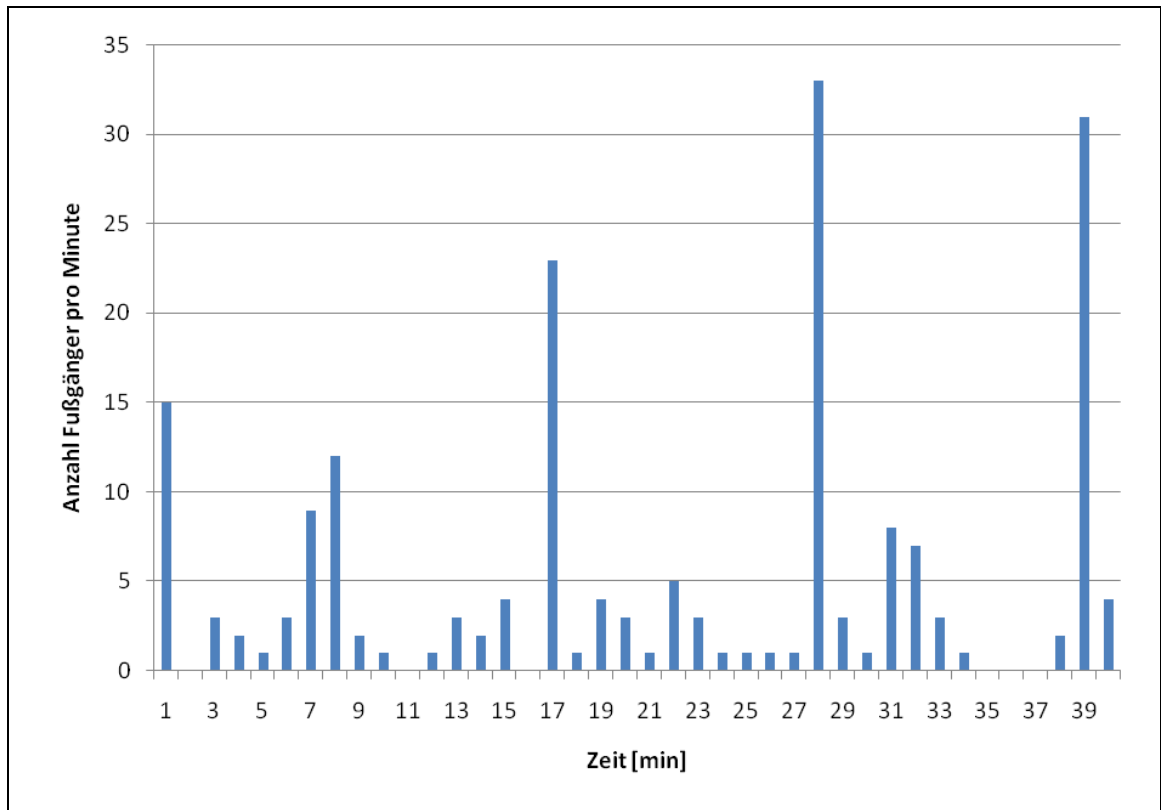


Bild 4: Verteilung der Fußgänger an der Ausfahrt Filderhauptstraße Nord am Kreisverkehr Garbe ($f_{\text{Pulkung}} = 0,62$)

Für die Planungspraxis kann man daraus für gewöhnliche innerstädtische Kreisverkehrsplätze überschlägig ableiten, dass die gezählte Fußgängerbelastung zur Ermittlung der maßgebenden Belastung mit einem Pulkungsfaktor von 0,8 zu multiplizieren ist. Durch die Aufrundung des am Kreisverkehr Carré gemessenen mittleren Faktors von 0,75 auf 0,8 wird die Gefahr verringert, die Fußgängerbelastung bei der Kapazitätsberechnung zu unterschätzen und damit die Leistungsfähigkeit zu überschätzen.

Bei Kreisverkehrsplätzen mit sehr unregelmäßiger Verteilung der Fußgängerbelastung (z.B. in der Nähe einer Haltestelle oder einer Schule, vgl. Bild 4) ist eine Abschätzung des Faktors f_{Pulkung} nur schwer möglich, so dass hier eine Zählung der Fußgängergruppen bzw. eine mikroskopische Verkehrsflusssimulation empfehlenswert ist.

Die Daten basieren nur auf der Untersuchung von zwei Kreisverkehrsplätzen, weitere empirische Untersuchungen dieser Werte wären wünschenswert.

2.4 Kapazität einer Kreisverkehrsausfahrt

Zur Berechnung der Kapazität einer Kreisverkehrsausfahrt in Abhängigkeit der Fußgängerbelastung werden die ermittelten Werte für t_g und t_f in die im HBS 2001 veröffentlichte Formel für vorfahrtsgerichtete Knotenpunkte eingesetzt. Danach errechnet sich die Grundkapazität G eines untergeordneten Stromes nach:

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

mit

G	Grundkapazität	[Pkw/h]
q_{Fg}	maßgebende Hauptstrombelastung (hier Fußgänger)	[Fg/h]
t_f	Folgezeitlücke	[s]
t_g	Grenzzeitlücke	[s]

Das Ergebnis ist eine Kurve (Bild 5), die den Zusammenhang zwischen der Kapazität der Ausfahrt und der maßgebenden Fußgängerbelastung darstellt. Der Verlauf der Kurve liegt im Bereich der Schweizer Norm.

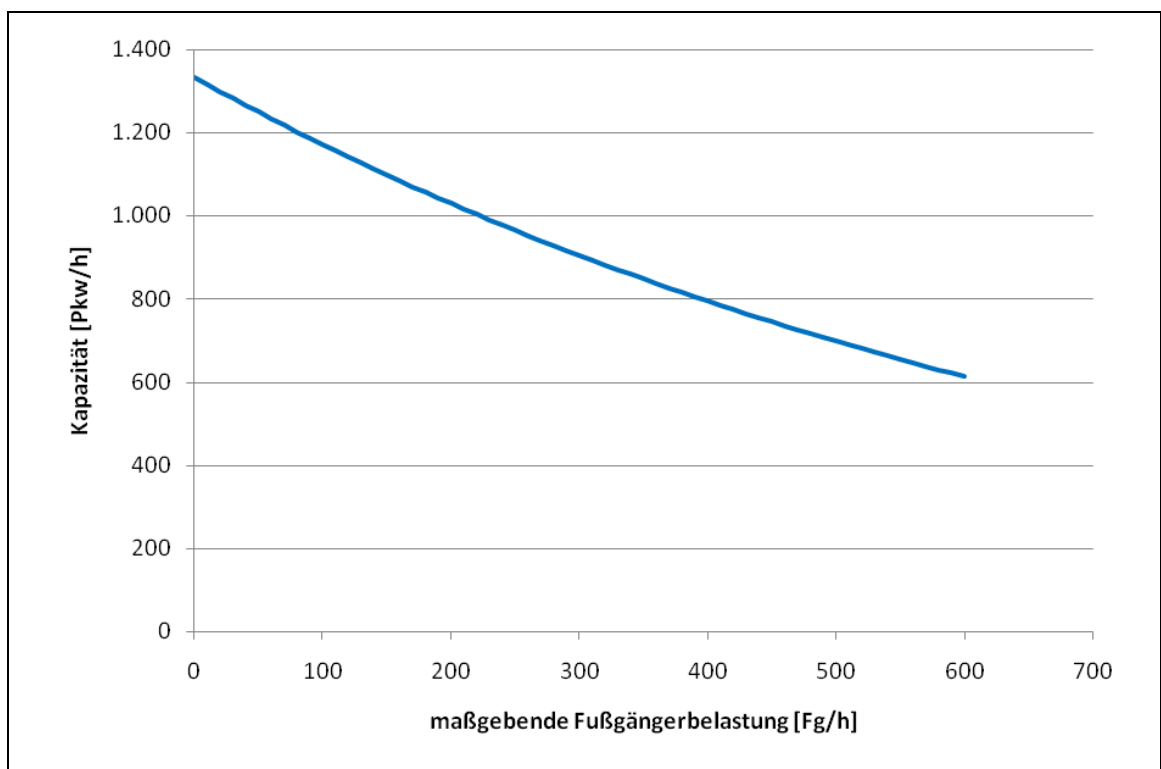


Bild 5: Kapazität einer Kreisverkehrsausfahrt in Abhängigkeit der maßgebenden Fußgängerbelastung

Aus der Kurve ergibt sich für die Kapazität einer Kreisverkehrausfahrt ohne Fußgängerbelastung ein Wert von rund 1.300 Pkw/h. Dieser Wert liegt in dem im HBS angegebenen, geometrieabhängigen Bereich von 1.200 bis 1.400 Pkw-E/h.

3 Simulation

3.1 Simulationsaufbau

Um die Auswirkungen der Fußgänger für unterschiedliche Belastungssituationen zu analysieren, wird ein mikroskopisches Verkehrsflussmodell mit VISSIM (PTV, 2007) aufgebaut. Der Analyse wird ein fiktiver einstreifig befahrbarer Kreisverkehr mit einem Außendurchmesser von 30 m und vier gleichmäßig verteilten Ein- und Ausfahrten zugrunde gelegt. An allen vier Armen werden in den Ein- und Ausfahrten Fußgängerüberwege angelegt, die ca. 5 m von der Kreisfahrbahn abgerückt sind.

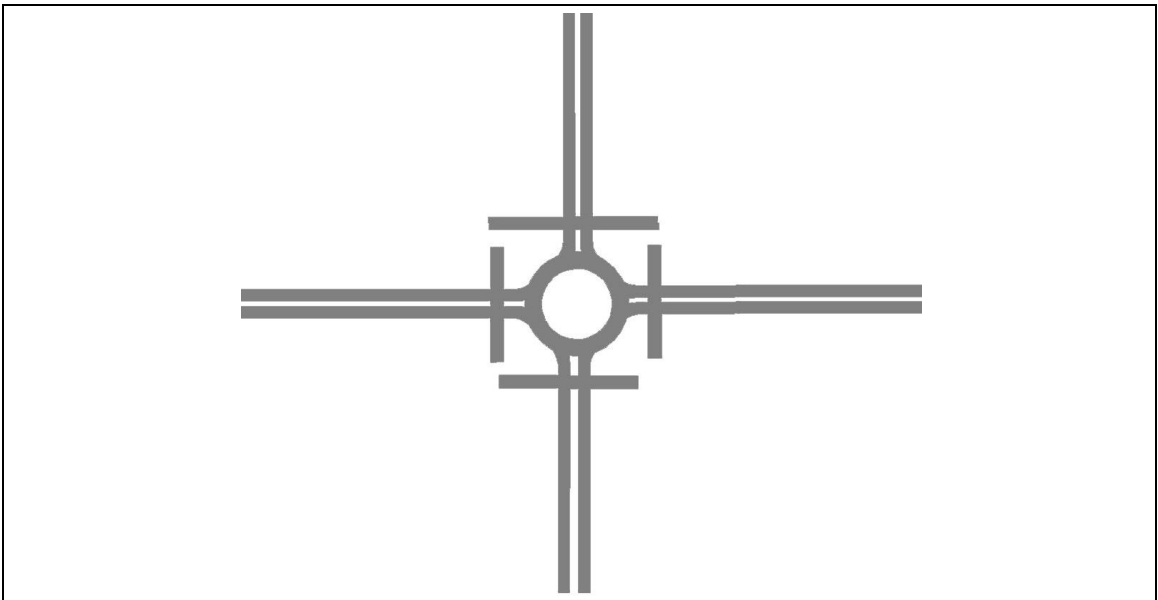


Bild 6: Topologie des simulierten Kreisverkehrs

Der in der Simulation angenommene Schwerverkehrsanteil beträgt 2 % und die Wunschgeschwindigkeitsverteilung auf freier Strecke 48 – 58 km/h. Für die Fußgänger wird in Anlehnung an Weidmann (1992) eine Wunschgeschwindigkeitsverteilung von 3,5 – 5,5 km/h verwendet. Die Geschwindigkeit der zufahrenden Kfz wird in zwei Stufen verringert, ebenso beschleunigen ausfahrende Fahrzeuge wieder in zwei Schritten auf ihre normale Wunschgeschwindigkeit.

Um den Kreisverkehr ohne Fußgängereinfluss zu kalibrieren, werden zunächst die aktuellen Forschungsergebnisse von Brilon & Wu (2008) sowie Hueber et al. (2007)

herangezogen. Der Fußgängereinfluss wird dann mit der in Bild 5 dargestellten Kapazitätskurve aus der empirischen Erhebung kalibriert.

Allen im Folgenden vorgestellten Szenarien liegt eine konstante Kfz-Belastung zugrunde. Je Zufahrt fahren 400 Kfz/h zu, von denen jeweils 30 % rechts, links und geradeaus fahren. 10 % der Fahrzeuge wenden. Es wird also eine normale Belastung am Knotenpunkt simuliert, die ohne Fußgänger eine gute Qualität des Verkehrsablaufs ergibt. Bei einem hochbelasteten Kreisverkehr würden die Verlustzeiten entsprechend früher ansteigen.

3.2 Szenario 1: Variation der Fußgängerbelastung

Im ersten Szenario wird bei gleichbleibender Kfz-Belastung die Anzahl der Fußgänger an den Knotenpunktarmen schrittweise erhöht. Dabei wird die Fußgängerbelastung gleichmäßig auf alle vier Knotenarme verteilt, so dass an jeder Aus- bzw. Einfahrt gleich viele Fußgänger die Fahrbahn queren.

Die Fußgängerbelastung wird ausgehend von 0 Fg/h schrittweise bis auf 1.600 Fg/h für den gesamten Kreisverkehr erhöht. Für jeden Knotenpunktarm ergibt sich damit eine Höchstbelastung von 400 Fg/h.

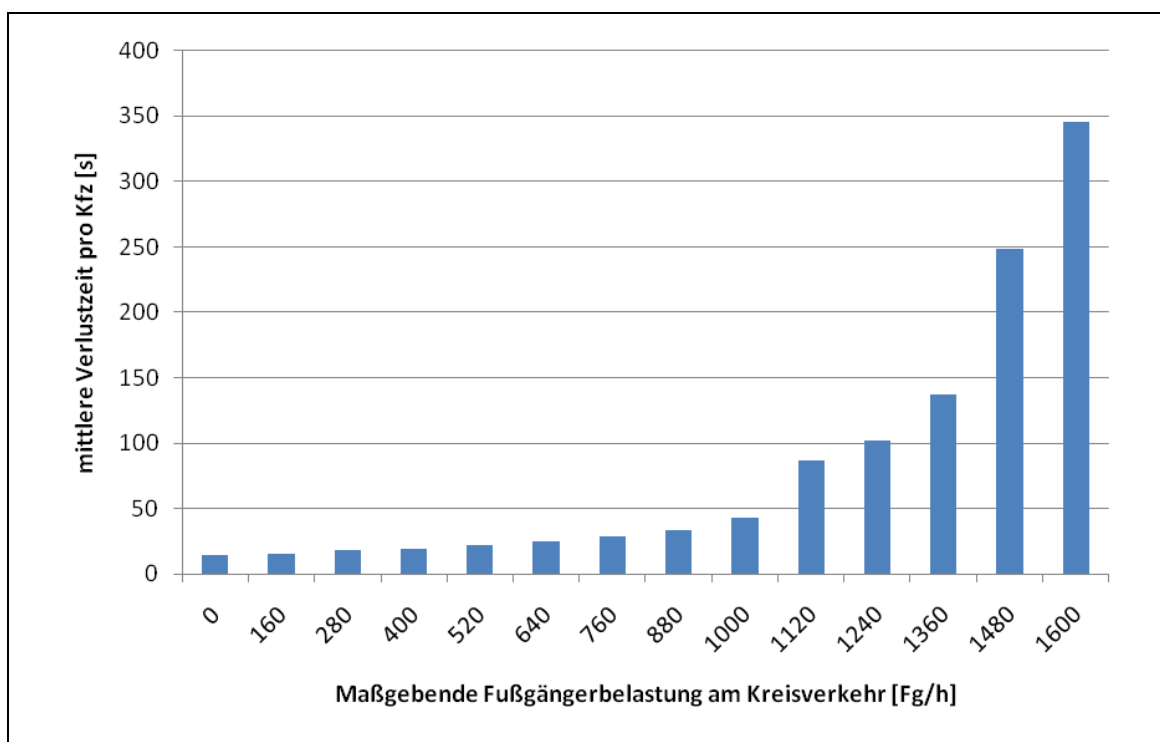


Bild 7: Mittlere Verlustzeit pro Fahrzeug am gesamten Kreisverkehr.

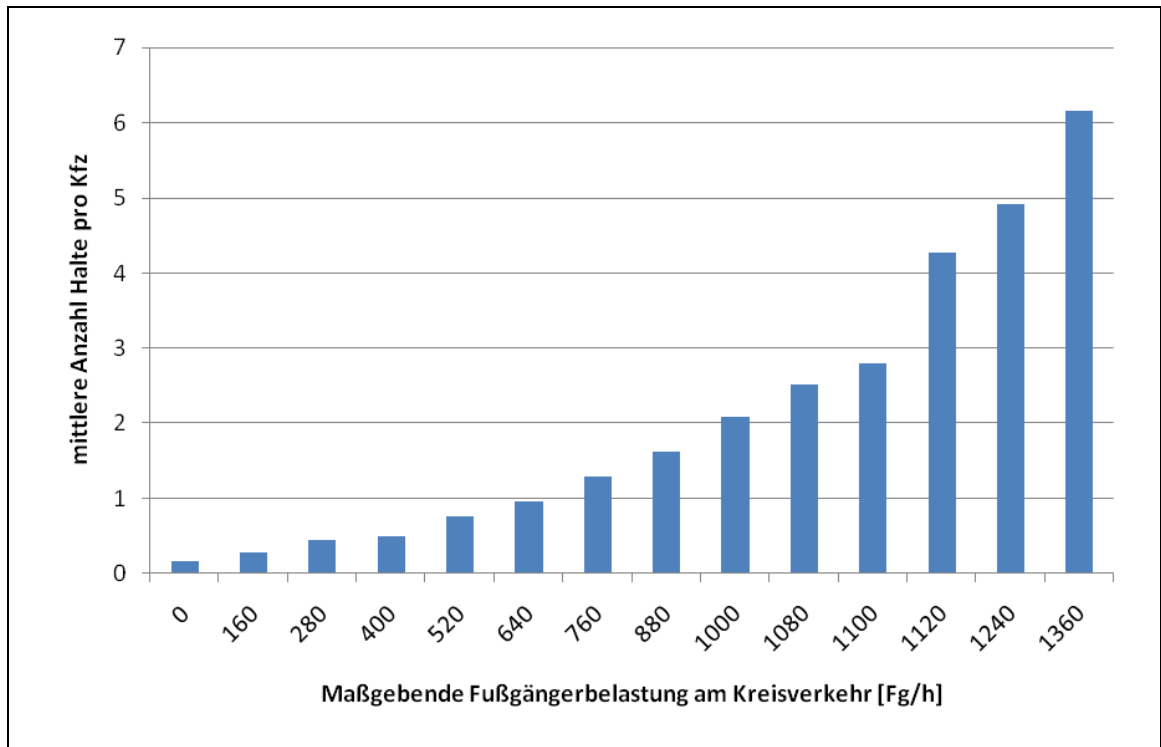


Bild 8: Mittlere Anzahl Halte pro Kfz am gesamten Kreisverkehr.

Erwartungsgemäß steigen sowohl die mittleren Verlustzeiten (Bild 7), als auch die mittlere Anzahl der Halte (Bild 8) mit wachsender Fußgängerbelastung an. Für die gegebene Kfz-Belastung ergibt sich ein deutlicher Anstieg ab ca. 1.000 Fg/h. Belastungen in diesem Bereich führen aufgrund der querenden Fußgänger häufig zu Situationen, bei denen der Verkehrsfluss am Kreisverkehr durch Rückstau an den Ausfahrten zum Stillstand kommt. Bei niedrigeren Fußgängerbelastungen beschränkt sich der Einfluss der Fußgänger größtenteils direkt auf die belastete Ein- bzw. Ausfahrt.

Durch den stockenden Verkehrsfluss auf der Kreisbahn und die Blockierung der Zufahrten erhöht sich auch die Anzahl der Halte pro Fahrzeug stark (Bild 8). Die Fahrzeuge müssen nicht mehr nur einmal bei der Einfahrt und einmal bei der Ausfahrt halten, sondern auf Grund des Rückstaus und des langsamen Vorrückens teilweise auch auf der Kreisfahrbahn und in den Zufahrten.

3.3 Szenario 2: Ungleichmäßig verteilte Fußgängerbelastung

Zur Untersuchung des Einflusses der Verteilung von Fußgängern auf die verschiedenen Arme am Kreisverkehr, wird eine konstante Gesamtbelastung an Fußgängern unterschiedlich auf die einzelnen Knotenarme verteilt. In einer ersten Variante überqueren alle Fußgänger den Knotenpunkt an einem Arm, so dass die übrigen Knotenarme nicht belastet werden. In den weiteren Varianten werden die

Fußgänger gleichmäßig auf erst zwei, dann drei und schließlich auf alle vier Arme verteilt, wobei die belasteten Knotenarme immer nebeneinander angeordnet werden. In Bild 9 werden die resultierenden mittleren Verlustzeiten der vier Varianten (1 bis 4 belastete Knotenarme) für vier Belastungssituationen (300, 400, 500 und 600 Fußgänger/h am Kreisverkehr) dargestellt. Es zeigt sich, dass die Verlustzeiten mit gleichmäßigerer Verteilung der Fußgänger am Kreisverkehr stark abnehmen. Treten Belastungen von mehr als 500 Fg/h konzentriert an einem Knotenarm auf, steigen die Verlustzeiten für die Fahrzeuge, die den Kreisverkehr durchfahren sehr stark an. Wird die gleiche Anzahl an Fußgängern dagegen auf zwei oder mehr Arme verteilt, sinken die Verlustzeiten auf ein annehmbares Maß, da sich der Verkehr dann nur noch selten vor den Ausfahrten in die Kreisfahrbahn zurückstaut.

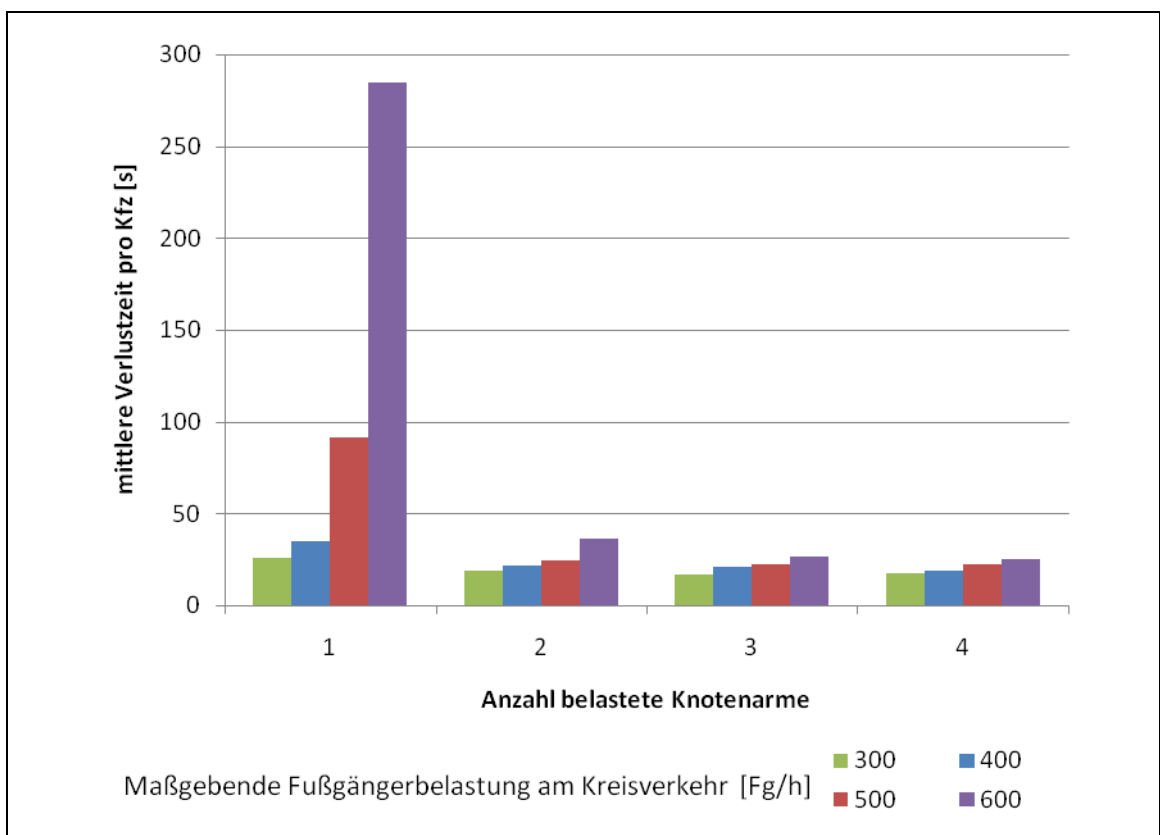


Bild 9: Mittlere Verlustzeiten pro Kfz am gesamten Kreisverkehr in Abhängigkeit der Anzahl mit Fußgängern belasteten Knotenarmen.

Die Auswirkungen eines einzelnen, mit Fußgängern belasteten Knotenarms auf die davorliegenden Zufahrten zeigt eine Betrachtung der nach den einzelnen Zufahrten differenzierten Verlustzeiten, die in Bild 10 dargestellt sind. Hier wird nur der oberliegende Knotenarm 1 mit einer steigenden Zahl an Fußgängern belastet.

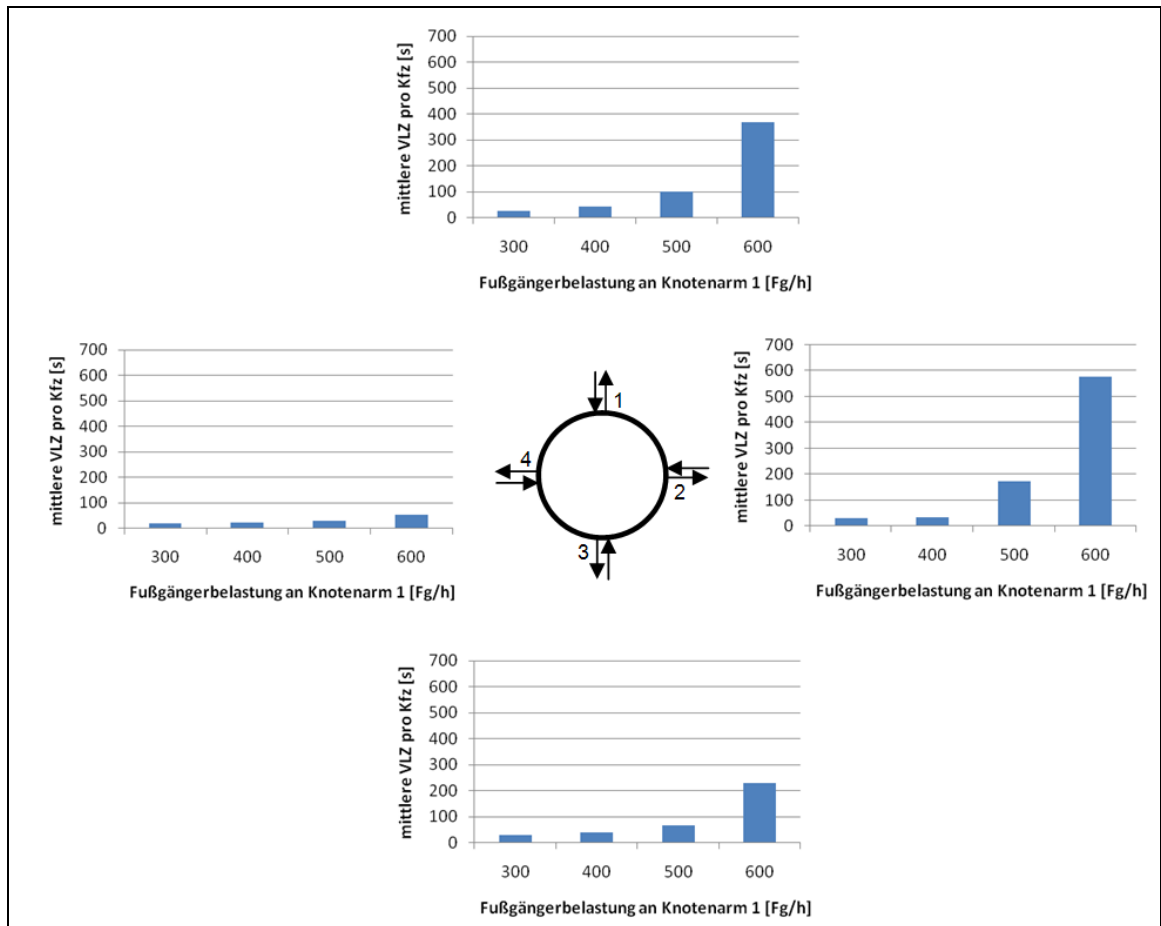


Bild 10: Mittlere Verlustzeiten pro Fahrzeug an den Zufahrten bei unterschiedlicher maßgebender Fußgängerbelastung an Knotenarm 1

Es ist zu erkennen, dass mit steigender Fußgängerbelastung am Knotenarm 1 die Verlustzeiten an allen Zufahrten steigen. Auffallend ist, dass an der unbelasteten Zufahrt 2 die Verlustzeiten stärker steigen als an der belasteten Zufahrt 1. In der Simulation zeigt sich bei 500 Fg/h deutlich der Einfluss des durch die querenden Fußgänger in Ausfahrt 1 verursachten Rückstaus auf die davorliegenden Zufahrten. Mit steigender Fußgängerbelastung werden auch die in Zufahrt 4 zufahrenden Fahrzeuge vermehrt beeinträchtigt.

Hier zeigt sich eine Lücke in den aktuellen Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität an Kreisverkehrsplätzen. Es wird nur die Kapazitätsminderung durch Fußgänger direkt an der mit Fußgängern belasteten Zufahrt ermittelt. Die Simulation offenbart jedoch, dass auch an den davorliegenden Zufahrten mit Kapazitätseinbußen und damit auch mit einem Rückstau an der Zufahrt gerechnet werden muss. Außerdem müssten die Zu- und Ausfahrten eigentlich verknüpft miteinander betrachtet werden. Eine hohe Fußgängerbelastung an einem Knotenarm hat immer auch Auswirkungen auf die übrigen Arme.

3.4 Szenario 3: Belastung von Ausfahrten oder Zufahrten

In einem letzten Szenario soll der Einfluss der Fußgänger an den Ausfahrten im Vergleich zu deren Einfluss an den Zufahrten verdeutlicht werden. Dazu werden zu Analysezwecken zwei – offensichtlich unrealistische – Varianten miteinander verglichen. Bei der ersten Variante queren die Fußgänger nur die Zufahrten, während bei der zweiten Variante die Fußgänger nur die Ausfahrten queren.

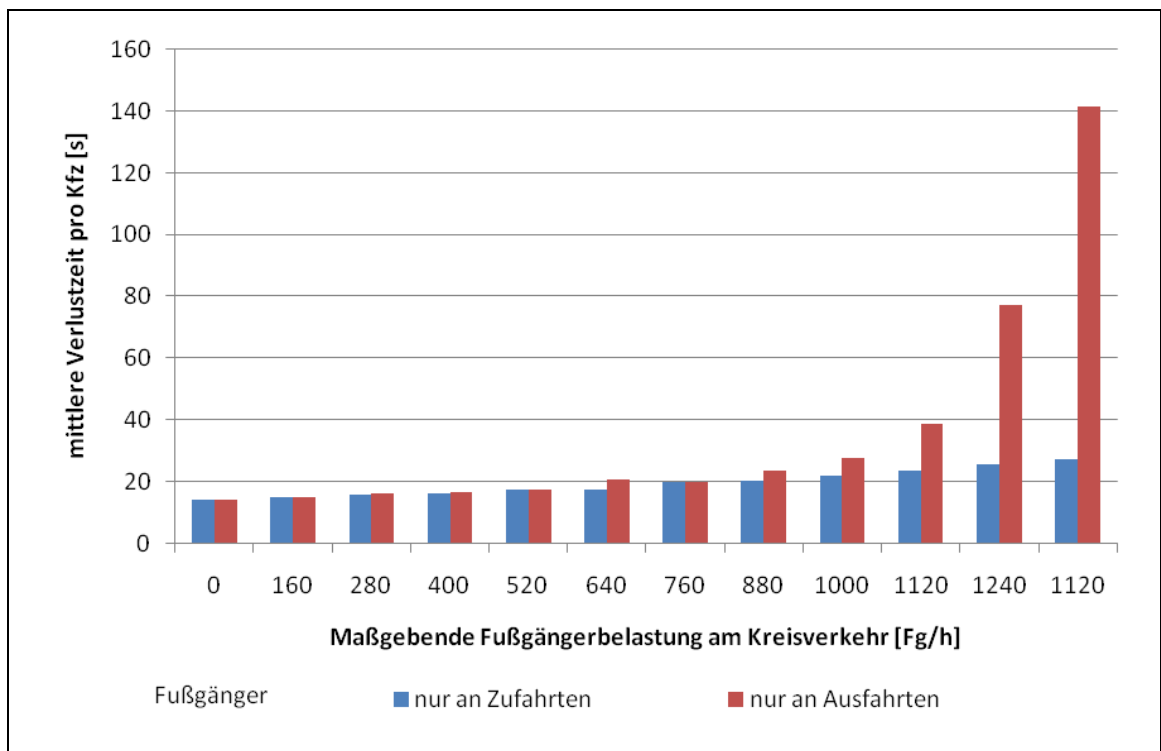


Bild 11: Mittlere Verlustzeiten der Kfz am Kreisverkehr bei Fußgängerbelastung nur an den Zufahrten und nur an den Ausfahrten.

Bild 11 zeigt, dass die Verlustzeiten bei niedriger bis mittlerer Fußgängerbelastung für beide Varianten ähnlich sind. Steigt die Anzahl querender Fußgänger, erhöhen sich die Verlustzeiten an den Zufahrten nur wenig. An den Ausfahrten dagegen verursachen die querenden Fußgänger erhebliche Zeitverluste.

Auch hier ist wieder der entstehende Rückstau auf der Kreisfahrbahn der vorherrschende Einfluss bei der Beeinträchtigung des Verkehrsablaufs am Kreisverkehr. Die Auswirkungen sind größer als diejenigen, die durch die direkte Blockierung der Zu- bzw. Ausfahrten durch querende Fußgänger entstehen. Die im Berechnungsverfahren berücksichtigte Kapazitätsminderung der Einfahrten durch dort querende Fußgänger bildet also nur einen geringen Teil des gesamten durch Fußgänger verursachten Einflusses auf den Verkehrsablauf ab.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die an zwei Kreisverkehren beobachteten Zeitlücken für den Begegnungsfall Kfz – Fußgänger und die daraus abgeleiteten Grenz- und Folgezeitlücken ermöglichen es, die Kapazität einer Kreisverkehrsausfahrt in Abhängigkeit der Fußgängerbelastung zu bestimmen. Dabei muss die Pulkung der Fußgänger beachtet werden. Um den Einfluss der Fußgänger auf die Qualität des Verkehrsablaufs an einem Kreisverkehrsplatz zu berücksichtigen, genügt es jedoch nicht die Knotenarme einzeln zu überprüfen. Während Fußgänger in den Zufahrten nur den Verkehrsablauf der jeweiligen Zufahrt beeinflussen, können sie in den Ausfahrten einen Rückstau erzeugen, der zu Behinderungen im gesamten Kreisverkehr führt. Der Einfluss der Ausfahrten übersteigt deshalb bei hohen Fußgängerbelastungen den Einfluss der Zufahrten. Bei Leistungsfähigkeitsuntersuchungen ist es deshalb wichtig, den Knotenpunkt in seiner Gesamtheit zu betrachten und nicht als Menge unabhängiger Knotenarme. Man kann sich analog zum Vorgehen im HBS bei ungesteuerten Knotenpunkten ein Berechnungsverfahren vorstellen, das die Wahrscheinlichkeit des rückstaufreien Zustands der Kreisfahrbahn aus der Auslastung der Ausfahrten und der Wahrscheinlichkeit, dass die Rückstaulänge die Zahl der Aufstellplätze zwischen Fußgängerüberweg und Kreisfahrbahn nicht überschreitet, ableitet. Solange ein derartiges Verfahren nicht existiert, sollte immer dann auf eine mikroskopische Verkehrsflusssimulation zurückgegriffen werden, wenn die Auslastung einer Ausfahrt aufgrund der Fußgängerbelastung einen Wert von 0,5 überschreitet. Bei einer Auslastung von 0,5 ist die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung der anderen Ströme im Kreis zwar noch gering, aber nur eine Simulation ermöglicht eine detaillierte Analyse des Verkehrsablaufs unter Berücksichtigung der Fußgänger. Um die Belastbarkeit der aus 180 beobachteten Zeitlücken abgeleiteten Grenz- und Folgezeitlücken zu erhöhen und eine Aufnahme in das HBS zu rechtfertigen, wären Erhebungen an weiteren Kreisverkehrsplätzen wünschenswert.

5 Literatur

Brilon, W., Wu, N. (2008): Kapazität von Kreisverkehren - Aktualisierung, Straßenverkehrstechnik, Heft 5, S. 280.-288

Buchholz, S. (2007): Ermittlung von Grenz- und Folgezeitlücken in Abhängigkeit von der Wartezeit an Kreisverkehrsplätzen, Studienarbeit am Lehrstuhl für Verkehrswesen, Ruhr-Universität Bochum.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV, 2001): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), FGSV Verlag, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV, 2006): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, FGSV Verlag, Köln.

Griffiths, J.D. (1981), A Mathematical Model of a Nonsignalized Pedestrian Crossing, Transportation Science Vol. 15, No. 3.

Hubberten, C. (2008): Untersuchung des Einflusses von Fußgänger-ern auf kleine Kreisverkehrsplätze, Diplomarbeit Nr 45. am Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Universität Stuttgart (siehe <http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/lehre/diplomarbeiten>).

Hueber, D., Schlaich, J., Friedrich M. (2007): Empirische Untersuchung zur Kapazität von kleinen einstreifigen Kreisverkehrsplätzen, Straßenverkehrstechnik, Heft 11, S. 561 – 565.

Lindenmann, H.P., Belopitov, I., Spacek, P. (2004): Leistungsfähigkeit hochbelasteter Kreisel, IVT – ETH Zürich.

Planung Transport Verkehr AG (PTV, 2007): Benutzerhandbuch VISSIM 5.0, Karlsruhe.

Siegloch, W. (1973) Die Leistungsermittlung an Knotenpunkten ohne Lichtsignalsteuerung, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (Gelbe Reihe), Heft 154.

Schweizerischer Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute (VSS, 2006):, SN640024a: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit – Knoten mit Kreisverkehr, 2006

Weidmann, U. (1992): Transporttechnik der Fußgänger, Schriftenreihe des IVT Zürich, Nr. 90, S. 35 – 46.