
Zusammenfassung

Name: Franziska Annika Tolle

Thema: Auswirkungen von Fußgängern an Ausfahrten auf die Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
Dr.-Ing. Michael Schenk (T+T Verkehrsmanagement GmbH)
M. Sc. Jessica Balluff

Der Kreisverkehrsplatz gehört zu den Standardformen der Knotenpunktgestaltung und gewann in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Der Verkehr befindet sich in einem ständigen Wandel, sowohl die Verkehrsnachfrage, als auch das Verkehrsverhalten ändert sich mit der Zeit. Für Verkehrsplaner ist es daher wichtig die Leistungsfähigkeit des Verkehrssystems abschätzen zu können. Die Leistungsfähigkeit für einen Kreisverkehrsplatz muss nach dem Handbuch für die Bemessung von Straßenanlagen (HBS 2001) nachgewiesen werden, bevor dieser gebaut werden kann. Nach dem HBS (2001) ist dies derzeit nur für Zufahrten möglich. Der Einfluss von Fußgängern wird dort mittels eines Abminderungsfaktors berücksichtigt. In der Praxis kommt jedoch immer wieder die Frage auf, ob die Fußgänger an Ausfahrten von Kreisverkehrsplätzen ebenfalls einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes haben. In dieser Thesis wurde untersucht welche Auswirkungen die Fußgänger an Ausfahrten auf die Leistungsfähigkeit der Kreisverkehrsplätze haben. Eine internationale Literaturrecherche diente als Grundlage für eine Felduntersuchung an einem Kreisverkehrsplatz.

Es gibt verschiedene Formen des Kreisverkehrplatzes. Der Minikreisverkehr findet Anwendung, wenn kleine Knotenpunkte sicherer und leistungsfähiger gestaltet werden sollen und bietet eine gute Alternative zu Lichtsignalanlagen. Der große Kreisverkehr ist in Deutschland meist mit Lichtsignalanlagen ausgestattet, die den Verkehr regeln. Der kleine Kreisverkehrsplatz ist die am häufigsten verwendete Form. Es können Leistungsfähigkeiten zwischen 15.000 Pkw-E/24h bis 24.000 Pkw-E/24h erreicht werden. Im Gegensatz zu einem vorfahrtrechtlich geregelten Knotenpunkt weist dieser nur 8 anstelle von 32 Konfliktpunkten auf. Die Zufahrten als auch die Kreisfahrbahn dürfen in Deutschland zweispurig geführt werden, die Ausfahrten hingegen nur einspurig. Die Literaturrecherche und der Feldversuch beziehen sich auf den kleinen Kreisverkehrsplatz.

In Deutschland haben Fußgänger nach der Straßenverkehrsordnung (StVO) an Ausfahrten von Kreisverkehrsplätzen immer Vorrang gegenüber den ausfahrenden Fahrzeugen. An Zufahrten haben Fußgänger nur Vorrang, wenn dort ein Zebrastreifen (Zeichen 293 StVO) angelegt ist. Häufig wird dieser an allen Knotenarmen mit Querungen geplant, um die Vorrangregelung einheitlich und eindeutig zu gestalten. Eine Trenninsel zwischen der Zu- und Ausfahrt dient den querenden Fußgängern zum einen als Sicherheitsraum und zum anderen trennt diese die verschiedenen Konfliktflächen, wenn kein Zebrastreifen (Zeichen 293 StVO) vorliegt. Zwischen der Kreisfahrbahn und der Fußgängerquerung sollte eine Aufstellfläche für mindestens ein Fahrzeug vorgehalten werden.

Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit kann nach drei möglichen Ansätzen erfolgen. Es besteht die Möglichkeit die Zeitlückentheorie, die empirische Regressionsmethode als auch die Simulation oder eine Kombination dieser Verfahren anzuwenden. Die Zeitlückentheorie basiert auf der Annahme, dass sich alle Verkehrsteilnehmer gleich verhalten und die Verkehrsregeln immer befolgt werden. Das komplexe Verhalten der Fahrer wird mittels Folge- und Grenzzeitlücken idealisiert abgebildet. Die Grenzzeitlücke ist ein zeitlicher Abstand im Hauptstrom, der von einem Fahrzeug des untergeordneten Stromes zur Einfahrt genutzt werden kann. Die Folgezeitlücke hingegen ist ein zeitlicher Abstand im Nebenstrom, der von zwei oder mehr Fahrzeugen zur Einfahrt genutzt werden kann.

Die empirische Regressionsmethode basiert auf einem mathematischen Modell, das die Geometrie, das Fahrerverhalten und weitere verkehrliche Parameter berücksichtigt. Es werden Messergebnisse von Felduntersuchungen auf ihre Zusammenhänge hin überprüft und mittels Funktionen, die aus den Messreihen abgeleitet werden, beschrieben. Die Messungen erfolgen in festen Intervallen, die beispielsweise 30 Sekunden oder 1 Minute betragen und in denen ein gesättigter Verkehr vorliegt. Es können alle Einflüsse mitberücksichtigt werden, jedoch müssen diese in den Felduntersuchungen beobachtet worden sein.

Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen kann auch durch Verkehrssimulationen erfolgen. Diese kann zum einen auf der Makroebene erfolgen, um beispielsweise großflächige Zusammenhänge darzustellen oder auf der Mikroebene, mit der man das individuelle Verhalten der Fahrer untersuchen kann. Dies kann auf der Nanoebene nochmals detaillierter simuliert werden, um das unterschiedliche Verhalten einzelner Verkehrsteilnehmer nachzuvollziehen. Die Entwicklung von Simulationen ist sehr aufwendig und die Modelle können zumeist nicht direkt auf andere Kreisverkehrsplätze übertragen werden.

Der Einfluss von Fußgängern auf die Leistungsfähigkeit an Zufahrten kann mittels der Warteschlangentheorie nach Marlow und Maycock ermittelt werden oder mittels eines empirisch ermittelten Abminderungsfaktors nach Brilon, Stuwe und Drews. Der Ansatz nach Marlow und Maycock untergliedert die Zufahrt in zwei Bereiche. Zum einen wird die Leistungsfähigkeit des Zebrastreifens untersucht und zum anderen die der Einfahrt in die Kreisfahrbahn. Im Anschluss wird die Gesamtleistungsfähigkeit ermittelt. Die Pulkung von Fußgängern wird dabei nicht berücksichtigt. Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit nach Brilon et. al. wird im HBS (2001) empfohlen. Hierbei wird die Leistungsfähigkeit der Zufahrt bestimmt und mittels eines Abminderungsfaktors in Abhängigkeit von der Anzahl der querenden Fußgänger und der Verkehrsstärke der Kreisfahrbahn die Leistungsminderung durch Fußgänger ermittelt. Für Ausfahrten liegt derzeit noch kein allgemein anerkanntes Rechenverfahren vor. Das HBS (2001) verweist lediglich darauf, dass die maximale Leistungsfähigkeit der Ausfahrt zwischen 1200 Pkw-E/h und 1400 Pkw-E/h liegt und der Einfluss der Fußgänger an Ausfahrten berücksichtigt werden sollte.

Die internationale Literaturrecherche hat aufgezeigt, dass die Schweiz bisher als einziges Land einen Nachweis der Leistungsfähigkeit der Ausfahrt unter der Berücksichtigung des Fußgängereinflusses in eine Norm übernommen hat. Die Anzahl der Fußgänger pro Stunde als auch die Breite der Ausfahrt dienen hierbei der Bestimmung der maximal möglichen Leistungsfähigkeit. Andere Länder wie Deutschland, Großbritannien, Frankreich, U.S.A. als auch Australien berücksichtigen diesen Einfluss bisher nicht. In Schweden wird zurzeit versucht die Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Ausfahrt mit Hilfe der Anzahl der Blockierungen der Ausfahrt pro Stunde durch Fußgänger in dem Computerprogramm Capcal zu berücksichtigen. In Japan wird derzeit der Einfluss von Fußgängern auf den Kreisverkehrsplatz mit Hilfe von Simulationen untersucht.

Die Felduntersuchung für diese Thesis wurde mit dem Ziel, den Einfluss von Fußgängern an Ausfahrten auf die Leistungsfähigkeit nachzuweisen durchgeführt. Mittels der Messdaten wurden zwei Modelle entwickelt. Als Einflussparameter wurde für das Zeitlückenmodell die Verkehrsstärke der Ausfahrt und die Folge- und Grenzzeitlücke bestimmt. Für das zweite Modell der empirischen Regression wurde die Verkehrszusammensetzung und die Verkehrsstärke der Ausfahrt, sowie die Anzahl der Fußgänger, die Anzahl der Querungen und die Anzahl der Blockierungen näher betrachtet.

Die Felduntersuchung wurde an einem Kreisverkehrsplatz in Aschaffenburg durchgeführt. Es wurden mittels einer Videoerhebung die Daten von zwei Ausfahrten erhoben und ausgewertet. Die Positionierung der beiden Kameras wurde so gewählt, dass der gesamte Knotenpunkt erfasst wurde. Eine der Kameras wurde nah an einem Fußgängerüberweg aufgehängt, sodass die Auswertung der Zeitlücken durchgeführt werden konnte. Die zweite Kamera erfasste den anderen Zebrastreifen und diente der Auswertung für das empirische Regressionsmodell. Die optische Auswertung erfolgte in vollen Sekunden und es wurden nur Intervalle berücksichtigt, in denen ein gesättigter Verkehr in der Ausfahrt vorlag. Als Randbedingung wurden hier 4 Sekunden für die Bruttozeitlücke angesetzt. Für das Zeitlückenmodell wurde der zeitliche Abstand zwischen zwei querenden Fußgängern erhoben, zwischen denen

mindestens ein Fahrzeug die Ausfahrt verließ. Es konnten 133 Zeitlücken mit 1 bis 5 Fahrzeugen mit einem linearen Zusammenhang erhoben werden. Nach dem Ansatz von Siegloch konnte eine Grenzzeitlücke von $t_g = 7,6$ s und eine Folgezeitlücke von $t_f = 2,6$ s bestimmt werden. Diese Zeitlücken wurden zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit nach dem Ansatz von Griffith und Siegloch ausgewertet.

Das Modell der empirischen Regression wurde in 30-Sekunden-Intervallen für beide Ausfahrten ausgewertet, dabei wurden die Anzahl aller querenden Fußgänger, die Anzahl der Querungen und die Anzahl der Blockierungen getrennt voneinander erhoben. Die Anzahl der Querungen berücksichtigt das gemeinsame Queren von Fußgängern als eine Beeinflussung. Die Anzahl der Blockierungen ergibt sich aus der Anzahl der Halte von Fahrzeugen innerhalb eines Intervalls. Es konnten 297 gesättigte Intervalle erfasst werden. Die Analyse der Messdaten hat aufgezeigt, dass die Anzahl der Querungen die höchste Signifikanz aufweist. Die Anzahl aller querenden Fußgänger, als auch die Anzahl der Blockierungen zeigen eine geringere Signifikanz und höhere Streuung auf. Die Streuung ist bei allen Parametern erhöht. Dies deutet zum einen auf Messungenauigkeiten hin, zum anderen auch auf das mögliche inhomogene Verhalten der Verkehrsteilnehmer. Es wurden je Einflussparameter eine lineare als auch eine exponentielle Funktion bestimmt. Für die Anzahl der Querungen erfolgte im Anschluss eine Kreuzvalidierung, um zu überprüfen, welcher der Ansätze besser geeignet ist. Es konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Eine Beeinflussung von Fußgängern an Ausfahrten auf die Zufahrten und die Kreisfahrbahn konnten ebenfalls in der Felduntersuchung beobachtet werden. Inwieweit sich diese auf die Leistungsfähigkeit auswirken, sollte in weiteren Untersuchungen analysiert werden.

Die Übertragbarkeit der entwickelten Modelle auf andere Kreisverkehrsplätze wurde für das erste Modell anhand einer anderen Studienarbeiten überprüft. Die Ergebnisse der Felduntersuchung zeigen geringere Leistungsfähigkeiten auf, als die von Hubberten (2008). Die Ergebnisse von Schmotz (2014) hingegen sind vergleichbar. Für das zweite Modell lagen keine weiteren Messdaten vor. Es wurden daher die beiden untersuchten Ausfahrten miteinander verglichen. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Leistungsfähigkeiten leicht variieren. Bei höheren Fußgängerbelastungen sind die Ergebnisse vergleichbar.

Die Felduntersuchung hat den Einfluss von Fußgängern an Ausfahrten auf die Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen aufgezeigt. Es konnten Modelle abgeleitet werden, die eine Abschätzung der Leistungsfähigkeit der Ausfahrten ermöglichen. Das inhomogene Verhalten der Fußgänger mit und ohne Zebrastreifen sollte in weiteren Untersuchungen mit aufgegriffen werden. In weiteren Untersuchungen sollten diese Ergebnisse durch Messreihen von anderen Kreisverkehrsplätzen erweitert werden. Es könnten dann weitere Einflussparameter wie beispielsweise die Geometrie mit einfließen. Es wäre auch denkbar mehrere Variable in der Funktion zu berücksichtigen. Mithilfe von Simulationen können weitere Erkenntnisse gewonnen werden. Die Auswirkungen von Fußgängern an Ausfahrten von Kreisverkehrsplätzen sollten in Zukunft mit in die Betrachtung der Leistungsfähigkeit des Gesamtknotenpunktes mit einfließen. Die Fußgänger an Ausfahrten können einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben.

Franziska Annika Tolle

Darmstadt, März 2015