

Ermittlung aktueller Grenz- und Folgezeitlücken für Außerortsknotenpunkte ohne Lichtsignalanlagen

FA 2.173

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswesen (Prof. Dr.-Ing. W. Brilon)
 Bearbeiter: Weinert, A.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn
 Abschluss: Oktober 2000

1. Aufgabenstellung

Die Kapazitätsermittlung und Einschätzung der Verkehrsqualität vorfahrt geregelter Knotenpunkte stellt eine grundlegende Aufgabe der Straßenverkehrstechnik dar. In dem Entwurf für ein „Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ (HBS) ist das Kapitel 7 solchen Knotenpunkten gewidmet, die durch die Verkehrszeichen 205 StVO oder 206 StVO geregelt sind. Das Berechnungsverfahren, welches dort beschrieben ist, basiert auf der Zeitlückentheorie. Internationalen Untersuchungen zufolge ist mit Hilfe dieses Verfahrens die realistische und zuverlässige Kapazitätseinschätzung von Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage möglich. Lediglich die Eingangsparameter in das Verfahren, die Grenz- und Folgezeitlücken, bedürfen der Erneuerung. Diese Werte wurden vor über 20 Jahren mit Hilfe eines Verfahrens ermittelt, dessen Gültigkeit nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse angezweifelt werden muss. Die Aufgabe dieses Forschungsprojekts bestand darin, neue Werte für die Grenz- und Folgezeitlücken zu ermitteln, um die Gültigkeit des Berechnungsverfahrens für vorfahrt geregelte Knotenpunkte in Deutschland zu aktualisieren.

2. Untersuchungsmethodik

Zunächst wurde eine Methodik entwickelt, nach der die Grenz- und Folgezeitlücken bestimmt werden konnten. Folgezeitlücken können direkt anhand von Beobachtungen der Verkehrsabläufe gemessen werden. Sie ergeben sich aus den zeitlichen Abständen, mit denen sich zwei Nebenstromfahrzeuge folgen, die in dieselbe Lücke im Hauptstrom einfahren. Die Grenzzeitlücken aber – die kleinsten annehmbaren Zeitlücken – müssen auf der Grundlage der angenommenen und abgelehnten Lücken der Nebenstromfahrer geschätzt werden. Aus der Literatur waren verschiedene Methoden zur Grenzzeitlückenermittlung bekannt. Aufgrund vorangegangener Tests dieser unterschiedlichen Modelle wurde das Maximum-Likelihood-Verfahren als das Verfahren ausgewählt, welches am ehesten zu konsistenten und realistischen Ergebnissen führt.

Grundlage aller Berechnungen stellten Messungen an 30 vorfahrt geregelten Knotenpunkten dar. Die Verkehrsabläufe an den Messstellen wurden über mehrere Stunden per Video aufgenommen. Die Videobänder wurden anschließend so ausgewertet, dass stromweise jedes Fahrzeug mit seiner Fahrzeugart und dem Zeitpunkt, zu dem es einen definierten Querschnitt passierte, registriert wurde. Da die Verkehrsabläufe an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage in starkem Maße von den Verhaltensweisen der Fahrer abhängen, war die exakte Lage eines solchen Messquerschnitts oft uneindeutig. Die Definition eines Messquerschnitts war jedoch von großer Bedeutung für die Ergebnisse hinsichtlich der Grenz- und Folgezeitlücken und musste daher mit besonderer Aufmerksamkeit vorgenommen werden. Unter Abwägung aller Bedingungen wurden möglichst allgemeingültige Festlegungen getroffen.

3. Untersuchungsergebnisse

Nachdem die Daten zu allen Strömen der Messstellen vorlagen, konnten die Grenz- und Folgezeitlücken nach den zuvor bestimmten Verfahren berechnet werden. Die Voraussetzungen, die den Grenzzeitlückenberechnungen zugrunde lagen, wurden dabei überprüft.

Es wurden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Die Berücksichtigung aller Fahrer – auch jener, die keine Lücke abgelehnt haben – führt zu fehlerhaften Ergebnissen. Zuverlässigere Grenzzeitlückenwerte können aus den angenommenen und abgelehnten Lücken der Fahrer ermittelt werden, die mindestens eine Lücke abgelehnt haben.
- Die Mitberücksichtigung von sehr großen und sehr kleinen Lücken, welche von allen Fahrern angenommen bzw. abgelehnt werden, wirkt sich nur vernachlässigbar gering auf die resultierende Grenzzeitlücke aus.
- Die sich ergebenden mittleren Grenzzeitlücken hängen nur unwesentlich von der zugrunde gelegten Verteilungsfunktion der Grenzzeitlücken ab. Die Anwendung der Log-Normalverteilung ist aufgrund der leichteren Handhabbarkeit gerechtfertigt.
- Das Verhalten der Nebenstromfahrer ist eher konsistent als vollkommen inkonsistent. Die Fälle, in denen Fahrer sich inkonsistent verhielten, kamen nur selten vor.

Die Ergebnisse der Grenz- und Folgezeitlücken wiesen große Streuungen auf. Es wurde untersucht, ob diese Streuungen im Zusammenhang mit externen Einflussgrößen stehen.

- Kriterien wie Lage des Knotenpunktes im ländlichen Gebiet oder im Ballungsraum oder Verkehrsstärke der bevorrechtigten Ströme erwiesen sich als stark einflussnehmend auf die Größe der Grenzzeitlücken.
- Die Art der Vorfahrtregelung durch VZ 205 StVO oder VZ 206 StVO hat große Auswirkungen auf die Folgezeitlücken.
- Das Vorhandensein einer Rechtsabbiegeeinrichtung auf der Hauptstraße macht sich nur bei den Grenz- und Folgezeitlücken der Linksabbiegeströme bemerkbar.
- Zusammenhänge zwischen den Grenz- und Folgezeitlücken und der Knotenart (Kreuzung oder Einmündung), der Anzahl der Fahrstreifen in der untergeordneten Zufahrt, den Wartezeiten, den Geschwindigkeiten auf der Hauptstraße, den Längsneigungen, der Sichtweite oder dem Schwerverkehrsanteil im Hauptstrom konnten nicht nachgewiesen werden.

Diese Beobachtungen hinsichtlich der Abhängigkeiten der Grenz- und Folgezeitlücken von äußeren Parametern erlaubten die Formulierung von Modellen, anhand derer für einen konkreten Knotenpunkt eine Grenz- und eine Folgezeitlücke in Abhängigkeit von den maßgebenden Einflussfaktoren bestimmt werden kann. Mit Hilfe von Varianzanalysen wurden verschiedene Kombinationen von Einflussfaktoren untersucht. Die Modelle, die eine Abhängigkeit der Grenz- und Folgezeitlücken von der Verkehrsstärke der bevorrechtigten Ströme vorsahen, führten zu unrealistischen Verläufen der Kapazitätskurven bei Anwendung der Siegloch-Formel. Die Kapazitätskurven besaßen ein Minimum, was bedeutet, dass ab einer bestimmten Hauptstromverkehrsstärke die Kapazität der untergeordneten Ströme wieder steigt. Ein solcher Verlauf einer Kapazitätskurve ist jedoch unrealistisch. Daher wurden konkrete Werte für die Grenz- und Folgezeitlücken vorgeschlagen.

Die Grenzzeitlücken variieren dabei je nach der Lage des Knotenpunktes (im Fall des Linksabbiegers in Abhängigkeit von der Lage des Knotens und dem Vorhandensein einer Rechtsabbiegeeinrichtung).

Für die Folgezeitlücken ergeben sich unterschiedliche Werte in Abhängigkeit von der Vorfahrtregelung (im Fall des Linksabbiegers in Abhängigkeit von dem Vorhandensein einer Rechtsabbiegeeinrichtung). Somit ergeben sich für die unterschiedlichen Fahrbeziehungen Grenz- und Folgezeitlückenwerte je nach der Kategorie, in die sich der jeweilige Strom einordnen lässt.

Unter den Messstellen befand sich auch ein Knotenpunkt mit abknickender Vorfahrt. Nach dem bisherigen Verfahren lassen sich solche Knoten noch nicht berechnen, da keinerlei Erkenntnisse über die Grenz- und Folgezeitlücken solcher Knotenpunkte vorlagen. Anhand der Beobachtungen an der Messstelle mit abknickender Vorfahrt wurde festgestellt, dass die Ströme aus der untergeordneten Zufahrt relativ kleine Grenz- und Folgezeitlücken aufweisen. Kleinere Grenz- und Folgezeitlücken aber bedeuten höhere Kapazitäten. Diese Überlegungen lassen eine Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens auf Knoten mit abknickender Vorfahrt zu, da die Kapazität eher unterschätzt wird. Man liegt somit „auf der sicheren Seite“. Solche Aussagen können aber nur Spekulationen qualitativer Art bleiben. Für zuverlässigere Angaben mit konkreten Einsatzgrenzen müssen umfangreichere Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Beispiel-Knotenpunkten durchgeführt werden. Insbesondere muss das Berechnungsverfahren für Knotenpunkte mit abknickender Vorfahrt neu formuliert werden.

Zusätzlich zu den 30 Außerortsknoten wurden Messungen an 5 Innerortsknoten durchgeführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass an Innerortsknoten andere Einflussfaktoren maßgebend werden als an Außerortsknoten. Mit den zusätzlichen Untersuchungen sollte der allgemeine Trend der Grenz- und Folgezeitlücken an Innerortsknoten im Vergleich zu den Werten an Außerortsknoten festgestellt werden. Aufgrund der geringen Stichprobe konnten nur unzureichend abgesicherte Werte für die Grenz- und Folgezeitlücken an Innerortsknoten ermittelt werden. Es ließen sich auch keine Aussagen hinsichtlich der Einflussfaktoren auf die Grenz- und Folgezeitlücken treffen. Die Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass Innerortsknoten näherungsweise mit den Kapazitätskurven für Außerortsknoten in der Kategorie „Ballungsgebiet/ohne Rechtsabbiegeeinrichtung/VZ 206 StVO“ bemessen werden können. Für konkretere Angaben hinsichtlich der Grenz- und Folgezeitlücken an Innerortsknoten sind weitere Untersuchungen an einer größeren Datengrundlage erforderlich.

4. Folgerungen für die Praxis

Die ermittelten Grenz- und Folgezeitlücken sollen in das Berechnungsverfahren für Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage nach dem HBS eingehen. Änderungen des bisherigen Verfahrens aufgrund der neuen Werte für die Grenz- und Folgezeitlücken werden in erster Linie in den Diagrammen zur Ermittlung der Grund-

kapazität sichtbar. Es wurden neue Diagramme für die vier verschiedenen Fahrbeziehungen erstellt, die zur weiteren Anwendung in dem Berechnungsverfahren empfohlen werden. In dem bisherigen Verfahren wurde die Grundkapazität abgemindert durch Faktoren, die die Einmündungswinkel der Knotenzufahrten und die Sichtverhältnisse berücksichtigten. Diese Abminderungen entfallen nach den Änderungen des Verfahrens, da Zusammenhänge zwischen diesen Einflussgrößen und den Grenz- und Folgezeitlücken nicht nachgewiesen werden konnten.

Die Umrechnung der Verkehrsstärken in Pkw-Einheiten ändert sich nur geringfügig. Im bisherigen Berechnungsverfahren wurden Kräder mit dem Faktor 0,5 bei einer Längsneigung von 0 % berücksichtigt. Anhand der Ergebnisse in dem vorliegenden Projekt wird die Verwendung des Faktors 1,0 empfohlen. Zusammenhänge zwischen den Längsneigungen der Zufahrten und den Grenz- und Folgezeitlücken konnten zwar nicht nachgewiesen werden. Die Ursache dafür liegt jedoch möglicherweise darin, dass unter den untersuchten Knotenpunkten keine Messstellen mit größeren Längsneigungen vorkamen. Es kann angenommen werden, dass große Längsneigungen einen Einfluss auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer haben. Daher wird die weitere Anwendung der längsneigungsabhängigen Umrechnungsfaktoren in Pkw-Einheiten, die bisher im Berechnungsverfahren benutzt wurden, vorgeschlagen.

Es wurde auch untersucht, welchen Einfluss Rechtsabbiegender von der Hauptstraße auf die Kapazität der Ströme in der untergeordneten Zufahrt haben. Im bisherigen Berechnungsverfahren wurde davon ausgegangen, dass die Rechtsabbieger die Fahrzeuge im Nebenstrom beeinflussen, obwohl sie keinen Konflikt miteinander haben. Die Verkehrsstärke der Rechtsabbieger wurde zur Hälfte auf die Verkehrsstärke der maßgebenden Hauptströme aufgerechnet. Anhand der Stichprobe, die in dem vorliegenden Projekt untersucht wurde, konnte dieser Faktor von 0,5 nicht bestätigt werden. Vielmehr ergaben sich sowohl kapazitätsmindernde als auch kapazitätssteigernde Einflüsse durch die Rechtsabbieger. Es wird empfohlen, bis auf Weiteres den Faktor 0,5 weiterzuverwenden.

Die Ergebnisse des Projekts wurden anhand der Beobachtungen an den Messstellen getestet. Für einige Ströme wurden mit Hilfe des geänderten Berechnungsverfahrens die Wartezeiten und 95 % - Staulängen berechnet und den tatsächlich an diesen Messstellen gemessenen Werten gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass die gemessenen und berechneten Werte gut übereinstimmten. Abweichungen lagen im zulässigen Rahmen und waren zufällig. Mit diesem Forschungsprojekt konnten neue Grenz- und Folgezeitlücken für Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage ermittelt werden, mit deren Hilfe die Qualität der Verkehrsabläufe an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlagen realistisch eingeschätzt werden kann. □