

Zweistreifige Einfahrten an dreistreifigen Richtungsfahrbahnen – Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf

FA 2.251

Forschungsstelle: Leibniz Universität Hannover, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau (Prof. Dr.-Ing. B. Friedrich)

Bearbeiter: Hoffmann, S. / Irzik, M. / Matschke, I.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: September 2007

1 Aufgabenstellung

Im Jahre 2001 wurde erstmals ein Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) in Deutschland veröffentlicht, das die Kapazitätsbestimmung und die Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs für nahezu alle Straßenverkehrsanlagen ermöglicht. Die Ziffer 4 des HBS enthält die Bemessungsverfahren für planfreie Knotenpunkte bzw. deren einzelne Teilbereiche. Das aktuelle HBS enthält Bemessungsverfahren für die Einfahrtstypen E 1, E 2 und E 4 an zweistreifigen sowie E 1 und E 2 an dreistreifigen Hauptfahrbahnen. Für die Bemessung des Einfahrtstyps E 4 an dreistreifigen Hauptfahrbahnen gibt es bisher keine auf empirischen Untersuchungen basierenden abgesicherten Grundlagen. Die Bemessung des Einfahrtstyps E 5 erfolgt gemäß HBS allein anhand der zulässigen Verkehrsstärke in der Hauptfahrbahn unterhalb der Einfahrt. Genaue Erkenntnisse über den Einfahrtvorgang liegen für diesen Einfahrtstyp bislang nicht vor.

Das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhabens bestand daher in der Schließung der zuvor beschriebenen Wissenslücken bezüglich der Bemessung der Einfahrtstypen E 4 und E 5 an dreistreifigen Hauptfahrbahnen. Darüber hinaus sollten die für die Fortschreibung der für planfreie Knotenpunkte geltenden Bemessungsverfahren notwendigen Grundlagen und Bemessungsdiagramme erarbeitet werden.

Neben der Analyse des Verkehrsablaufs in den zweistreifigen Einfahrten und der Erarbeitung eines Bemessungsverfahrens sollte auch die Verkehrssicherheit von zweistreifigen Einfahrten an dreistreifigen Hauptfahrbahnen detailliert untersucht werden. Hierzu liegen bislang keine abgesicherten Erkenntnisse vor.

Basierend auf den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen zum Verkehrsablauf und zur Verkehrssicherheit sollten abschließend Empfehlungen für die Bemessung und den Einsatz von zweistreifigen Einfahrten an dreistreifigen Hauptfahrbahnen formuliert werden. Die Empfehlungen sollten derart aufgebaut sein, dass eine Übernahme in die in der Überarbeitung befindlichen Regelwerke der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (HBS und RAA) problemlos möglich ist.

2 Untersuchungsmethodik

Im Hinblick auf die zuvor beschriebenen Wissenslücken bezüglich des Entwurfs und der Bemessung von zweistreifigen Einfahrten wurden empirische und modellbasierte Untersuchungen zum Verkehrsablauf durchgeführt.

Zunächst wurden an drei ausgewählten zweistreifigen Einfahrten empirische Untersuchungen zum Verkehrsablauf durchgeführt. Dabei wurden q-V-Beziehungen an jeweils bis zu vier verschiedenen Querschnitten und Fahrstreifenanteilen

ausgewertet. Die empirisch gewonnenen Daten dienten zur Kalibrierung und Validierung der sich anschließenden Simulationsrechnungen der Einfahrten mittels eines mikroskopischen Verkehrsflussmodells (AIMSUN NG). Die empirisch gewonnenen Daten sollten dann aber auch mithilfe der Simulationsrechnungen extrapoliert werden, um hieraus die Einsatzbereiche der verschiedenen Einfahrtstypen ableiten zu können. Hierfür wurde eine sorgfältige Kalibrierung und Validierung des Simulationsmodells an vier Querschnitten innerhalb der untersuchten zweistreifigen Einfahrten vorgenommen. Die Validierung und Kalibrierung des Modells wurde dabei auf Grundlage der empirisch erfassten fahrstreifenbezogenen Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten in zwei der drei empirisch untersuchten Einfahrten vorgenommen. Darüber hinaus wurde der Verkehrsablauf in jeweils einen Einfahrtstyp vom Typ E 4 und vom Typ E 5 mittels Videoaufnahmen erfasst, um anschließend das Fahrstreifenwechselverhalten detailliert zu analysieren und in den Simulationsuntersuchungen abzubilden.

Auf Basis der Simulationsrechnungen wurde dann jeweils ein Bemessungsdiagramm für zweistreifige Einfahrten vom Typ E 4 und vom Typ E 5 an dreistreifigen Hauptfahrbahnen entwickelt.

Um die Verkehrssicherheit im Bereich der zweistreifigen Einfahrten analysieren und abschließend beurteilen zu können, erfolgten zusätzlich makroskopische und mikroskopische Unfallanalysen. Grundlage hierfür bildete die Auswertung der polizeilichen Verkehrsunfallanzeigen von 11 zweistreifigen Einfahrten (fünf Untersuchungsstellen für den Einfahrtstyp E 4, sechs Untersuchungsstellen für den Einfahrtstyp E 5).

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Verkehrsablauf und Kapazität

Am Dreieck Werder (Einfahrtstyp E 4) wurden bei einer maximalen Stundenbelastung von knapp über 3 000 Kfz/h (SV-Anteil rd. 17 %) im Einfahrtbereich keine Verkehrszusammenbrüche beobachtet. Auch bei hohen Verkehrsstärken konnte nur ein geringfügiger Rückgang der zwischen 120 und 140 km/h liegenden Geschwindigkeiten beobachtet werden. Es wurden nur sehr wenige Fahrstreifenwechsel oberhalb der Einfahrt vom rechten auf den mittleren Fahrstreifen der Hauptfahrbahn beobachtet. In der Einfahrt ist überwiegend der rechte Fahrstreifen stärker ausgelastet; mit wachsender Belastung nähern sich die Auslastungen jedoch an.

Das Dreieck Hamburg-Nordwest (Einfahrtstyp E 5) wies mit einer maximalen Stundenbelastung von knapp 7 000 Kfz/h (SV-Anteil rd. 8 %) im Einfahrtbereich als einzige untersuchte Messstelle Verkehrszusammenbrüche auf. Bei niedrigen Verkehrsstärken lag die Geschwindigkeit auf der Hauptfahrbahn im Bereich von 100 km/h. Oberhalb der Einfahrt steigt die Auslastung des linken Fahrstreifens der Hauptfahrbahn mit wachsender Belastung deutlich an und erreicht im Zusammenbruch ca. 55 %. In der Einfahrt wird mit im Mittel 65 % der linke Fahrstreifen deutlich stärker genutzt.

Im Kreuz Kaiserberg (Einfahrtstyp E 5) wurden bei einer maximalen Stundenbelastung von knapp 4 800 Kfz/h (SV-Anteil 12 %) im Einfahrtbereich ebenfalls keine Zusammenbrüche beobachtet. Die mittleren Pkw-Geschwindigkeiten lagen zwischen 110 und 130 km/h. Erstaunlicherweise zeigte sich hier eine Zunahme der Auslastung des rechten Fahrstreifens oberhalb der Einfahrt im Vergleich zum weiter oberhalb liegenden Referenzquerschnitt, ein Indiz für Fahrstreifenwechsel nach

rechts. Im Gegensatz zum Dreieck Hamburg-Nordwest nutzen hier im Mittel sogar fast 80 % der einfahrenden Fahrzeuge den linken Fahrstreifen der Einfahrrampe.

Die Analyse der Fahrstreifenwechsellvorgänge ergab – wie zu erwarten – insgesamt deutlich mehr Fahrstreifenwechsel beim Einfahrtstyp E 4 als beim Einfahrtstyp E 5. Beim 1 000 m langen Einfädungsbereich des Typs E 4 fanden im Gegensatz zum nur 500 m langen Bereich beim Typ E 5 kaum noch Fahrstreifenwechsel im letzten Viertel statt.

Die empirischen Daten der Einfahrten im Dreieck Werder (Einfahrtstyp E 4) und im Kreuz Kaiserberg (Einfahrtstyp E 5) bildeten die Grundlage für die Kalibrierung und Validierung der modellbasierten Untersuchungen. Die im Dreieck Hamburg-Nordwest erhobenen Daten konnten aufgrund der unvollständigen und zum Teil auch unplausiblen Datengrundlage für die Simulationsrechnungen nicht verwendet werden.

Unterschiedliche Belastungskonstellationen in der Hauptfahrbahn oberhalb der Einfahrt sowie in der Einfahrrampe führen zu unterschiedlichen Qualitätsstufen im Verkehrsablauf. Für die Entwicklung der Bemessungsdiagramme wurden daher für den Zusammenhang dieser beiden Kenngrößen Regressionen durchgeführt. Dabei wurde unterstellt, dass die Kapazität der Einfahrt (Grenze zwischen den Qualitätsstufen E und F) erreicht ist, wenn die mittlere Geschwindigkeit unter 70 km/h absinkt. Daher wurden die Regressionen für den Geschwindigkeitsbereich von 70 bis 72 km/h durchgeführt. Als Ergebnis wurde ein linearer Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke der Hauptfahrbahn oberhalb der Einfahrt und der Verkehrsstärke der einfahrenden Fahrzeuge für die Kapazität bestimmt. Hieraus konnten unter Verwendung der Auslastungsgrade für die Qualitätsstufen Bemessungsdiagramme abgeleitet werden.

Mit den ermittelten Bemessungsdiagrammen für die zweistreifigen Einfahrten an dreistreifigen Hauptfahrbahnen ist eine Bemessung auch ohne Kenntnis fahrstreifenbezogener Verkehrsstärken möglich. In Anlehnung an die bestehenden Verfahren im HBS wurden die Bemessungsdiagramme in der Einheit [Pkw-E/h] erstellt (Umrechnungsfaktor für Lkw 2,0).

Die bislang im HBS angegebenen maximalen Einfädungstärken von ca. 2 200 Pkw-E/h (unabhängig vom Einfahrtstyp) konnten in den Simulationsrechnungen nicht erreicht werden. Die Kapazität wurde hier bereits schon bei Einfädungsverkehrsstärken von ca. 2 050 Pkw-E/h im Bereich der zweiten Einfädung beim Einfahrtstyp E 4 erreicht.

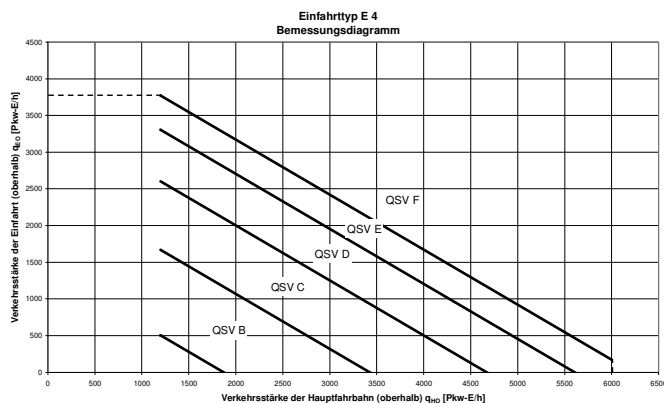


Bild 1: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für den Einfädungsvorgang in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke der durchgehenden Hauptfahrbahn und der Einfahrrampe oberhalb der Einfahrt für den Einfahrtstyp E 4 an dreistreifigen Hauptfahrbahnen in der Einheit [Pkw-E/h]

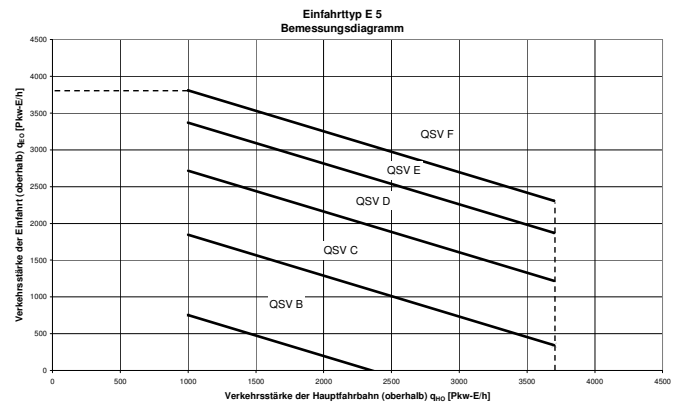


Bild 2: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für den Einfädungsvorgang in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke der durchgehenden Hauptfahrbahn und der Einfahrrampe oberhalb der Einfahrt für den Einfahrtstyp E 5 an dreistreifigen Hauptfahrbahnen in der Einheit [Pkw-E/h]

3.2 Verkehrssicherheit

Die empirischen Untersuchungen zur Verkehrssicherheit haben gezeigt, dass in den betrachteten zweistreifigen Einfahrten insgesamt nur wenige Unfälle aufgetreten sind. Unfälle mit Getöteten traten nicht auf, Unfälle mit schwerem Personenschaden traten nur sehr selten auf. In der Summe kam es zu 9 Unfällen mit Schwerverletzten und 34 Unfällen mit Leichtverletzten.

Die Ergebnisse der makroskopischen Unfallanalyse zeigen nur bedingte Unterschiede zwischen den betrachteten Einfahrtstypen und Knotenpunktsystemen. Die für die Unfallraten berechneten Vertrauensbereiche zeigen, dass zwischen den Knotenpunktsystemen bzw. Einfahrtstypen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede ermittelt werden können.

Eine Differenzierung der Unfallkenngrößen nach den Bereichen oberhalb der Einfahrt, Einfahrbereich und unterhalb der Einfahrt ergab, dass die höchsten Unfallraten und Unfallkostenraten oberhalb der Einfahrt zu verzeichnen sind. Dies gilt insbesondere für den Einfahrtstyp E 4. Dagegen ist beim Einfahrtstyp E 5 der Bereich unterhalb der Einfahrt annähernd ähnlich auffällig.

Ein Vergleich der berechneten Unfallkenngrößen mit denen anderer Elemente in planfreien Knotenpunkten (Ausfahrten, Verflechtungsstrecken) zeigt keine auffälligen Unterschiede. Es wird deutlich, dass sich die Verkehrssicherheit in den Einfahrtstypen E 4 und E 5 nur bedingt von den Knotenpunktelementen Ausfahrt und Verflechtungsstrecke unterscheidet. Ein besonderes Gefährdungspotenzial stellen zweistreifige Einfahrten in planfreien Knotenpunkten somit nicht dar.

Die Ergebnisse der mikroskopischen Unfallanalyse bezüglich des Unfalltyps und der Unfallart zeigen vereinzelte Unterschiede zwischen den Einfahrten vom Typ E 4 und E 5. Aufgrund der insgesamt kleinen Stichprobe können die ermittelten Ergebnisse und Unterschiede aber lediglich als Tendenzen angesehen werden. Auffälligkeiten zeigen zweistreifige Einfahrten auch im Rahmen der mikroskopischen Unfallanalyse nicht.

4 Folgerungen für die Praxis

Das im Forschungsprojekt entwickelte und im Anhang zum Forschungsvorhaben dargestellte Bemessungsverfahren orientiert sich stark am bestehenden HBS bzw. am Bemessungsverfahren für einstreifige Einfahrten. Eine Übernahme des Bemessungsverfahrens für zweistreifige Einfahrten an

dreistreifigen Hauptfahrbahnen kann daher problemlos erfolgen. Für die Bemessung von zweistreifigen Einfahrten an dreistreifigen Hauptfahrbahnen stehen somit künftig die erforderlichen Grundlagen und Bemessungsdiagramme zur Verfügung.

Bezüglich der entwurfstechnischen Gestaltung können für den Entwurf von zweistreifigen Einfahrten aus den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen zur Verkehrssicherheit keine Empfehlungen für den bevorzugten Einsatz des einen oder anderen Einfahrtstyps abgeleitet werden. Berücksichtigt man allerdings, dass Weiser et al. (2006) für die zweistreifigen Ausfahrten aus Sicherheitsgründen den verstärkten Einsatz der Ausfahrtstypen A 4 und A 5 (mit Fahrstreifenreduktion)

empfehlen, so liefert die vorliegende Untersuchung auch keine Erkenntnisse, die gegen den als Konsequenz daraus folgenden verstärkten Einsatz des Einfahrtstyps E 5 sprechen.

Hinweise bezüglich der entwurfstechnischen Gestaltung bzw. Empfehlungen für den Entwurf von zweistreifigen Einfahrten können aus den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen zum Verkehrsablauf und zur Verkehrssicherheit nicht abgeleitet werden.