

Differenzierte Bewertung der Qualitätsstufen im HBS im Bereich der Überlastung

FA 2.259

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswesen (Prof. Dr.-Ing. W. Brilon)

Bearbeiter: Brilon, W. / Estel, A.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: November 2007

1 Aufgabenstellung

Das Forschungsprojekt befasst sich mit der Entwicklung von standardisierten Bewertungsverfahren, die eine differenzierte Beschreibung der Qualität des Verkehrsablaufs auf überlasteten Verkehrsanlagen erlauben. Die Notwendigkeit wurde bereits in den 1990er Jahren beschrieben (vgl. Cameron, 1996; Baumgaertner, 1996; Lomax, 1996 und May, 1997). Eingang in die bestehenden Bemessungswerke haben solche Konzepte allerdings bisher nicht gefunden.

Im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) wird die Qualität des Verkehrsablaufs mithilfe der Qualitätsstufen A bis F qualitativ beschrieben. Lediglich die Stufe F repräsentiert den Bereich der Überlastung.

Anhand der derzeitigen Regelwerke ist eine Bewertung im Bereich der Überlastung mittels der gegebenen Qualitätsstufen als unzureichend anzusehen. Überlastungssituationen können bisher nicht differenziert bei der Bewertung der Verkehrsqualität von Verkehrsanlagen betrachtet werden. Es ist jedoch notwendig, im Rahmen von Dringlichkeitsreihungen, unterschiedliche Überlastungen vergleichen oder bei der Bemessung geringe Überlastungen tolerieren zu können. Dazu müssen einheitliche Verfahren zur differenzierten Bewertung geschaffen werden. Diese Zielstellung wird im Rahmen dieses Projekts verfolgt. Dabei werden unterschiedliche Qualitätskriterien sowie verschiedene Bewertungszeiträume auf ihre Eignung bezüglich der Aufgabenstellung überprüft.

Als Ergebnis werden mehrere Konzepte zur differenzierten Bewertung der Überlastung (QSV F) für eine Fortschreibung des HBS vorgeschlagen.

2 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Ursachen und Abläufe von Überlastungen untersucht. Wesentliche Definitionen und Dimensionen von Überlastungssituationen konnten analysiert und daraus zahlreiche Kenngrößen abgeleitet werden, die als Qualitätskriterien für eine differenzierte Bewertung infrage kommen. Dies geschah auf Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche. Bereits existierende Bewertungsansätze aus dem Ausland, welche eine differenzierte Überlastungsbewertung erlauben (vgl. Cameron, 1996; Baumgaertner, 1996 und May, 1997), wurden in die Untersuchung aufgenommen. Des Weiteren wurden verschiedene Möglichkeiten zur Wahl des Bemessungszeitraums untersucht. Neben der bisher typischen Bewertung einer einzelnen Spitzenstunde wurden Verfahren entwickelt, welche die Berücksichtigung der Überlastungswirkungen über einen Zeitraum von mehreren Stunden bis hin zu einem ganzen Jahr hin erlauben. Daraus ergibt sich eine große Anzahl von möglichen Kombinationen aus Qualitätskriterium und Bewertungszeitraum, die zusammen jeweils ein Bewertungsverfahren bilden.

Acht Kombinationen wurden aufbauend auf der Literaturrecherche ausgearbeitet. Während der Bearbeitung des Projekts erfolgte eine intensive Diskussion der Konzepte mit

Experten aus Wissenschaft und Praxis. Ziel dieses Vorgehens war es, aussagekräftige Qualitätskriterien in konsensfähige Konzepte einzubinden. Die Konzepte wurden in zwei Workshops vorgestellt, in deren Rahmen ausführliche Diskussionen möglich waren. Darüber hinaus wurden Fragebögen entworfen, anhand derer eine vergleichbare Auswertung der Diskussion erfolgen konnte.

Anhand der Kriterien Verständlichkeit, Aufwand, Datenverfügbarkeit, Aussagekraft und Benutzerfreundlichkeit wurden Vor- und Nachteile der Konzeptansätze analysiert.

Für eine weitere, ausführlichere Ausarbeitung wurden auf Basis der vorangegangenen Diskussion die folgenden vier Konzepte ausgewählt:

- Nutzung der Verfahren für den fließenden Verkehr,
- Bewertung anhand der Zusammenbruchwahrscheinlichkeit,
- Bewertung anhand der Ganztagsbewertung und
- Bewertung anhand des Reisezeitindex.

Aus diesen Konzepten konnten detaillierte Bewertungsverfahren zur qualitativen Bewertung von Überlastungssituationen erarbeitet werden. Anhand von Beispielrechnungen konnte der Datenbedarf sowie der Aufwand bewertet werden. Mithilfe einer Sensitivitätsanalyse wurde die Empfindlichkeit der Verfahren auf Unsicherheiten in den Eingangsgrößen hin geprüft.

3 Untersuchungsergebnisse

Die genannten Verfahren sind theoretisch auf alle Verkehrsanlagen übertragbar. Sie wurden jeweils detailliert für Streckenabschnitte von Autobahnen und Landstraßen sowie für Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage erarbeitet. Jedoch kann das Konzept der Zusammenbruchwahrscheinlichkeit ohne weitere empirische Untersuchungen zur stochastischen Kapazitätsanalyse bis auf Weiteres nur bedingt für Autobahnabschnitte angewandt werden.

Die untersuchten Konzepte unterscheiden sich untereinander deutlich in Aussagekraft, Datenbedarf und Aufwand. Diese Unterschiede treten auch innerhalb der Konzepte zwischen verschiedenen Verkehrsanlagen auf. Daraus ergeben sich unterschiedliche Eignungen der Konzepte für die Verkehrsanlagen, sodass nicht ein Verfahren als besonders geeignet für alle Verkehrsanlagen ermittelt werden konnte. Allgemein gilt: Verfahren für den Bereich der Überlastung sind aufwendiger, weil sich Überlastungen einerseits auf stromabwärts liegende Streckenabschnitte und andererseits auf nachfolgende Zeitintervalle auswirken. Dies sollte in der Bewertung berücksichtigt werden.

3.1 Nutzung der Verfahren für den fließenden Verkehr

Die Übertragung der Bemessungsverfahren des fließenden Verkehrs auf den Bereich der Überlastung ermöglicht für Knotenpunkte und Streckenabschnitte von Autobahnen eine einfache überschlägige Bewertung für die Spitzenstunde. Für Landstraßen gestaltet sich die Bewertung aufwendiger, wenn die Verkehrsdichte als Bewertungskriterium beibehalten werden soll. Da in diesem Verfahren lediglich die Spitzenstunde bewertet wird, können die Auswirkungen nur unvollständig bewertet werden. Für eine vollständige Abbildung der Überlastungswirkungen ist die Kenntnis der Auslastung der Folgeintervalle nach der Spitzenstunde von wesentlicher Bedeutung.

3.2 Bewertung anhand der Zusammenbruchswahrscheinlichkeit

Die Bewertung mittels der Zusammenbruchswahrscheinlichkeit betrachtet für Autobahnabschnitte einen ganz anderen Aspekt der Überlastung. Im Mittelpunkt der Bewertung stehen nicht die Auswirkungen im Falle einer Überlastung. Vielmehr wird bewertet, mit welcher Wahrscheinlichkeit es überhaupt zu einer Überlastung kommt. In diesem Sinne eignet sich dieses Verfahren besser als alle anderen für den Einsatz innerhalb der Bemessung von Verkehrsanlagen. Besonders wichtig ist diese Fragestellung für Streckenabschnitte von Autobahnen. Überlastungssituationen bauen sich aufgrund des Zwei-Kapazitäten-Phänomens (Capacity Drop) nur sehr langsam wieder ab. Gleichzeitig entstehen durch die hohen Verkehrsnachfragen auf Autobahnen große Gesamtverlustzeiten. Deshalb ist eine Verhinderung von Überlastungen besonders wichtig.

An dieser Stelle ist zu betonen, dass die ermittelten Verteilungsfunktionen der Zusammenbruchswahrscheinlichkeit stark von den Kapazitätswerten sowie den Parametern a und b abhängen. Die klassischen Kapazitätswerte werden zurzeit im Rahmen eines Forschungsprojekts überarbeitet. Die in dieser Arbeit verwendeten Parameter der Weibull-Verteilung basieren auf empirischen Untersuchungen von einzelnen Messquerschnitten. Eine Übertragung auf alle im HBS dargestellten Streckencharakteristika ist bisher nicht hinreichend empirisch abgesichert.

Da auch an anderen Verkehrsanlagen zufällig schwankende Kapazitäten zu beobachten sind, ist dieses Konzept auch auf diese Anlagen übertragbar. Allerdings fehlen dazu bisher ausreichende empirische Daten, um allgemeingültige Kapazitätsverteilungen herleiten zu können. Auch ist, vor allem für Knotenpunkte, mit einer höheren Komplexität zu rechnen, weil dann neben der Verkehrsnachfrage des zu bewertenden Stroms auch die der übergeordneten Ströme Einfluss auf die Zusammenbruchswahrscheinlichkeit haben.

Allerdings wird gerade in diesem Verfahren ein Potenzial für eine zukunftsweisende Bewertung von Überlastungssituationen gesehen.

3.3 Bewertung anhand der Ganztagsbewertung

Den größten Informationsgehalt bietet die Anwendung der Ganztagesanalyse, da Überlastungsauswirkungen über die Spitzenstunde hinaus bewertet werden. Neben den resultierenden Verlustzeiten, welche als Bewertungskriterium dienen, wird zusätzlich die Staudauer ermittelt. Die Verlustzeiten können auf Basis eines deterministischen oder stochastischen Warteschlangenmodells ermittelt werden. Beide Ansätze sind sowohl für Streckenabschnitte als auch für Knotenpunkte anwendbar. Die Gleichungen von Kimber & Hollis (Kimber und Hollis, 1979) erlauben eine stochastische Betrachtung der Überlastung. Die Nachfrageganglinie kann darin berücksichtigt werden. Da die verwendeten Modelle eine möglichst feine Intervalleinteilung (1-Minuten-Intervalle) erfordern, ist eine Anwendung als Papier-und-Bleistift-Verfahren allerdings zu aufwendig.

Wegen der großen Aussagekraft wird eine Umsetzung der Verfahren als Rechenprogramme angeregt. Dieses Konzept ist am ehesten befähigt, Überlastungssituationen mehrdimensional zu bewerten und zu vergleichen. Räumliche wie zeitliche Auswirkungen der Überlastungen können berücksichtigt werden. Dadurch gelingt eine realitätsnahe Bewertung. Die Anwendung dieses Bewertungsverfahrens verlangt die Kenntnis der Verkehrsnachfrageganglinie über einen gesamten Tag. Da diese in der Praxis häufig nicht vorliegen, wird die Verwendung typisierter Ganglinien vorgeschlagen. Es wird ein Verfahren zur Ermittlung der stündlichen Verkehrsstärken bei Kenntnis der

Spitzenstundenbelastung sowie dem typischen Verlauf der Nachfrage vorgestellt. Es basiert auf der Annahme, dass die Nachfrage der Spitzenstunde der Bemessungsverkehrsstärke entspricht.

3.4 Bewertung anhand des Reisezeitindex

Die Verwendung des Reisezeitindex ermöglicht die Bewertung des Kriteriums Reisezeit. Aus Nutzersicht ist diese Kenngröße besonders geeignet, die Qualität des Verkehrsablaufs zu beschreiben. Der Reisezeitindex beschreibt das Verhältnis von mittlerer Reisezeit bei einer bestimmten Verkehrsqualität zu einer akzeptablen Reisezeit. Als akzeptable Reisezeit wird die Reisezeit vorgeschlagen, die bei einer Auslastung von 90 % im Mittel realisiert werden kann. Bei dieser Auslastung wird die maximale Leistungsfähigkeit der Verkehrsanlage erreicht. Durch die Indexbildung können Einflüsse von Streckeneigenschaften sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen berücksichtigt werden. Damit werden vergleichende Bewertungen von Strecken mit unterschiedlicher Charakteristik möglich. Gleichzeitig ermöglicht dieses Verfahren eine einheitliche, zusammenfassende Bewertung von Folgen verschiedener Verkehrsanlagen.

4 Folgerungen für die Praxis

Generell reagieren die Bewertungsverfahren im Bereich der Überlastung sensitiver auf Änderungen der Eingangsdaten als im fließenden Verkehr. Aus diesem Grund sind hohe Ansprüche an die Qualität der Eingangsdaten zu stellen. Gerade an innerstädtischen Knotenpunkten und vor allem bei der Bewertung von Strömen mit geringer Kapazität können Unsicherheiten in den Eingangsdaten zu einer deutlichen Über- oder Unterschätzung der Wartezeiten führen. Vor dem Hintergrund der hohen Sensitivität ist die Verwendung von vier Überlastungsstufen kritisch zu hinterfragen. Da die Stufenbildung eher ein politisches denn verkehrstechnisches Werkzeug darstellt, ist eine Diskussion über die Anzahl der Qualitätsstufen notwendig.

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Bewertung der Eignung der einzelnen Verfahren für die untersuchten Verkehrsanlagen. Es ist allerdings zu betonen, dass diese Bewertung von vielen Faktoren abhängig ist und sich mit Weiterentwicklung der Kenntnislage ändern kann.

Der Einsatz von Computerprogrammen zur Bewertung von Überlastungssituationen wird empfohlen. Aufgrund der Komplexität der Wirkungsdimensionen einer Überlastung führt die Vorgabe eines Papier-und-Bleistift-Verfahrens zu deutlichen Informationsverlusten und Ungenauigkeiten.

Generell kann der Einsatz der entwickelten Verfahren unterschieden werden in Bewertung bestehender Anlagen, z. B. im Rahmen von Dringlichkeitsreihungen, oder die Bemessung zukünftiger Verkehrsanlagen. Bemessungen im Bereich der Überlastung werden auch zukünftig nur in Ausnahmefällen umgesetzt. Wenn dies allerdings aufgrund baulicher und sonstiger Randbedingungen in Zukunft der Fall sein sollte, z. B. bei größeren innerstädtischen Verkehrsanlagen, muss ein einheitlicher Maßstab zur Bewertung der dann akzeptierten Überlastung existieren. Dies gelingt durch die aufgezeigten Qualitätsabstufungen. So kann der Baulastträger entscheiden, inwieweit leichte Überlastungserscheinungen (F1) über einen kurzen Zeitraum in der Bemessung toleriert werden können.

Vorwiegend wird das Anwendungsgebiet der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Bewertungsverfahren jedoch in der Bewertung existierender Anlagen gesehen. So können im Rahmen von Dringlichkeitsreihungen finanzielle Mittel effizient eingesetzt werden, indem gleiche Anlagen verglichen und das Verbesserungspotenzial der Verkehrsqualität durch eine Maßnahme quantifiziert werden kann.

Die im Rahmen dieses Projekts entwickelten Verfahren sind sowohl für die Bewertung als auch die Bemessung von Verkehrsanlagen geeignet. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es mit dieser Arbeit gelungen ist, standardisierte Verfahren zur differenzierten Bewertung von Überlastungssituationen zu entwerfen. Eine eindeutige Auswahl eines am meisten geeigneten Verfahrens ist abhängig von der Frage, ob an einem Papier-und-Bleistift-Verfahren festgehalten werden soll. In Anbetracht der Tatsache, dass Qualitätsnachweise in der Praxis zum Großteil mithilfe von Software erbracht werden, sollte das Verfahren der Ganztagsbetrachtung trotz seines Aufwands in die engere Wahl gezogen werden. Der Informationsgewinn gegenüber den anderen Verfahren rechtfertigt den Aufwand.

5 Literatur

Baumgaertner, W. E. (1996): Levels of Service. Getting Ready for the 21st Century, in: ITE Journal 66 (1996), Heft 1, S. 36-39.

Cameron, P. E. (1996): G3 F7 – An Expanded LOS Gradation System, in: ITE Journal 66 (1996), Heft 1, S. 40-41.

Kimber, R. M.; Hollis, E. M. (1979): Traffic Queues and Delays at Road Junctions. (Transport and Road Research Laboratory Report ; 909).

Lomax, T.; Turner, S.; Shunk, G. (1997): Quantifying Congestion. Volume 1, Final Report, Transportation Research Board, Washington D.C. (NCHRP Report ; 398).

Lomax, T.; Turner, S.; Shunk, G. (1997): Quantifying Congestion. Volume 2, User's Guide, Transportation Research Board, Washington D.C. (NCHRP Report ; 398).

May, A. D. (1997): Performance Measures and Levels of Service in the Year 2000 Highway Capacity Manual. Final Report, NCHRP Project 3-55 (4) TRB, National Research Council, Washington, D.C., Oct. 31, 1997.

Tabelle 1: Eignung der untersuchten Bewertungsverfahren für verschiedene Verkehrsanlagen
 ++ sehr geeignet + geeignet 0 neutral

| | Streckenabschnitte von Autobahnen | Streckenabschnitte von Landstraßen | Knotenpunkte mit LSA | Knotenpunkte ohne LSA |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Qualitätskriterien des fließenden Verkehrs | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zusammenbruchswahrscheinlichkeit | ++ | | | |
| Ganztagsbetrachtung | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Reisezeitindex | ++ | + | 0 | 0 |