
Kurzfassung der Diplomarbeit

Name: Daniel Eckhardt

Thema: Bewertung der Eignung verschiedener Kenngrößen zur Qualität des Verkehrsflusses für die Abschätzung von Umweltwirkungen des Verkehrs

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze, Dipl.-Ing. Sven Kohoutek

In den letzten Jahren sind die Menschen zunehmend sensibler für die negativen Folgen schädlicher Umweltwirkungen des Verkehrs geworden. Steigende Verkehrsbelastungen vor allem im innerörtlichen Bereich sind die Ursache der steigenden Umweltbelastungen. Insbesondere der verkehrsbedingte Lärm sowie die Emittierung von gesundheitsschädlichen Luftschadstoffen stehen im Zentrum der Diskussion. In vielen Städten und Gemeinden wurden bereits Luftreinhaltepläne erarbeitet und Maßnahmen zur Reduzierung von Luftschadstoffen unternommen. Ziel ist eine Senkung der verkehrsbedingten Emissionen. Von Interesse sind dahingehend vor allem stark frequentierte Hauptverkehrsstraßen sowie Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen, da dort die größten Emissionsbelastungen zu erwarten sind.

Vor allem eine Änderung des Verkehrszustandes führt zu Umfeldbeeinträchtigungen durch Lärm und Luftschadstoffe. Als maßgebende Ursache der Umweltbelastungen gelten Stauzustände und Behinderungen des flüssigen Verkehrsablaufes. Es wird daher eine Verflüssigung des Verkehrs angestrebt, um so die Umweltbelastungen zu minimieren.

Kenngrößen der Verkehrsqualität eignen sich zur Beschreibung des Verkehrszustandes. Sie werden in den gültigen Regelwerken herangezogen, um Aussagen über den Verkehrsablauf auf Straßenverkehrsanlagen zu beschreiben. Inwiefern sie aber auch geeignet sind, Rückschlüsse auf die Umweltwirkungen des Verkehrs zuzulassen, soll Gegenstand dieser Arbeit sein. Es wird sich dabei ausschließlich auf die Betrachtung von innerörtlichen, lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten beschränkt.

In einem ersten Schritt werden dazu die Kenngrößen der Verkehrsqualität mittels einer Literaturrecherche identifiziert. Basis der Betrachtungen sind das HBS 2001 sowie das amerikanische HCM 2000. Ergänzend dazu wurden andere Verfahrensansätze herangezogen und wenn möglich gegenübergestellt. Es wurden die Möglichkeiten der Ermittlung der Kenngrößen dargestellt sowie die Aufwände zu deren analytischer Berechnung und empirischer Erhebung geklärt. Ferner wurden die Abhängigkeiten von den maßgebenden Eingangsgrößen dargestellt. Als wichtigste Kenngrößen der Verkehrsqualität wurden die mittlere Wartezeit, der Sättigungsgrad, die Anzahl der Halte, die Rückstaulängen, die Bewertung der Koordinierung, die Verkehrsdichte sowie die Reisezeit und die Reisegeschwindigkeit identifiziert sowie die maßgebenden Eingangsgrößen festgestellt. Als solche können die Verkehrsstärke sowie die Prozessdaten der Lichtsignalanlage (Umlaufzeit, Freigabezeit) angesehen werden.

In einem zweiten Schritt wurde überprüft, inwiefern die analytisch ermittelten Kenngrößen mit den tatsächlichen empirisch erhobenen Werten übereinstimmen. Auf diese Weise soll der Grad der Aussagekraft einer gerechneten Kenngröße geklärt werden, also inwieweit diese in der Lage ist, den tatsächlich vorhandenen Verkehrszustand realitätsnah abzubilden. Dafür wurde eine empirische Erhebung mittels Videoüberwachung einer ausgewählten Knotenpunktzufahrt in Darmstadt durchgeführt. Die Videoerfassung erfolgte über das Teleskopmastverfahren während der nachmittäglichen Spitzenstunden über einen Beobachtungszeitraum von zwei Stunden. Als geeignete Kenngrößen konnten die mittlere Wartezeit, die Anzahl der Halte sowie der Rückstau nach Rotende identifiziert werden. Ferner wurde eine Verkehrserhebung durchgeführt zur Bestimmung der Verkehrsstärken auf den beiden vorhandenen Fahrstreifen. Die Erhebungen wurden auf zwei Aggregationsebenen im fünf Minuten Intervall

(hochauflösend) sowie in einem „gröberen“ 60 Minuten Intervall, das dem Vorgehen im HBS 2001 entspricht, durchgeführt.

Die ausgewählten Kenngrößen wurden ferner auf Grundlage der Verfahren nach HBS 2001 sowie anderer ergänzender Verfahren analytisch bestimmt. Eine Gegenüberstellung mit Vergleich der empirischen und analytischen Ergebnisse kann über den Grad der Übereinstimmung eine Aussage über die generelle Eignung einer analytisch bestimmten Kenngröße geben, inwieweit diese den Verkehrszustand realistisch abbilden kann. Betrachtet wurden sowohl die betragsmäßigen Übereinstimmungen als auch die Übereinstimmung der relativen Verläufe. Dabei stellte sich heraus, dass teils große Unterschiede zwischen den Fahrstreifen auftreten. Die betragsmäßigen Übereinstimmungen sind für die betrachteten Kenngrößen vielfach sehr gering. Es treten große Abweichungen auf. Demgegenüber stimmen die relativen Verläufe der empirischen und analytischen Ermittlungen oftmals überein. Dies trifft insbesondere auf die Gegenüberstellung des fünf Minuten Intervalls zu. Der Grund für die betragsmäßigen Abweichungen sind vor allem in der Modellbildung der Berechnungsverfahren in den Regelwerken zu suchen, die den Verkehrsablauf sehr stark abstrahieren sowie die empirische Erhebung selbst. In dieser können Messfehler und Messungenauigkeiten zu Unstimmigkeiten und Abweichungen führen. Ferner wurde eine große Abhängigkeit der Kenngrößen der Verkehrsqualität von der Verkehrsstärke in den analytischen Berechnungsverfahren nach HBS 2001 festgestellt, die auch durch die empirischen Erhebungen belegt werden konnte. Der große Einfluss der Verkehrsstärke auf die Verläufe der untersuchten Kenngrößen konnte dagegen nicht belegt werden. Ferner ist festzustellen, dass das HBS 2001 die Beträge und Verläufe der Kenngrößen vielfach überschätzt. Als generelles Ergebnis der Gegenüberstellung kann festgehalten werden, dass die betrachteten Kenngrößen den Verkehrszustand in der Knotenpunktzufahrt nur bedingt wiedergeben.

In einem letzten Schritt wurde untersucht, inwiefern die betrachteten Kenngrößen auch zur Abschätzung der Umweltwirkungen geeignet sind. Dafür wurde zunächst die Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Verkehrszustand und Emissionen geklärt. Als maßgebende Verkehrszustände in einer lightsignalgesteuerten Knotenpunktzufahrt können der flüssige Verkehrszustand sowie der Stau in der Knotenpunktzufahrt angesehen werden. Die Arbeit beschränkt sich dabei auf die Betrachtung der umweltwirksamen Luftschadstoffe Stickoxid und Feinstaub, die beide Bestandteil der derzeitigen Diskussionen sind. Es gilt dabei zwischen motorbedingten und nicht-motorbedingten Emissionen zu unterscheiden. Stickoxide werden allein durch Verbrennung fossiler Energieträger motorbedingt emittiert. Demgegenüber werden Feinstäube sowohl motorbedingt als auch nicht-motorbedingt emittiert. Als ursächlich für die motorbedingten Stickoxid- und Feinstaubemissionen sind die Dieselmotoren von Last- und Personenkraftwagen zu sehen. Nicht-motorbedingte Emissionen resultieren aus Reifen- und Fahrbahnabrieb, aus bremsbedingten Abrieben bei Verzögerungsvorgängen sowie vor allem aber aus Aufwirbelungsprozessen von Straßenstäuben. Es wurde festgestellt, dass ein unmittelbarer Wirkungszusammenhang zwischen Verkehrszustand und Emissionsausstoß besteht. Über einen bestimmten Verkehrszustand können somit unmittelbar auch Rückschlüsse auf die Emittierung von Stickoxiden und Feinstäuben geschlossen werden. Bei motorbedingten Emissionen spielt vor allem der Kraftstoffverbrauch eine maßgebende Rolle für das Maß der Emittierung. Bei nicht-motorbedingten Emissionen sind die gefahrenen Geschwindigkeiten für die Aufwirbelungsprozesse sowie die Halte von Fahrzeugen maßgebende Kriterien für die Emittierung von Feinstäuben. Als maßgebender Verkehrszustand für die Emittierung von Luftschadstoffen ist die Stausituation in der Knotenpunktzufahrt anzusehen. Es zeigte sich, dass insbesondere die Anzahl der Halte als geeignet erscheint, die motorbedingten und nicht-motorbedingten Emissionen in einer Knotenpunktzufahrt zu beschreiben.

Durch den unmittelbaren Wirkungszusammenhang zwischen Verkehrszustand und Emissionsausstoß kann daher unmittelbar auf die Eignung einer Kenngröße zur Abschätzung der Umweltwirkungen geschlossen werden. Die Beurteilung der Eignung erfolgte mittels einer Nutzwertanalyse auf Basis von zuvor definierten Bewertungskriterien. Als solche werden die Aufwände, die Aussagekraft sowie die Fehleranfälligkeit betrachtet. Der Aussagekraft kommt dabei die größte Bedeutung zu. Diese wurde bereits grundsätzlich in der Gegenüberstellung geklärt. Die Aufwände wurden bereits im ersten Schritt identifiziert und dargelegt. Die Fehleranfälligkeit für die analytische Berechnung der Kenngrößen wurde qualitativ abgeschätzt. Es wurde festgestellt, dass alle drei untersuchten Kenngrößen grundsätzlich geeignet zur Abschätzung der Umweltwirkungen durch Stickoxid und Feinstaubemissionen sind. Insbesondere die Anzahl der Halte ist geeignet, sowohl die motorbedingten als auch die nicht-motorbedingten Stickoxid- und

Feinstaubemissionen abzuschätzen. Der Rückstau nach Rotende sowie die mittlere Wartezeit eignen sich vorrangig für die Betrachtung der motorbedingten Emissionen.

Es sei an dieser Stelle jedoch angemerkt, dass die hier durchgeführten Untersuchungen als nicht repräsentativ gelten können, da die verwendeten Datensätze, auf denen der Vergleich basiert, zu gering sind. Die hier angegebenen Ergebnisse sind ausschließlich auf die untersuchte Knotenpunktzufahrt zu beziehen und nur unter Vorbehalt auf andere Verkehrssituationen oder andere Straßenverkehrsanlagen zu übertragen.

Daniel Eckhardt

02.07.2009