

Untersuchung und Eichung von Verfahren zur aktuellen Abschätzung von Staudauer und Staulängen infolge von Tages- und Dauerbaustellen auf Autobahnen

FA 3.313

Forschungsstelle: Universität GH Kassel, FG Verkehrstechnik
(Prof. Dr.-Ing. H. Zackor)

Bearbeiter: Beckmann, A.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn

Abschluss: Mai 2000

1. Ausgangssituation und Zielsetzung

In der Bundesrepublik Deutschland sind allein im Jahr 1997 insgesamt 710 länger dauernde Autobahnbaustellen, d.h. von mehr als 14-tägiger Dauer, mit einer Gesamtlänge von etwa 2000 km zur Erneuerung oder Verbreiterung von Fahrbahnen sowie zur Erhaltung von Brücken eingerichtet worden. Das bedeutet, dass bei einer mittleren Baustellendauer von fast vier Monaten durchschnittlich 5,6 % des Bundesautobahnnetzes durch Baustellen eingeschränkt sind. Zusätzlich registriert man jährlich etwa 30.000 Baustellen, deren Dauer 14 Tage unterschreitet.

Bau- und Wartungsarbeiten an Autobahnen haben durch die damit verbundenen Fahrstreifenreduzierungen und/oder -einengungen sowie Änderungen in der Linienführung einen großen Einfluss auf den Verkehrsablauf des von den Arbeiten betroffenen Autobahnabschnitts. Je nach Art der Verkehrsführung im Baustellenbereich (Fahrstreifenbreite im Baustellenbereich, Reduktion der Fahrstreifenanzahl, Überleitung auf die Gegenfahrbahn), der Gradienten, den Witterungsbedingungen, dem Schwerverkehrsanteil und dem Anteil ortsunkundiger Fahrzeugführer reduziert eine Baustelle die Kapazität des betroffenen Autobahnabschnitts. Übersteigt die Verkehrsnachfrage die im Baustellenbereich vorhandene Kapazität, entsteht vor der Baustelle ein Rückstau. Dieser verursacht für alle die Baustelle passierenden Fahrzeuge erhöhte Unfallrisiken, Reisezeitverluste, Komforteinbußen, einen erhöhten Kraftstoffverbrauch und dadurch zusätzliche Abgasemissionen.

Die Vorausberechnung der stauerzeugenden Wirkung einer Baustelle ist für die Planung der Baustelle wichtig und kann zusätzlich zur Information der Verkehrsteilnehmer sinnvoll genutzt werden. In der Bauplanungsphase kann die Stauwirkung einer geplanten Baustelle durch eine geeignete Wahl der Verkehrsführung unter Beachtung der Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) und durch die Auswahl eines Zeitraumes zur Baudurchführung mit eher geringerer Verkehrsbelastung entsprechend klein gehalten werden. Insbesondere für Tagesbaustellen, die sowohl auf freier Strecke als auch innerhalb einer Dauerbaustelle notwendig sein können, hat die zeitliche Planung der Baudurchführung einen entscheidenden Einfluss auf die Stauwirkung der Baustelle. Bei Dauerbaustellen ist dagegen eher die gewählte Verkehrsführung ausschlaggebend für ihre Stauwirkung. Eine z.B. über Fernsehen, Rundfunk, Tageszeitungen und das Internet verbreitete Stauprognose für Autobahnbaustellen kann von Fahrzeugführern für ihre Reiseplanung genutzt werden. Sie können auf voraussichtlich staufreie Zeitbereiche oder auf Alternativrouten ausweichen. Außerdem können Stauprognosen für Autobahnbaustellen als zusätzliche Eingangsdaten für Verkehrsleitsysteme verwendet werden.

Ziel des Forschungsprojektes war daher die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem sowohl vor der Einrichtung einer Baustelle als auch während ihres Bestandes zuverlässige Aussagen über die Stauwirkung der entsprechenden Baustelle (Ausdehnung und Dauer des Baustellenstaus) und die durch den Baustellenstau verursachten Zeitverluste gemacht werden können. Das Hauptaugenmerk lag in diesem Zusammenhang auf der Ent-

wicklung eines Verfahrens zur Abschätzung der Kapazität des Baustellenengpasses.

2. Untersuchungsmethodik

Um die beschriebenen Ziele zu verwirklichen, erfolgte im ersten Teil der Arbeit eine ausführliche Analyse des Standes von Wissenschaft und Praxis. Nach einer Umfrage bei mit Stauerhebungen befassten Institutionen wurde zuerst auf mögliche Verfahren zur Prognose der Verkehrsnachfrage auf einem bestimmten Autobahnstreckenabschnitt eingegangen.

In einem weiteren Schritt wurden die verschiedenen Verfahren und Modelle zur Abschätzung der Kapazität eines Streckenabschnittes im Allgemeinen und eines Baustellenengpasses im Speziellen näher beleuchtet. Den Abschluss der Analyse bildeten die unterschiedlichen Modelle zur Nachbildung der Stauentwicklung.

Im zweiten Komplex erfolgte die Erarbeitung einer Datenbasis zur Überprüfung der vorhandenen und zur Eichung des zu entwickelnden Verfahrens. Dazu wurden sowohl automatisch erfasste Daten an umsetzbaren Stauwarnanlagen und anderen Autobahnstreckenabschnitten mit Baustellen ausgewertet als auch eigene Erhebungen durchgeführt. Im Zuge der Messungen wurde der Verkehrsablauf im Baustellenbereich auf Video aufgenommen und anschließend ausgewertet. Zusätzlich wurden Geschwindigkeitsganglinien und -profile durch ein im Strom mitfahrendes Fahrzeug, an dem ein optoelektronischer Sensor befestigt war, aufgenommen.

Bei der Erarbeitung der Datenbasis traten folgende Probleme auf:

- Die Auswahl von geeigneten (überstauten) Messstrecken wurde vor allem bei den Tagesbaustellen durch die relativ kurzfristige Planung der Autobahnmeistereien erschwert.
- Bei der Auswertung von automatisch erfassten Daten konnten häufig relevante Informationen nachträglich nicht mehr zugeordnet werden (z. B. Umfeldbedingungen, externe Störungen, Unfälle).

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse und den ermittelten Daten erfolgte dann die Entwicklung eines modifizierten Verfahrens zur Abschätzung der Kapazität eines Baustellenengpasses unter Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren. Dieses Verfahren wurde abschließend in ein Gesamtmodell zur Stauprognose – bestehend aus den Teilbereichen Ermittlung der Verkehrsnachfrage, Abschätzung der Kapazität und daraus resultierender Nachbildung der Stauentwicklung – eingebunden.

3. Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem vor Einrichtung und während des Bestandes einer Autobahnbaustelle Aussagen über die verkehrlichen Wirkungen getroffen werden können.

Grundlage der Stauprognose bildet auf der einen Seite die Verkehrsnachfrage im betrachteten Streckenabschnitt und auf der anderen Seite die Kapazität des Baustellenengpasses. Zur Ermittlung der Verkehrsnachfrage stehen – je nach Prognosehorizont – verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Bei einem Prognosehorizont von mehr als einigen Stunden kann die Verkehrsnachfrage ausschließlich auf der Basis historischer Daten abgeschätzt werden. In diesem Zusammenhang sind z. B. die typisierten Ganglinien aus den jährlichen Auswertungen der

Dauerzählstellen im deutschen Autobahnnetz zu nennen, die im Rahmen des Verfahrens zur Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen einer Baustelle in den Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Autobahnen (RBAP 96) angewendet werden. Liegt der Prognosehorizont unter dieser Grenze, können die Erwartungswerte der Verkehrsstärke auf einem bestimmten Streckenabschnitt durch den Einbezug von aktuell gemessenen Verkehrsdaten an die tatsächlichen Verkehrszustände angepasst werden.

Die Kapazität eines Baustellenengpasses wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. In der Literatur existieren verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung dieser Einflüsse. In diesem Zusammenhang sind vor allem die Untersuchungen von RESSEL sowie die bereits erwähnten Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Autobahnen (RBAP 96) zu nennen. Um einen Überblick über die Genauigkeit der Verfahren zu erhalten, wurden die gemäß den vorhandenen Verfahren ermittelten Kapazitätswerte mit den Werten der eigenen Datenbasis verglichen. Basierend auf den Ergebnissen dieses Vergleichs wurde anschließend ein modifiziertes Verfahren zur Abschätzung der Kapazität von Baustellenengpässen erarbeitet.

Dieses Verfahren geht (in Anlehnung an die RBAP 96) von einer Grundkapazität von 1 830 Pkw-E/h pro Fahrstreifen aus. Die verschiedenen Randbedingungen werden mittels Reduktionsfaktoren berücksichtigt (siehe Tab.1). Die Verknüpfung der Faktoren erfolgt multiplikativ.

Tabelle 1: Übersicht über Reduktionsfaktoren für die Ermittlung der Kapazität von Baustellenengpässen

Bedingung	Reduktionsfaktor
Allgemein	
Lage des Streckenabschnitts außerhalb von Ballungsräumen	0,95
Urlaubsverkehr	0,9
Widrige Witterungsbedingungen	0,85 – 0,95
Arbeitsaktivität in der Baustelle	0,95
Schwerverkehrsanteil (E = Äquivalenzwert)	$\frac{1}{(1 - SVA + SVA \cdot E)}$
Reduktion eines benachbarten Fahrstreifens	0,95
Dauerbaustellen	
Überleitung auf die Gegenfahrbahn	0,90 – 0,95
Geringe Fahrstreifenbreite	0,95
Tagesbaustellen	
Einfache Ausstattung (generell)	0,95
Verschwenkung von Fahrstreifen	0,90

Der Äquivalenzwert E, der zur Umrechnung der Schwerverkehrsfahrzeuge¹⁾ in Pkw-Einheiten benötigt wird, kann in Abhängigkeit von der Längsneigung, der Länge des Abschnittes mit Längsneigung sowie vom Schwerverkehrsanteil bestimmt werden. Die entsprechenden Diagramme sind aus den Angaben im Highway Capacity Manual (HCM 94) und den eigenen Erhebungen abgeleitet worden.

Die somit ermittelte Kapazität des Baustellenengpasses sowie die prognostizierte Verkehrsnachfrage bilden die Eingangsdaten für die eigentliche Modellierung der verkehrlichen Auswirkungen der Baustelle. Diese erfolgt mit Hilfe eines makroskopischen deterministischen Modells (Fundamentaldiagramm), wobei die Staulänge über Stoßwellengeschwindigkeiten beim Übergang zwischen verschiedenen Verkehrszuständen abgebildet wird.

Zum Einen bietet das Fundamentaldiagramm als Modellansatz gegenüber einfachen Warteschlangenmodellen den Vorteil, dass sowohl die zeitliche als auch die räumliche Ebene in die Betrachtung einbezogen werden, zum Anderen kann das Modell im Gegensatz zu mikroskopischen Ansätzen (z. B. Fahrzeugfolgemodell) durch wenige Parameter einfach kalibriert und damit an aktuelle Messwerte angepasst werden.

Um eine leichtere Anwendung des Stauprognoseverfahrens zu ermöglichen, wurde das entwickelte Modell abschließend in ein EDV-Programm umgesetzt.

4. Empfehlungen

Das in dem Forschungsvorhaben entwickelte Verfahren zur Stauprognose an Autobahnbaustellen liegt als anwendungsbe-reites EDV-Programm vor. Um Aussagen über die Qualität des Verfahrens treffen zu können, wird der Einsatz des Programms in einem Pilotprojekt bei verschiedenen Stellen, die sich mit der Bereitstellung und Verwertung von Verkehrsinformationen befassen, empfohlen. Durch die Überprüfung in der Praxis soll gezeigt werden, inwieweit die Prognosen in verschiedenen Situationen zutreffen.

In diesem Zusammenhang ist zum Einen zu klären, ob die auftretenden Fehler durch Veränderungen an den Parametern (z. B. Reduktionsfaktoren) oder an den Erstversorgungen der Zahlenwerte (z. B. Grundkapazität) korrigiert werden können bzw. inwieweit die Fehler durch Ungenauigkeiten in den Eingangsdaten (z. B. Verkehrsnachfrage) verursacht werden. Zum Anderen sollte die Anwenderfreundlichkeit des Programms getestet und kritisch bewertet werden. Insbesondere der Einsatz von Datenbanken zur Versorgung der Eingangsdaten sollte vorangetrieben werden. Auf eine diesbezügliche Vorgabe im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde verzichtet, da die Struktur der vorhandenen Straßen- und Verkehrsdatenbanken von Anwender zu Anwender stark differiert.

Im Rahmen der weiteren Betreuung des Programms sollten auch die Entwicklungen im Ausland einbezogen werden. □

¹⁾ Hier: alle Fahrzeuge außer Pkw und Krad