

Strategien zur Verkehrssteuerung an hoch belasteten BAB-Anschlussstellen

FA 3.309

Forschungsstelle: Universität Gh Kassel, Fachgebiet Verkehrstechnik (Prof. Dr.-Ing. Zackor)

Bearbeiter: Möller, B. / Rheinländer, J.-H.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn

Abschluss: November 1999

1. Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Fahrleistungen des motorisierten Straßenverkehrs sind in Deutschland in den letzten Jahren ständig gestiegen und werden mit großer Wahrscheinlichkeit auch zukünftig weiter steigen. Diese Entwicklung ist zum Einen auf das steigende Mobilitätsbedürfnis der Bevölkerung und zum Anderen auf die infolge der immer arbeitsteiligeren Wirtschaftsprozesse, der Einführung des Europäischen Binnenmarktes und der zunehmenden Öffnung der osteuropäischen Volkswirtschaften weiter anwachsenden Güterverkehrsströme zurückzuführen.

Besonders betroffen von dieser Entwicklung sind die deutschen Autobahnen. Auf ihrem rund 11.300 km langen Streckennetz – das entspricht einem Anteil von etwa 2 % am gesamten deutschen Straßennetz – werden, mit zukünftig vermutlich weiter

steigender Tendenz, rund 30 % der Fahrleistungen im motorisierten Straßenverkehr erbracht. Dies führt heute und in Zukunft zu einer weiteren Verschärfung der bereits vorhandenen verkehrlichen Probleme, insbesondere im Hinblick auf die störungsfreie Abwicklung der Verkehrsströme im Bereich von Ballungsgebieten beim Übergang zwischen dem hochleistungsfähigen Autobahnnetz und dem weniger leistungsfähigen untergeordneten Straßennetz.

Bisher wurde versucht, den durch hohes Verkehrsaufkommen in den Ein- und Ausfahrten der Autobahnen auftretenden Verkehrsproblemen durch Streckenbeeinflussungsanlagen auf der Autobahn und Lichtsignalanlagen im untergeordneten Netz entgegenzuwirken. Zur Optimierung der Verkehrssteuerung im Rahmen eines integrierten Verkehrsmanagements ist eine Abstimmung der Steuerungsstrategien der an einer Anschlussstelle eingesetzten Steuerungsmaßnahmen von Vorteil. Ziel des Forschungsberichts war deshalb, die Möglichkeiten von koordinierten Steuerungsmaßnahmen für hoch belastete Autobahn-Anschlussstellen aufzuzeigen. Insbesondere sollten dabei die auftretenden Wechselwirkungen zwischen den Steuerungsmaßnahmen im Autobahnnetz und im untergeordneten Netz berücksichtigt werden. Wichtiger Bestandteil war die Beantwortung der Frage, inwiefern Verknüpfungsmöglichkeiten im Hinblick auf verkehrstechnische, systemtechnische und organisatorische Gesichtspunkte bestehen.

2. Untersuchungsmethodik

Um die beschriebenen Ziele zu verwirklichen, werden zunächst in der Problemstellung die verkehrstechnischen und organisatorisch-institutionellen Aspekte der Steuerung sowie die charakteristischen Verkehrsabläufe und Störungen an hoch belasteten Anschlussstellen beschrieben. Anschließend erfolgt eine detaillierte Untersuchung von möglichen Steuerungsmaßnahmen und deren Kombination für die betrachteten Teilbereiche einer Anschlussstelle „Einfahrt“, „Ausfahrt“ und „Netz“.

Es folgt eine umfangreiche Analyse von Anwendungsfällen in Deutschland und im Ausland. Dabei werden Steuerungsmaßnahmen und -strategien, Systemarchitektur und Organisation sowie Erfahrungen beim Betrieb der Anlagen dargestellt. Im Hinblick auf ausländische Beispiele wird die Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse thematisiert.

Aufbauend auf den Informationen und Erfahrungen aus den Anwendungsfällen werden auf der Grundlage geeigneter ausgewählter Maßnahmen Steuerungsverfahren für hoch belastete Anschlussstellen entwickelt, die verschiedene entwurfstechnische Ausbildungen einer Anschlussstelle berücksichtigen. Die Steuerungsverfahren orientieren sich an den charakteristischen, an hoch belasteten Anschlussstellen häufig auftretenden Störfällen und sollen zur Verbesserung des Verkehrsablaufs und damit zur Erhöhung der Kapazität der Anschlussstellen beitragen sowie negative Auswirkungen der Überlastung möglichst vermeiden. Die Entwicklung der Steuerungsverfahren wird primär auf der verkehrstechnischen Ebene durchgeführt, jedoch werden auch Hinweise auf Systemarchitekturen und sinnvolle Kompetenzverteilungen gegeben.

Um die praktische Relevanz der entwickelten Steuerungsverfahren zu überprüfen, werden die Anschlussstellen des deutschen Autobahnnetzes hinsichtlich eines sinnvollen Einsatzes untersucht. Anhand eines entwickelten Kriterienkataloges werden relevante Anschlussstellen in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden ausgewählt. Das Ergebnis ist ein Vorschlag, welche Anschlussstellen des deutschen Autobahnnetzes für eine koordinierte Steuerung in Frage kommen. Schließlich werden die Algorithmen an zwei Fallbeispielen überprüft und projektbezogen ausgearbeitet. Dafür wird eine Anschlussstelle an einer Stadtautobahn, sowie eine Anschlussstelle an einer Fernverkehrsautobahn ausgewählt.

Abschließend werden aus den erarbeiteten Steuerungsverfahren und den zusammengetragenen Erfahrungen Empfehlungen für die verkehrstechnische Gestaltung und den Einsatz von Verfahren zur Verkehrssteuerung an hoch belasteten Autobahn-Anschlussstellen abgeleitet.

3. Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden Steuerungsstrategien für hoch belastete Anschlussstellen aufgezeigt, die eine Kombination aus Steuerungsmaßnahmen für das Autobahnnetz und das untergeordnete Netz darstellen. Durch die vorgeschlagene Systemarchitektur besteht die Möglichkeit der Integration des Steuerungsverfahrens in ein umfassenderes Verkehrsmanagement.

Die Analyse der Projektbeispiele aus dem In- und Ausland zeigt, dass es zur Lösung der verschiedenen auftretenden Verkehrsprobleme an hoch belasteten Anschlussstellen zahlreiche Ansätze für Steuerungsmaßnahmen gibt, die die Verkehrssteuerung des Autobahnnetzes mit der des untergeordneten Netzes kombinieren. Wesentliche Bestandteile einer integrierten Steuerung bilden Steuerungsmaßnahmen, die sich in der Vergangen-

heit bereits bewährt haben. Dazu gehört die Geschwindigkeitsbeeinflussung, die weltweit mit Erfolg zur Verbesserung des Verkehrsablaufs auf hochbelasteten Schnellstraßen eingesetzt wird, und die Wechselwegweisung im Autobahnnetz sowie die verkehrabhängige Lichtsignalsteuerung mit Rückstauüberwachung im untergeordneten Straßennetz. Nur wenige Erfahrungen liegen in Deutschland bei der Zuflussdosierung vor, die jedoch im europäischen Ausland angewendet wird und vor allem in den USA große Verbreitung findet. Im Rahmen der Verkehrsbeeinflussungsanlage A 40 zwischen Dortmund und Duisburg laufen umfangreiche Untersuchungen zur Zuflussdosierung, die nach Abschluss des Projekts wichtige Erkenntnisse zur Anwendung der Zuflussdosierung in Deutschland erwarten lassen. Integrierte Steuerungsmaßnahmen im Bereich von Anschlussstellen werden in Deutschland vor allem in den Projekten „Verkehrsbeeinflussung auf Bundesstraßen im Zuge der A 10 zwischen den Anschlussstellen Berlin-Weißensee und Erkner“, „Verkehrsbeeinflussung auf der A 94 im Bereich der Neuen Messe München“ sowie „TABASCO München“ (Einbeziehung einer städtischen Alternativroute in die Wechselwegweisung München-Nord) erprobt.

Anhand der Erkenntnisse aus den Projektbeispielen werden die folgenden Maßnahmen für die Steuerungsfelder „Einfahrt“, „Ausfahrt“ und „Netz“ ausgewählt und in eine Steuerungsstrategie eingebunden:

- Steuerungsfeld Einfahrt
 - Verkehrsabhängige Geschwindigkeitsbeeinflussung (fahrbahn- oder fahrstreifenbezogen) als Einfahrhilfe
 - Rampenzuflusskontrolle durch Zuflussorientierung mittels Rampen-LSA
 - Fahrstreifensignalisierung (nur in Ausnahmefällen)
- Steuerungsfeld Ausfahrt
 - Verkehrsabhängige Geschwindigkeitsbeeinflussung zur Erleichterung von Verflechtungsvorgängen
 - Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung am Rampenanschluss in Verbindung mit einer Stauraumüberwachung in der Ausfahrt sowie einer Stauwarnung auf der Autobahn
- Steuerungsfeld Netz
 - Alternativroutensteuerung auf der Autobahn und im untergeordneten Netz
 - Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung im untergeordneten Netz
 - Verkehrsinformation durch Wechselverkehrszeichen
 - Koordinierung von Maßnahmen an aufeinander folgenden Anschlussstellen.

Die Steuerungsstrategien für die Bereiche Einfahrt und Ausfahrt basieren auf hierarchisch aufeinander aufgebauten Maßnahmebündeln und sehen zumindest eine lokale Steuerung einer hoch belasteten Anschlussstelle vor. Erst wenn die lokalen Maßnahmen nicht mehr ausreichend sind, wird auf netzbezogene Maßnahmen zurückgegriffen. Der entwickelte Steuerungsalgorithmus ist für die Bereiche Einfahrt und Ausfahrt als Flussdiagramm dargestellt.

Neben den verkehrstechnischen Inhalten der Steuerung wurde zusätzlich die organisatorisch-institutionelle Ebene betrachtet. Im Hinblick auf die Kompetenzverteilung bei Planung und Betrieb der Anlagen muss eine Abstimmung zwischen den beteiligten Behörden herbeigeführt werden, so dass alle die Verkehrssteuerung betreffenden Regelungen in einer Kooperationsvereinbarung festgelegt werden können. Die Umsetzung der Steuerungsstrategien kann dann von einer Verkehrsleit- oder Verkehrsrechnerzentrale vorgenommen werden. Eine wesentliche in der politischen Ebene angesiedelte Aufgabe, die zwischen den Beteiligten abgestimmt werden muss, ist die Festlegung der Wertpräferenzen. Konkret bedeutet das eine Entscheidung darüber, welches der beiden Teilnetze nicht vermeidbare Stauungen aufnimmt. Danach können dann Schwellenwerte und die

Bewertung von Wirkungen innerhalb einer Zielfunktion festgelegt werden. In der vorliegenden Arbeit werden diese normativen Elemente deshalb nur beispielhaft berücksichtigt.

Bei der Umsetzung des Steuerungskonzeptes in ein konkretes technisches System ist die hierarchische Gliederung nach TLS (technische Lieferbedingungen für Streckenstationen) einzuhalten, so dass die Integration in ein Gesamtsystem zur Verkehrssteuerung möglich ist. Grundsätzlich ist diese Hierarchie auch für Systemkomponenten im untergeordneten Netz maßgebend, wobei das Steuergerät einer Lichtsignalanlage die Funktion einer Streckenstation übernimmt. Dabei ist die Standardisierung der Schnittstelle zwischen Lichtsignalanlage und Unterzentrale noch nicht hinreichend geregelt.

Aufgrund der Analyse auftretender Störfälle und einer Umfrage bei zuständigen Behörden konnten die an hoch belasteten Anschlussstellen auftretenden Verkehrsprobleme auf zwei wesentliche Störfälle reduziert werden:

Im Ausfahrtsbereich hängt die Kapazität im Wesentlichen von der Lichtsignalanlage am Rampenanschluss ab. Sind die Freigabezeiten für Ströme von der Ausfahrtrampe zu gering, um die auftretenden Verkehrsmengen abzuführen, kommt es zum Rückstau, der sich bis auf die Richtungsfahrbahn ausbreiten und dort zu einem erheblichen Unfallrisiko führen kann.

Die Ursache für einen weiteren häufig auftretenden, den Einfahrtsbereich betreffenden Störfall ist eine hohe, nur knapp unterhalb der Kapazitätsgrenze liegende Verkehrsbelastung auf der Richtungsfahrbahn. Die pulkförmig eintreffenden zufahrenden Fahrzeuge führen in diesem Fall zu einer Überlastung der Autobahn mit den entsprechenden Verkehrsstörungen im Autobahnnetz und im untergeordneten Netz.

In der Praxis kommen die geschilderten Störfälle insgesamt gesehen eher selten vor. Die betroffenen Anschlussstellen liegen ausschließlich in den Ballungsräumen, da dort die entsprechenden hohen Verkehrsbelastungen im Autobahnnetz und im untergeordneten Netz (einschließlich der Rampen) auftreten. In einigen Fällen können aufgrund der hohen Verkehrsbelastungen zusätzliche betriebliche Maßnahmen vermutlich nicht zu einer

ausreichenden Kapazitätssteigerung beitragen, so dass bauliche Maßnahmen zur Vermeidung der Verkehrsstörungen in Betracht gezogen werden müssen.

4. Empfehlungen

Für die Steuerungsstrategien an hoch belasteten Anschlussstellen kann als Empfehlung eine weitgehend standardisierte Struktur vorgegeben werden, sofern es sich um lokale Maßnahmen an der betroffenen Anschlussstelle handelt. Zur Steuerung des Einfahrtsbereichs ist eine Kombination von fahrstreifenbezogener Geschwindigkeitsbeeinflussung und Zuflussdosierung vorgesehen, im Ausfahrtsbereich kann die Maßnahmenkombination einer verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung mit Stauüberwachung und einer Stauwarnung empfohlen werden. Zur Entlastung der betroffenen Anschlussstellen ist in beiden Fällen zusätzlich eine Netzsteuerung denkbar. Für eine Netzsteuerung ist im Unterschied zur lokalen Steuerung eine Standardisierung kaum möglich, da die Netzstrukturen sehr individuell sein können. Im Rahmen dieser Arbeit sind daher nur allgemeine Hinweise für eine projektbezogene Ausarbeitung möglich. In der Praxis wird eine Netzsteuerung vermutlich nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen, da eine geeignete Alternativroute in Ballungsräumen selten verfügbar ist. Aufgrund der hohen Netzdichte im städtischen Netz und des hohen Anteils an ortskundigen Fahrern ist außerdem der Anteil der verlagerbaren Verkehrsteilnehmer gering einzuschätzen.

Als weniger aufwändige, aber wirksame Alternative zur Netzsteuerung kann die Information der Verkehrsteilnehmer durch Wechselverkehrszeichen empfohlen werden, so dass ortskundige Fahrer in die Lage versetzt werden, selbständig eine Alternativroute zu wählen. Im Zusammenhang mit dem in Zukunft zu erwartenden zunehmenden Einsatz von individuellen dynamischen Informationssystemen kann auch ein ortskundiger Verkehr entsprechend beeinflusst werden.

Im Hinblick auf die noch nicht abgeschlossenen Begleituntersuchungen insbesondere zur Zuflussdosierung an der A40 ist zunächst abzuwarten, ob sich die bisherigen in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse und Empfehlungen bestätigen. □