

ren 1986 – 1988 aufgrund dieses deutlich angestiegenen Inlandsabsatzes an Vergaser- bzw. Dieselmotorkraftstoff.

Nach einem zwischen 1978 (23,0 Mio.t) und 1985 (23,1 Mio.t) konstanten Verbrauch an Vergaserkraftstoff, aber einem gestiegenen Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff (1978: 12,2 Mio.t, 1985: 13,9 Mio.t), gab es zwischen 1985 und 1988 in beiden Bereichen wieder kräftige Absatzzunahmen: +12,5% (auf 26,0 Mio.t) bei Vergaserkraftstoff und + 12,6% (auf 16,4 Mio.t) bei Dieselmotorkraftstoff (nach Daten des Bundesamtes für Wirtschaft, Eschborn). Hierbei ist die Zunahme des Anteils der Pkw mit Dieselmotor zu berücksichtigen: Am 1. 7. 85 betrug er 9,1%, am 1. 7. 88 dagegen 13,3% am Pkw-Gesamtsbestand (nach Angaben des KBA), so daß die spezifische Verbrauchszunahme bei den Pkw mit Ottomotor noch höher ausfällt.

- Die Zunahmen 85/88 der DTV-Werte des Lkw-Verkehrs – ohne Trennung nach Güternah- und Güterfernverkehr – haben zwar mit ca. 10% auf Bundesautobahnen und ca. 6% auf Bundesstraßen nur etwa die Hälfte der Zunahmen des Kfz-Gesamtverkehrs erreicht, doch liegen diese Zunahmen wie beim Kfz-Verkehr erheblich über denen zurückliegender Jahre. Der günstige Konjunkturverlauf, die Belegung des privaten Verbrauchs, der Bauwirtschaft und der Investitionsgüterindustrie sowie der hier besonders positiv durchschlagende milde Winter 1988 respektive der strenge Winter 1985 haben zu diesen Zunahmen geführt.

Ausblick

Eine mittel- und langfristige Fortsetzung der in den letzten drei Jahren (1985 – 1988) beobachteten enormen Verkehrsentwicklung auf den hier betrachteten Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen (außerorts) ist aufgrund der genannten Randbedingungen unwahrscheinlich. Allein die demografische Komponente dürfte mittelfristig zu einer Dämpfung der Entwicklung führen, der jedoch die wachsende Erwerbstätigkeit der Frauen und die abnehmende Haushaltsgröße entgegenwirken. Dennoch wird bis zum Jahr 2000 mit deutlichen Zunahmen im Straßenverkehr zu rechnen sein, was besonders für die Fernstraßen gilt, denn dort werden sich die mobilitätssteigernden Auswirkungen des europäischen Binnenmarktes am ehesten bemerkbar machen.

Die vom IFO-Institut zu Jahresanfang für 1989 gemachten Voraussagen einer Fahrleistungszunahme „von nur noch reichlich 1%“ im Individualverkehr und 1,0% bzw. 1,5% im Straßengüterfern- bzw. -nahverkehr (bezogen auf alle Straßen) werden sicherlich erneut erheblich überschritten werden, wie das bei den IFO-Prognosen in den letzten Jahren mehrfach der Fall war. Der bisher ausgebliebene Winter und das insgesamt schöne Frühjahrswetter lassen für das 1. Halbjahr '89 annähernd gleich hohe Zuwachsraten wie in 1988 erwarten. Ergebnisse aus Dauerzählungen und die durch die BAST ermittelte Kfz-Fahrleistungszunahme von 9,2% für den Oster- und 3,6% für den Pfingstreiseverkehr auf Autobahnen stützen dies, ebenso die Kfz-Neuzulassungen von Januar bis April 1989 mit einem Zuwachs von 6,4% (bei den Pkw + 6,8%).

Somit wird für 1989 trotz der fahrleistungshemmenden Einflüsse der Kraftstoffverteuerung infolge der Mineralölsteuererhöhung ab 1. 1. 89, der gestiegenen Rohölpreise – diese Einflüsse beziffert IFO mit 1 bis 1,5 Prozentpunkte – sowie anderer Dämpfungseffekte (Witterung, abgeschwächter privater Verbrauch, geringere Bestandszunahmen) mit Kfz-Fahrleistungszunahmen von mehr als 6% auf Autobahnen und 3–4% auf Bundes- und Landesstraßen (außerorts) zu rechnen sein. Auch von 1989 nach 1990 dürften die Zuwachsraten auf diesen Straßen – extreme Witterungs- und Konjunkturreinbrüche ausgeschlossen – nur geringfügig niedriger ausfallen.

Schrifttum

BAST (Bundesanstalt für Straßenwesen) Jahresauswertung 1987 – Langzeitzählstellen, Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 42, 1988

ROLAND BERGER Forschungs-Institut, München. Forschungsvorhaben Pkw-Halter-Befragung über Fahrleistungen. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Ergebnis-Präsentation März 1989

Brühning, E.; Dreissus, S.: Entwicklung der Verkehrssicherheit auf europäischen Autobahnen – Vergleich einiger Länder mit hohem Motorisierungsgrad. Straße und Autobahn 40 (1989) Nr. 1, S. 1–3

Hotop, R.: Periodische Analyse des Verkehrsablaufs im Autobahnnetz (Entwicklung des Geschwindigkeits- und Abstandsverhaltens), Fortschreibung Herbst 1988. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Jan. 1989

IFO-Institut für Wirtschaftsforschung, München: Verkehrskonjunktur zeigt Bremsspurten, Prognosebericht zur Verkehrsentwicklung 1989. Sonderdruck aus Wirtschaftskonjunktur 2/1989, Hrsg.: Pressestelle des Bundesministers für Verkehr, Bonn

Lensing, N.; Schmidt, G.: Straßenverkehrszählung 1985 in der Bundesrepublik Deutschland – Jahresfahrleistungen und mittlere DTV-Werte. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 38, 1986

Rechnergestützte Optimierung der Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen – Wo stehen wir heute?

Manfred Boltze

1. Einleitung

Die Forderungen nach störungsfreiem Verkehrsablauf und nach wirtschaftlicher und umweltverträglicher Nutzung unserer Straßen haben in den vergangenen Jahren auch den Stellenwert der Optimierung von Lichtsignalsteuerungen bedeutend erhöht. Dies führte in mehreren Ländern zu einer raschen Entwicklung rechnergestützter Optimierungsverfahren. Während auf der einen Seite die praktische Anwendung eine Betrachtung immer komplexerer Zusammenhänge erforderte, ermöglichte auf der anderen Seite ein rascher Fortschritt in der Rechnertechnik die Hand-

habung immer größerer Datenmengen und den Einsatz immer komplizierterer Algorithmen. In anderen Ländern, zum Beispiel in Großbritannien oder in den USA, ist die Verwendung rechnergestützter Verfahren zur Optimierung der Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen schon vor einiger Zeit zum „Stand der Technik“ geworden. Die Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland verlief vergleichsweise langsamer.

Die Optimierung der Lichtsignalsteuerung ist ein äußerst komplexes Problem. Auch wenn nur der motorisierte Individualverkehr (MIV) in einem Straßennetz betrachtet wird, stellen manuell ermittelte Signalzeiten zwar eine vielleicht gute, in der Regel jedoch kaum die objektiv beste Lösung dar. (Wobei hier nicht der schwierige Versuch gemacht werden soll zu definieren, was eine „objektiv beste“ Lösung ist.) Die zusätzliche Berücksichtigung

Verfasserschrift: Dr.-Ing. Manfred Boltze, Fachbereich Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Technische Hochschule, Petersenstraße 15, 6100 Darmstadt

des öffentlichen Personennahverkehrs sowie des Fußgänger- und Radverkehrs lassen das Finden einer insgesamt optimalen Lösung fast unmöglich werden.

Es ist deshalb erforderlich, diese immer komplexer werdende Aufgabe unterstützt durch moderne Rechenanlagen zu bearbeiten. Durch ihren Einsatz wird es in Zukunft besser möglich sein, allen Aspekten in einer vom Anwender vorgegebenden Gewichtung gerecht zu werden. Bevor jedoch eine Einführung solcher rechnergestützter Verfahren in die Praxis zu erreichen ist, sind einerseits offensichtlich noch Hemmnisse auf der Anwenderseite auszuräumen; andererseits müssen durch Forschung und Entwicklung noch offene Fragen gelöst und praxisorientierte, anwenderfreundliche Verfahren bereitgestellt werden. Praxis und Theorie sollten dabei immer bestrebt sein, Aufwand und Nutzen in ein vernünftiges Verhältnis zu bringen.

2. Grundlagen und Grundsätze

Auf dem Gebiet der Lichtsignalsteuerung bedeutet die Ermittlung einer optimalen Lösung zum einen die Auswahl der optimalen Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen und Basiselementen der Signalprogramme (Phaseneinteilung und Phasenfolge, sofern keine Signalprogrammabildung durch den Rechner vorgesehen ist), zum anderen die Bestimmung der optimalen Parameter für die Signalsteuerung. Dementsprechend sind zahlreiche Größen in eine Optimierung einzubeziehen. Dies gilt insbesondere bei gleichzeitiger Betrachtung mehrerer Knotenpunkte. Der Optimierungsraum hat also sehr viele Dimensionen. Die meisten Parameter sind entweder direkten Restriktionen unterworfen (z. B. verfügbarer Straßenraum oder vorgegebene Mindestfreigabezeiten), oder es sind indirekte Restriktionen wirksam (z. B. maximale Wartezeit). Daher wird in der Regel ein nichtkonvexes Optimierungsproblem vorliegen, was bedeutet, daß ein Optimierungsverfahren unter Umständen nur ein lokales Optimum findet. Dann kann es mit einer ganz anderen Konstellation der Parameter (an einer anderen Stelle im Optimierungsraum) vielleicht eine noch bessere Lösung geben. Die Ermittlung des globalen Optimums ist bei derartigen Problemstellungen mit vertretbarem Rechenaufwand oftmals nicht möglich. Das gilt allein schon für die Lichtsignalsteuerung. Weit komplizierter und komplexer wird das Problem, wenn man die Gestaltung der Straßenverkehrsanlagen mit in die Optimierung einbezieht.

Blieben wir im folgenden bei der Lichtsignalsteuerung.

Lichtsignaltechnischen Berechnungen liegt immer ein bestimmtes Modell zugrunde. Ein solches Modell kann kein getreues Abbild der Realität sein. Es enthält vereinfachende Annahmen. Diese Modellunschärfen übertragen sich auch in ein Optimierungsverfahren und bewirken, daß in der Regel nicht das genaue Optimum gefunden wird. Die gleiche Folge hat die Tatsache, daß die zu optimierenden Parameter meist nicht aus einer stetigen Wertemenge zu wählen sind (z. B. Freigabezeit nur in Sekundenschritten; Signalprogrammabwahl). Darüber hinaus kann insbesondere bei festzeitgesteuerten Lichtsignalanlagen der stochastische Charakter des Verkehrsablaufs bewirken, daß eine optimale Einstellung nur für kurze Zeitdauern erreichbar ist. Schließlich muß noch auf die Bedeutung hingewiesen werden, welche die Auswahl der in ein Optimierungsverfahren einzubeziehenden Ziele und Bewertungskriterien für das Optimierungsergebnis hat. Für die Optimierung der Signalsteuerung in einem Straßennetz bestehen grundsätzlich zwei verschiedene Strategien. Bei der Strategie „Stadtfahrplan“ wird für ein System von Grünen Wellen ein möglichst guter Verkehrsfluß in den fest vorgegebenen Hauptrichtungen angestrebt. Dabei liegen Festzeitprogramme für die Signalsteuerung zugrunde, die für die erwarteten Verkehrsbelastungen off-line optimiert und zeitplanabhängig oder verkehrsbabhängig gewählt werden. Bei der Strategie „Schachspielmethode“ muß sich die Steuerung laufend den Erfordernis-

sen und Änderungen des Verkehrs anpassen und möglichst einige Zeit vorausdenken. Dazu ist eine On-Line-Optimierung erforderlich.

Wesentlicher Nachteil der On-Line-Optimierung ist, neben dem hohen Investitionsaufwand, daß zur fortwährenden Anpassung der Lichtsignalsteuerung an das Verkehrsgeschehen der Optimierungsprozeß in möglichst kurzen Abständen wiederholt werden muß. Die erforderlichen kurzen Rechenzeiten zwingen bisher zu vereinfachenden Annahmen im zugrundegelegten Modell, welche die Qualität des Optimierungsprozesses beeinflussen. Bei den Off-Line-Verfahren, auf die hier im wesentlichen eingegangen werden soll, spielt die erforderliche Rechenzeit heute bereits keine so große Rolle mehr. Die technischen Voraussetzungen für Optimierungsverfahren verbessern sich sehr rasch. Aus diesem Grund wurden aufwendige Modellentwicklungen, die eine Rechenzeiterparnis zum Ziel hatten, inzwischen auch schon aufgegeben (zum Beispiel beim kanadischen Programmsystem SSTOP). In Zukunft wird die Leistungsfähigkeit von Rechnern sicher noch größer werden, was die Anwendung qualitativ noch hochwertiger Modelle ermöglichen wird.

3. Stand der Entwicklung

Die Entwicklung von Optimierungsverfahren für die Lichtsignalsteuerung hat heute bereits einen hohen Stand erreicht. Seit Beginn der sechziger Jahre wurden in mehreren Ländern Modelle und Programmsysteme entwickelt, die den Verkehringenieuren heute zur Verfügung stehen (können). Sie unterscheiden sich unter anderem in den Optimierungsvariablen, dem verwendeten Optimierungskriterium und in der Vorgehensweise bei der Optimierung. Daneben wurden Verfahren zur Simulation des Verkehrsablaufes in lichtsignalgesteuerten Straßennetzen entwickelt, deren Ergebnisse insbesondere bei Entscheidungsproblemen hilfreich sein können.

Die heute verbreiteten Optimierungsverfahren für die Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen dienen vor allem dazu, optimale Werte für die Umlaufzeit, die Freigabezeiten und die Versatzzeiten zu finden. Während die Wahl der Phasenfolge noch durch einige Verfahren unterstützt wird, sind die Gestaltung der Straßenverkehrsanlagen und die Phaseneinteilung grundsätzlich vorgegeben. (Das ist ein Defizit, das meist den fachspezifischen „Optimiererern“ nicht so bewußt zu sein scheint; denn oftmals wird – auf der Grundlage sicherlich nicht optimaler Straßenverkehrsanlagen – im Feinnivellelement verkehrstechnisch „genau“ optimiert, wo gröbere Maßnahmen angemessener wären.)

Zur Optimierung der Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen werden vorwiegend folgende Optimierungskriterien angewendet:

- Minimierung der Wartezeit;
- Minimierung der Anzahl der Halte;
- Minimierung des Kraftstoffverbrauchs;
- Minimierung der vom Straßenverkehr ausgehenden Emissionen (Lärm und Abgase);
- Maximierung der Grünbandbreite auf den Hauptverkehrsstraßen.

Die meisten Verfahren bieten die Möglichkeit, mehrere dieser Kriterien bei der Optimierung zu berücksichtigen. In neueren Ansätzen bei wartezeitorientierten Verfahren soll durch ein weiteres Kriterium die Bildung „Grüner Wellen“ gefördert werden. Hierbei wird positiv bewertet, wenn für einen Fahrzeugstrom auf einer vorgegebenen Strecke möglichst wenige Halte auftreten.

Die Optimierung der Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen stellt – wie einleitend bereits gesagt – ein sehr komplexes und schwer lösbares Problem dar. Auf die zahlreichen zu optimierenden Parameter und die Schwierigkeit, ein globales Optimum zu finden, wurde bereits hingewiesen. Zur Lösung dieses Optimierungsproblems wurden Überschlagsverfahren, Probierversahren

und mathematisch exakte Iterationsverfahren entwickelt. Rechnergestützte Bearbeitung bietet sich hier an. Zur Vorbereitung einer Festzeitsteuerung werden heute vielfach Verkehrsflußmodelle benutzt, um durch Simulation die Auswirkungen verschiedener Möglichkeiten zur Lichtsignalsteuerung zu bewerten.

Als Vorbereitungsmodelle (Off-Line) für die Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen sind für die Bundesrepublik Deutschland insbesondere die Modelle TRANSYT (VINCENT et al., 1980) und SIGMA (vergleiche GARBEN et al., 1988) von Bedeutung. Daneben gibt es Verfahren, die zur Optimierung der Lichtsignalsteuerung in einem Straßenzug entwickelt wurden. Für solche Verfahren, die in der Regel eine Optimierung der Grünbandbreite als oberstes Kriterium verwenden, sind stellvertretend PASSER (CHANG et al., 1984) und MAXBAND (LITTLE/KELSON, 1980) zu nennen.

4. Anwendungshemmnisse

Wie bereits gesagt, gibt es eine Anzahl rechnergestützter Optimierungsverfahren für die Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen, die den Verkehrsingenieur bei seiner Arbeit unterstützen könnten. Ihrer praktischen Anwendung stehen verschiedene Hemmnisse entgegen.

Einer der möglichen Einwände ist, daß die Modelle zu kompliziert sind. Es ist richtig, daß Verfahren zur Optimierung der Lichtsignalsteuerung heute Algorithmen enthalten, die in ihrer Komplexität nicht mehr im Zusammenhang zu erfassen sind. Im Grunde sind es jedoch nicht die Modelle, sondern die Sachverhalte, die kompliziert sind. Der Rechnereinsatz ist ein geeignetes Mittel, alle Aspekte zu berücksichtigen.

Einigen Verkehrsingenieuren mag die erforderliche Einarbeitungszeit zu lang oder der Aufwand zu groß sein, der mit der Anwendung rechnergestützter Verfahren verbunden ist. Sicher verlangt der effektive Einsatz eines solchen Verfahrens genauere Kenntnis des zugrunde liegenden Modells und einige Erfahrungen in seiner Anwendung. Doch sind im Grunde ebenso viele Erfahrungen und Kenntnisse erforderlich, um eine auch nur annehmbare gute Lösung ohne Rechnerunterstützung zu erhalten. Natürlich ist die Einführung solcher neuen Verfahren oftmals mit zunächst größerem Aufwand verbunden. Die Qualität der Ergebnisse wird sich jedoch verbessern, und nach einer Übergangszeit und der einmaligen Erarbeitung der immer wieder verwendbaren Datenbasis wird auch eine Arbeitersparnis eintreten.

Weiterhin könnten die erforderlichen Daten zu umfassend erscheinen. Rechnergestützte Verfahren zur Optimierung der Lichtsignalsteuerung können jedoch grundsätzlich mit denselben Daten angewendet werden, wie sie auch für eine sachgerechte manuelle Bearbeitung erforderlich sind. Darüber hinausgehende Informationen, wie zum Beispiel zur Stärke der Pulkauflösung auf den einzelnen Straßenabschnitten, dienen nur einer zusätzlichen Qualitätsverbesserung.

Als Argument könnte außerdem vorgebracht werden, daß die Kodierung der Daten zu schwierig ist. Die Dateneingabe wird heute jedoch weitgehend durch spezielle dialogorientierte Programme erleichtert, durch die alle erforderlichen Daten abgefragt werden. Ein mögliches Problem könnte auch darstellen, daß Programmbeschreibungen in englischer Sprache verfaßt sind. Dies ist für die in England oder in den USA entwickelten Programme sicherlich richtig und muß in die obigen Überlegungen zum Aufwand für die Einarbeitung einbezogen werden. Wer jedoch mit dem englischen Sprachgebrauch zum Beispiel bei der Anwendung von TRANSYT-8 Probleme hat, kann auf eine deutschsprachige Übersetzung aus der Schweiz zurückgreifen (RAPP, 1986).

Schließlich sei noch die Ansicht genannt, daß die erforderliche Hardware und Software zu teuer sind. Bei der Umsetzung von On-Line-Verfahren kann dieses Argument bedeutsam sein. Die heute vorhandenen Programmsysteme zur Optimierung einer Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen decken jedoch ein

sehr breites Preisspektrum ab. Auf der einen Seite wird in Zukunft mit dem Programm SIGMA, das in einen vollständigen Verkehrsingenieurs-Arbeitsplatz (ALBRECHT et al., 1985) eingegliedert ist, eine anspruchsvolle und dementsprechend teure Lösung angeboten werden. Auf der anderen Seite kann jedoch beispielsweise die Version TRANSYT-7F aus den USA gegen eine sehr geringe Gebühr bezogen und auf IBM-kompatiblen Personal Computern angewendet werden.

Hauptanwendungshemmnisse dürften nicht die vorstehend angesprochenen Aspekte sein, sondern die immer noch verbreitete Skepsis gegen moderne Rechenanlagen, basierend auf einer immer noch weit verbreiteten Unkenntnis der elektronischen Datenverarbeitung insbesondere unter Fachkollegen, die seit Jahren und Jahrzehnten manuell gearbeitet haben. Hieraus resultieren bei manchem sicher auch unbewußt einige der zuvor genannten Argumente gegen die Anwendung rechnergestützter Optimierungsverfahren. Abhilfen könnten entsprechende Fortbildungseminare liefern.

5. Offene Fragen

Nach wie vor sind einige Sachprobleme ungelöst.

Hier ist zunächst eine noch weitergehende anwenderfreundliche Gestaltung der Programmsysteme zu nennen. Dies schließt insbesondere flexible Ausgabeteile der Programme ein, um dem Anwender durch die Beibehaltung gewohnter Formblätter die Umstellung auf das neue System zu erleichtern. Damit kann den im vorangegangenen Abschnitt genannten Anwendungshemmnissen entgegengewirkt werden.

Ein anderes Problem ist die weitgehende Vernachlässigung von Fußgängern und Radfahrern in den verfügbaren Modellen. Dies ist angesichts der heutigen prinzipiellen Verkehrspolitik mit der neuerdings propagierten Prioritätenreihung (Fußgänger, Radfahrer, ÖPNV, notwendiger MIV, sonstiger MIV) nicht mehr zu vertreten. Die vorhandenen Modelle müssen also dementsprechend erweitert werden. Grundlagen hierfür werden zur Zeit am Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Hochschule Darmstadt erarbeitet.

Ein weiterer Problembereich ist die Störung Grüner Wellen bei Flächenkoordinierung nach dem Prinzip der Wartezeitminimierung. Lösungsmöglichkeiten für diesen Problembereich werden in der genauen Analyse von Handhabungsmöglichkeiten und in der eventuellen Modifizierung vorhandener Modelle, in der Kopplung vorhandener Modelle (zum Beispiel PASSER II-84 und TRANSYT) sowie in der Neuentwicklung von Modellen gesehen. Weitere Schwierigkeiten treten dadurch auf, daß eine einheitliche Umlaufzeit für ein gesamtes Straßennetz oftmals nicht optimal ist. Unterschiedliche Umlaufzeiten können in Optimierungsverfahren heute jedoch in der Regel nicht berücksichtigt werden, und die Festlegung der Grenzen von Teilgebieten mit jeweils einheitlicher Umlaufzeit ist vom Anwender vorzugeben. Am o.g. Fachgebiet der TH Darmstadt wurde ein auf TRANSYT-8 basierendes Verfahren entwickelt, das für ein Straßennetz optimale Teilgebietsgrenzen und optimale Umlaufzeiten für die Teilgebiete bestimmt. Das zugrundeliegende Modell bietet sich auch zur Ergänzung anderer Programmsysteme an.

Eine grundlegende Entscheidung bei der Optimierung ist die Festlegung der Gewichtung für die einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen und Zielgrößen gegeneinander. Die meisten Modelle sind hierfür sehr sensibel, und es fehlen bisher weitgehend Hilfen für die praktische Anwendung, um diese Faktoren sinnvoll für verschiedene Optimierungszwecke zu wählen.

Von größerer Bedeutung für die Zukunft erscheint auch eine Einbeziehung der Verkehrssicherheit in die Bewertung der Lichtsignalsteuerung. Dieser wichtige Aspekt sollte trotz der Schwierigkeiten, die eine Prognose des Unfallgeschehens beinhaltet, bei der Optimierung nicht weiterhin unberücksichtigt bleiben. Am

o. g. Fachgebiet der TH Darmstadt wird zur Zeit ein entsprechendes Forschungsprojekt vorbereitet.

Nach wie vor besteht bei den Modellen das Problem, daß übersättigte Verkehrszustände nicht zufriedenstellend abgebildet werden können.

Ein weiterer Problembereich sind die Modelle zur Pulkauflösung. Hier stellt sich vor allem die Frage der Wahl von „richtigen“ Parametern für die Intensität der Pulkauflösung. Diese sind sehr stark von spezifischen örtlichen Gegebenheiten abhängig.

In der Praxis tritt häufig die Schwierigkeit auf, daß die der Berechnung zugrundeliegenden Daten nicht dem später tatsächlich eintretenden Verkehrszustand entsprechen. Lösungsmöglichkeiten bieten hier die On-Line-Steuerung sowie verbesserte Erhebungs- und Prognoseverfahren.

Schließlich und nicht zuletzt soll das Problem der Festlegung von Sättigungsverkehrsstärken genannt werden. Diese Werte haben als Eingabegröße für lichtsignaltechnische Berechnungen einen ebenso großen Einfluß auf das Ergebnis wie die Verkehrsbelastung. Während Belastungen durch Kraftfahrzeuge in der Regel sehr genau erhoben werden, basieren die angesetzten Sättigungsverkehrsstärken häufig auf Standardannahmen oder einfachen Schätzungen. Für besondere Situationen (Abbiegeströme, Durchsetzen von Fußgängerströmen etc.) fehlen bisher weitgehend Grundlagen, um genauere Sättigungsverkehrsstärken abschätzen zu können.

6. Ausblick

Die Anforderungen an den Verkehrsingenieur bei der Optimierung der Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen sind heute bereits sehr groß und werden aufgrund der zunehmenden Komplexität dieser Aufgabe in den kommenden Jahren noch anwachsen. Rechnergestützte Verfahren sind für die Lösung dieses Problems eine zweckmäßige und notwendige Unterstützung.

Bereits heute stehen Programmsysteme zur Verfügung, die einen wertvollen Beitrag in dieser Hinsicht leisten können. Ihr Einsatz scheitert bisher an verschiedenen Anwendungshemmnissen, oftmals resultierend aus dem Festhalten an gewohnten Arbeitstechniken. Darüber hinaus erlauben es die angespannte Finanzsituation der öffentlichen Haushalte und die hohe Arbeitsauslastung der zuständigen Stellen oftmals nicht, den notwendigen Aufwand zur Einführung solcher Verfahren in Kauf zu nehmen. Von Bedeutung ist wohl teilweise auch, daß Anwendern in der Bundesrepublik Deutschland kaum Möglichkeiten zur Schulung und fachlichen Beratung angeboten werden.

Wenn man die volkswirtschaftliche Bedeutung einer Optimierung der Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen betrachtet, erscheinen Investitionen in diesem Bereich gerechtfertigt. Ein Blick in die USA weist hier – bei allem Vorbehalt bezüglich einer Übertragbarkeit auf die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland – in die richtige Richtung: Im Rahmen von Energieeinsparungsmaßnahmen wurde zum Beispiel im Bundesstaat Kalifornien seit 1983 ein Förderungsprogramm FETSIM abgewickelt. Stadtverwaltungen wurden finanzielle Zuschüsse, technische Beratung und Schulungsmöglichkeiten angeboten, um ihre Lichtsignalsteuerungen unter Anwendung von TRANSYT-7F zu überarbeiten. Insgesamt wurden während der ersten drei Jahre des Förderungsprogramms in 81 Städten mehr als 3000 Lichtsignalanlagen optimiert. Das in einem Ergebnisbericht (DEAKIN/SKABARDONIS, 1985) ausgewiesene volkswirtschaftliche Kosten-

Nutzen-Verhältnis von 1 : 58 mag unglaublich erscheinen und kann sicherlich auch skeptisch bewertet werden, es macht jedoch auf jeden Fall die Wirksamkeit solcher Maßnahmen deutlich (vergleiche hierzu auch ARNOLD, 1989).

Um moderne Bearbeitungstechniken für die Optimierung der Lichtsignalsteuerung einzuführen, sind also viele Stellen gefordert:

- Die Forschung und Entwicklung sollte unter Beachtung eines vernünftigen Verhältnisses von Aufwand und Nutzen nach Antworten auf offene Fragen suchen sowie anwenderfreundliche, kostengünstige Programmsysteme bereitstellen.
- Die Anwender sollten versuchen, Hemmnisse beim Einsatz solcher rechnergestützter Verfahren abzubauen.
- Die Hochschulen und Universitäten und die übrigen dafür in Frage kommenden Stellen sollten weitergehende Möglichkeiten zur Fortbildung schaffen.
- Die für die Finanzierung zuständigen Stellen sollten dem volkswirtschaftlich zu erwartenden Nutzen entsprechende Mittel bereitstellen.

Eine rechnergestützte Optimierung der Lichtsignalsteuerung ist in einigen anderen Ländern schon seit Jahren Stand der Technik. Wann auch bei uns?

Schrifttum

- Arnold, E. D.: State Signal Timing Optimization Programs. ITE Journal, February 1989, S. 33–35
- Akcelik, R.: Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis. Australian Road Research Board, Research Report No. 123, Victoria (Australien), 1981
- Albrecht, H.; Dunker, L.; Philipps, P.: Neue Technologien bei der Bearbeitung der Lichtsignalsteuerung – Der Integrierte Verkehrsingenieurs-Arbeitsplatz (IVA). Straßenverkehrstechnik 29 (1985) Nr. 5 S. 165–169
- Bielefeldt, C.; Meissner, J.; Schlabach, K.: Entwicklung und Einsatz eines Optimierungsverfahrens für die Lichtsignalsteuerung. Bad Ems, 1986
- Chang, E. C.; Messer, C. J.; Marsden, B. G.: Analysis of Reduced-Delay Optimization and other Enhancements to Passer II-80 – Passer II-84 – Final Report. Texas Transportation Institute, Research Report 375-1F, 1984
- Chang, E. C.; Messer, C. J., Garza, R. U.: Arterial Signal Timing Optimization Using PASSER II-87. ITE Journal, November 1988, S. 27–31
- Chard, B. M.; Lines, C. J.: TRANSYT – The Latest Developments. Traffic Engineering and Control, Juli/August 1987, S. 387–390
- Deakin, E. A.; Skabardonis, A.: Fuel-efficient Traffic Signal Management – Three Years of Experience – 1983–85. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley (USA), 1985
- Garben, M. et al: SIGMA: Ein Optimierungsverfahren zur koordinierten Lichtsignalsteuerung. Straßenverkehrstechnik Heft 4/88, S. 135–140
- Heck, H. M.: SIGMA – Entwicklung eines heuristischen Modells zur koordinierten Lichtsignalsteuerung. Tagungsbericht zur Heureka '87 – Optimierung in Transport und Verkehr, Karlsruhe, März 1987, S. 187–209
- Hillier, J. A.: Glasgow's Experiment in Area Traffic Control. Traffic Engineering and Control 7 (1965/66) Nr. 8 und Nr. 9, S. 502–509 und S. 569–571
- Huddart, K. W.; Turner, E. D.: Traffic Signal Progressions – G.L.C. Combination Method. Traffic Engineering and Control 11 (1969) Nr. 7, S. 320–322 und 327
- Little, J. D. C.; Kelso, M. D.: Optimal Signal Timing for Arterial Signal Systems. Volume 2: MAXBAND User's Manual. Prepared for the Federal Highway Administration, Operations Research Center, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts (USA), 1980
- Miller, A. J.: A Computer Control System for Traffic Networks. Proc. 2nd International Symposium on Theory of Road Traffic Flow, London (Großbritannien), 1963
- Rapp AG (Ingenieurbüro): TRANSYT 8/PRETRANS Modell Programmsystem für die Optimierung von Signalplänen von städtischen Straßennetzen. Hrsg.: Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Straßenbau, Basel (Schweiz), April 1986
- Robertson, D. I.: TRANSYT – A Traffic Network Study Tool. Road Research Laboratory, LR 253, Crowthorne (Großbritannien), 1969
- Vincent, R. A.; Mitchell, A. I.; Robertson, D. I.: User Guide to TRANSYT Version 8. Transport and Road Research Laboratory, LR 888, Crowthorne (Großbritannien), 1980
- Wallace, C. E.: MAXBAND User's Manual. Prepared for the Federal Highway Administration, Offices of Research, Development and Technology, McLean, Virginia (USA), 1987