Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 16

Artikel: Verkehrssteuerung und Verkehrsüberwachung

Autor: Balteschwiler, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914920

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Verkehrssteuerung und Verkehrsüberwachung [1])

Von M. Balteschwiler

1. Einleitung

Die noch immer zunehmende Dichte des Strassenverkehrs in unseren Städten macht es notwendig, alle denkbaren Reserven an Verkehrskapazität voll auszunützen, wobei jedoch die Verkehrssicherheit nicht verringert werden darf. Ohne massive bauliche Massnahmen, die unsere Städte sicher nicht verschönern würden, können die Strassen meistens nicht verbreitert und dem grösseren Verkehrsvolumen angepasst werden. Das gleiche gilt auch für die Kreuzungen. Lichtsignalanlagen erhöhen wohl die Sicherheit und sorgen für einen geordneten Ablauf, jedoch wird das durchfliessende Verkehrsvolumen nicht vergrössert. Es müssen somit Mittel gefunden werden, die es erlauben, auch noch die letzten verbleibenden Kapazitätsreserven freizumachen.

Gegenstand des Aufsatzes ist es, einen kurzen Überblick über die verschiedenen Methoden zu geben, die bis heute in städtischen Verkehrsnetzen angewendet wurden.

Das erste Verkehrssignal wurde nicht, wie zu erwarten wäre, in Nordamerika aufgestellt, sondern in England, und zwar schon 1868 (Fig. 1). Am Tage war es ein Formzeichen vom sogenannten Semaphortyp, wie es heute noch bei der englischen Eisenbahn gebräuchlich ist. Bei Dunkelheit war es mit Signallichtern bestückt, die damals mit Gas betrieben wurden. Dieser Gasbetrieb ist es, der eine wertvolle Entwicklung für mehr als 50 Jahre zum Erliegen brachte, denn schon nach kurzer Betriebsdauer fand das Signal durch eine interne Gasexplosion ein unrühmliches Ende. Geblieben ist nur die polizeiliche Verordnung.

1913 sind die ersten elektrischen Verkehrsampeln in Cleveland errichtet worden und bereits 1922 gab es in Salt Lake City eine Art «grüne Welle» mit progressivem Grünlicht. Auch in Europa waren schon vor dem 2. Weltkrieg in verschiedenen Städten Anlagen vorhanden. Der grosse Aufschwung auf dem Sektor der Verkehrsregelungsanlagen begann aber erst in den 50er Jahren.

2. Verkehrstechnische Begriffe

351.811.111.9:656.05;

Da in der Verkehrstechnik zum Teil ähnliche Begriffe vorkommen wie in der Nachrichtentechnik, seien einige davon definiert:

Als *Signalanlage* bezeichnet man die zur Steuerung des Verkehrsablaufes an einem Strassenknoten erforderliche Einrichtung, bestehend aus Verkehrsampeln (wobei mehrere Ampeln, die parallel geschaltet sind, auch Signalgruppe genannt werden), Steuergerät, Detektoren zur Erfassung des Verkehrs sowie Anmeldemittel für Fussgänger. Eine *Phase* ist ein bestimmter Grundzustand der Signalisierung, in dem ein oder mehrere Verkehrsflüsse gleichzeitig freigegeben sind (Fig. 2). Der *Signalplan* enthält graphisch oder digital festgelegte Zeiten für den Phasenablauf an einer Signalanlage (Fig. 3).

Lange Zeit wurde versucht, den Verkehr auf einigen Strassen in grünen Wellen durch die Städte zu schleusen. Echte grüne Wellen sind aber meist nur glückliche Zufälle, da man die Abstände der Kreuzungen im allgemeinen nicht ohne grössere bauliche Massnahmen so aufeinander abstimmen kann, dass eine unbehinderte Durchfahrt in beiden Richtungen möglich wird.

3. Aufbau eines Zentralsteuerungssystems mit Verkehrscomputer

Seit 1966 werden vermehrt Computer für die Verkehrstechnik eingesetzt, und zwar auf zwei Arten: off-line, ohne direkten Einfluss auf den Verkehr oder on-line, mit direktem Einfluss auf den Verkehrsablauf und Anschluss der Steuergeräte.

Der Off-line-Einsatz gilt der Berechnung von Signalplänen für Einzelknotenpunkte oder vermaschte Netze, wobei die Geometrie der Einzelknoten oder der Netze und die Belastung eingegeben werden. Mit entsprechenden Programmen werden

POLICE NOTICE.
STREET CROSSING SIGNALS.
BRIDGE STREET, NEW PALACE YARD.
CAUTION.
STOP.
The Semaphore Arms lowered, and by Night with a Green Light.
The Semaphore Arms extended, and by Night with a Red Light.
By the Signal "CAUTION," all persons in charge of Vehicles and Horses are warned to pass over the Crossing with care, and due regard to the safety of Foot Passengers.
The Signal "STOP," will only be displayed when it is necessary that Vehicles and Horses shall be actually stopped on each side of the Crossing, to allow the passage of Persons on Foot; notice being thus given to all persons in charge of Vehicles and Horses to stop clear of the Crossing.
RICHARD MAYNE.

Fig. 1
Polizeiliche Verordnung zum ersten Verkehrssignal, aus dem Jahre 1868

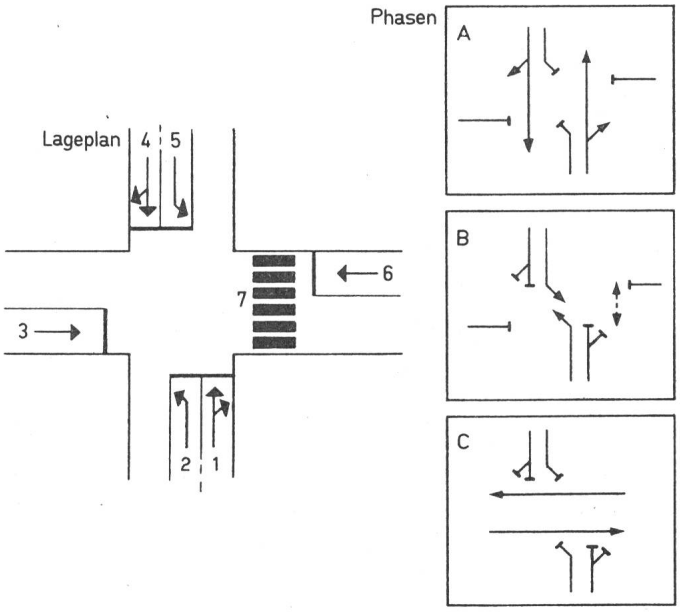

Fig. 2 Lageplan mit Phasenbildern

[1]) Anlässlich der 33. STEN am 22. Juni 1978 in Luzern gehaltener Vortrag.

die Grünverteilungen für die einzelnen Knoten sowie die Versatzzeiten unter den einzelnen Anlagen optimiert.

Beim On-line-Einsatz werden die Verkehrsanlagen direkt durch die Computer gesteuert, entweder durch die Ansteuerung ganzer Phasenbilder oder der einzelnen Signalgruppen. Wegen der grösseren Flexibilität wird heute vermehrt die Signalgruppensteuerung angewendet. Der schematische Aufbau eines solchen Systems ist in Fig. 4 dargestellt.

3.1 Knotensteuergeräte

Auf den Knotenpunkten stehen nach wie vor Steuergeräte, welche die empfangenen Schwachstrombefehle des Computers in Starkstrombefehle für die Ampeln umwandeln. Aus Sicherheitsgründen ist eine Überwachung und Verriegelung eingebaut, die verhindert, dass zueinander feindliche Signalgruppen Grün erhalten. Meistens ist in den Geräten auch ein einfacher lokaler Notsignalplan enthalten, der den Verkehr bei einem Ausfall der Übertragung oder der Steuerzentrale regeln kann.

Für die Übertragung der Steuerbefehle und der Rückmeldungen sind verschiedene adernsparende Mittel eingesetzt. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Informationsmenge und die Geschwindigkeiten meistens gering sind, jedoch die Sicherheit dieser Übertragungsmittel gross und der Preis klein sein sollten.

3.2 Verkehrsrechner

Da noch vor wenigen Jahren der Hardware-Preis eines leistungsfähigen Computers sehr gross war, wurde zuerst versucht, möglichst viele Knotenpunkte durch eine einzige Zentrale zu steuern. In den letzten Jahren ist man aber vermehrt dazu übergegangen, kleinere Verkehrsgebiete mit ca. 40...50 Knoten durch einen Rechner zu überwachen. Der Ausfall eines Rechners kann oft zu einem vollständigen Zusammenbruch des Verkehrs führen. Daher sind auch hier Massnahmen notwendig, wie sie bei anderen computergesteuerten Systemen vorgesehen sind. Man unterscheidet:

– «*Stand alone*»-*System* mit Notsignalplan in den Knotensteuergeräten (Fig. 5). Bei einem Ausfall des Computers oder der Übertragungsmittel übernimmt ein Notsignalplan im Steuergerät die Regelung. Meistens ist jedoch der eingebaute Notsignalplan nicht optimal den jeweils vorhandenen Verkehrsverhältnissen angepasst, da der Zeitpunkt des Ausfalles ja nicht vorausgesehen werden kann. Dadurch ist bei Spitzenverkehr mit Verkehrsstörungen zu rechnen.

– *Duplex-Systeme:* Im Falle «hot reserve» läuft der Stand by Computer mit und kann die Steuerung jederzeit vollständig übernehmen (Fig. 6). Falls nur eine «cold reserve» vorhanden ist, muss der Stand by Computer bei einem Ausfall zuerst aktiviert werden. Diese Ausführung ist nicht geeignet, da ein vorübergehender Unterbruch bereits zu einer Verkehrsstörung führen kann. Im «load sharing» steuert jeder Computer in erster Priorität die eine Hälfte des Gebietes direkt und kann in zweiter Priorität, bei einem Ausfall des anderen Rechners, die andere Hälfte mit mehreren einfachen Notsignalplänen steuern (Fig. 7). Gegenüber der normalen Doppelausrüstung mit zwei parallel laufenden Rechnern (heisse Reserve) hat dieses Konzept den Vorteil, dass die vorhandene Kapazität und Rechenzeit viel besser ausgenützt wird.

– *Triplex-Systeme* wären für die Lokalisierung der Fehler sehr geeignet. Da aber der Aufwand sehr gross ist, wird diese Ausführung nur sehr selten realisiert.

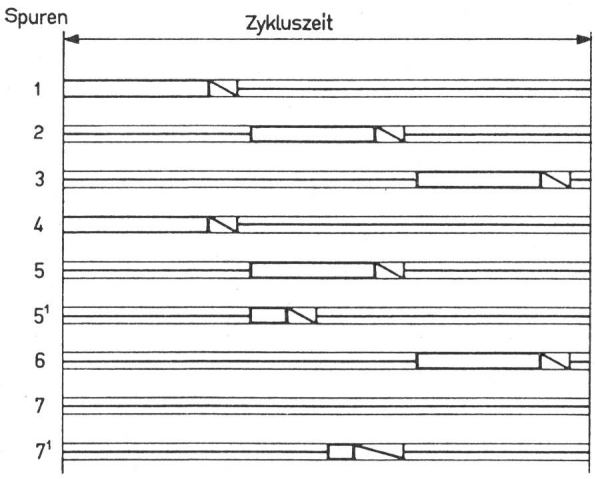

Fig. 3 Signalplan

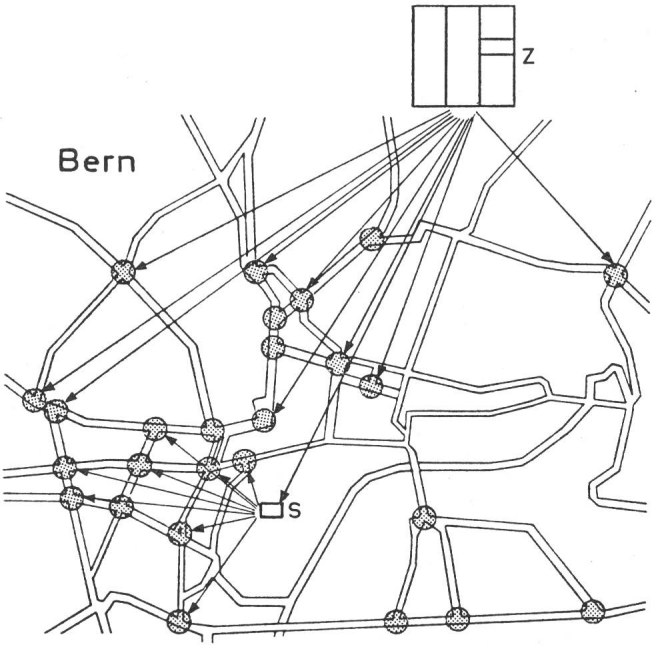

Fig. 4 Schematischer Aufbau eines Zentralsteuerungssystems mit Verkehrscomputer *Z*, mit einer Signalgruppensteuerung *S*

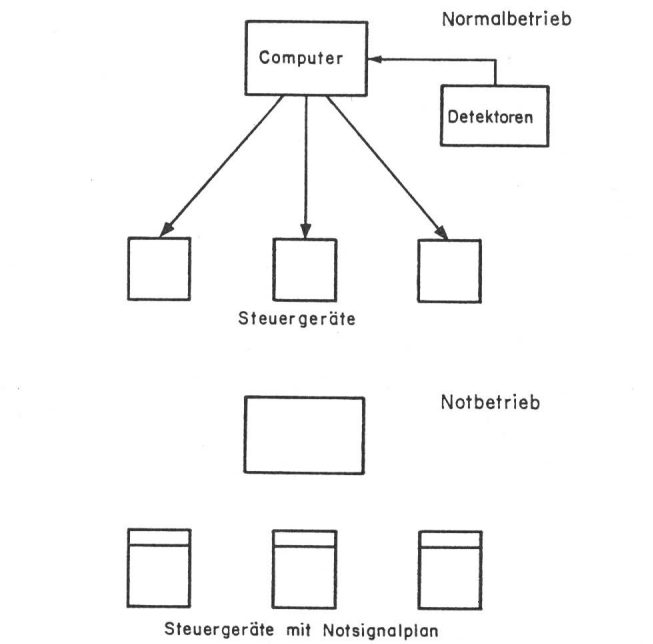

Fig. 5 «Stand alone»-System

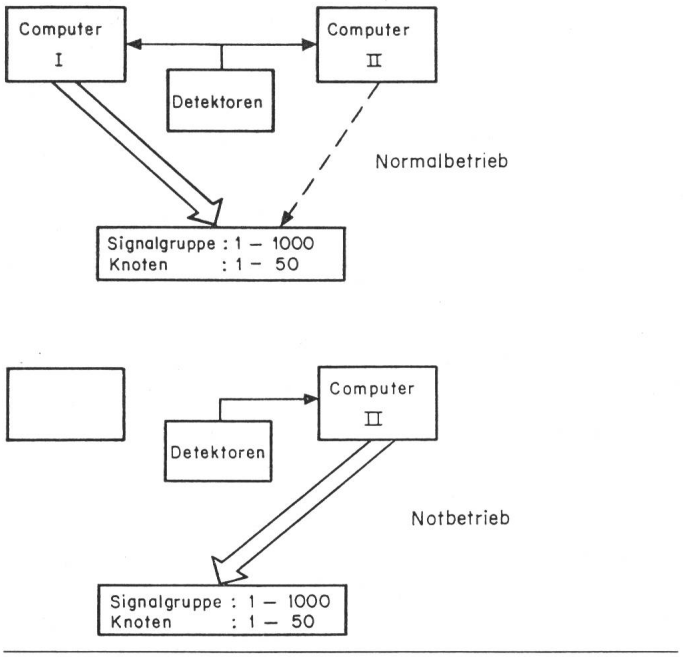

Fig. 6 Duplex-System mit «hot reserve»

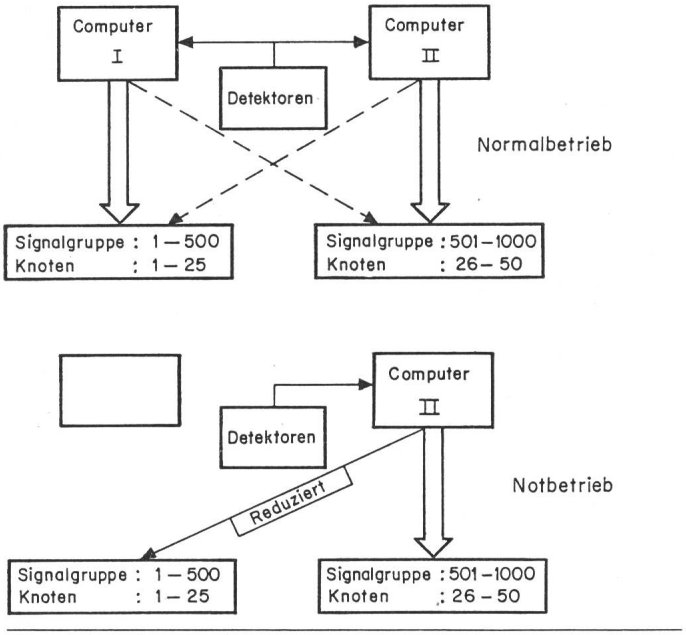

Fig. 7 Duplex-System mit «load sharing»

4. Signalplanwahl und Signalplanbildung

Was den Verkehrsteilnehmer stört, sind nicht so sehr die Ampeln, der für ihn sichtbare Teil der Hardware, sondern das Rotlicht, und dies ist abhängig von den laufenden Signalplänen und somit ein Bestandteil der Software.

Waren die ersten Verkehrsprogramme eher eine Art Schaltwalze mit starrer Grün- und Rotverteilung, so sind bei den nachfolgenden Software-Generationen Fortschritte in zwei Richtungen festzustellen: Signalplanwahl und Signalplanbildung.

4.1 Signalplanwahl

Bei der Signalplanwahl sind eine Anzahl vorberechneter Signalpläne für die möglichen Verkehrsverhältnisse wie Morgenspitze, Abendspitze, Zwischenzeit, Nachtflaute usw. abgespeichert. Die Auswahl erfolgt nach Uhrzeit oder gemessener Verkehrsmenge. Einige wenige Meßstellen genügen zur Feststellung der Verkehrsverhältnisse.

Die vom Verkehrsrechner getroffene Signalplanwahl kann sich je nach gewünschter Anpassungsfähigkeit auf ein ganzes Strassennetz, auf verschiedene Knotenpunktgruppen oder auf jeden Knotenpunkt einzeln auswirken. Der Rechner hat dementsprechend Netz-, Gruppen- oder Knotensignalpläne abgespeichert und wählt nicht nur die für die Verkehrssituation günstigsten, sondern auch die jeweils zusammenpassenden aus. So können beispielsweise für ein Strassennetz ein Netzsignalplan und innerhalb desselben, an besonders kritischen Knotenpunkten, Gruppen- und Knotensignalpläne in zweiter oder dritter Stufe gewählt werden, ohne dass der Netzsignalplan zu ändern ist. Je höher die Zahl der zur Verfügung stehenden Signalpläne, um so feinfühliger kann dieses Prinzip arbeiten, um so höher ist aber auch der steuerungstechnische und finanzielle Aufwand.

4.2 Signalplanbildung

Eine noch anspruchsvollere Steuerungsmethode ist die Signalplanbildung. Der Verkehrscomputer erhält nicht mehr Signalpläne mit festen Grünzeiten zur Wahl vorgegeben, sondern er berechnet diese laufend aufgrund der eingespeicherten Form des Strassennetzes und dessen Knotenpunkte, gemäss den Verkehrsverhältnissen. Die Berechnungen werden also nicht ausserhalb des Steuerungssystems auf Vielzweck-Computern vorgenommen, sondern innerhalb desselben vom Verkehrscomputer selbst und gleichzeitig mit dem tatsächlichen Verkehrsgeschehen. Dabei können nicht nur die Grünzeiten von Umlauf zu Umlauf wechseln, sondern ebenso die Phasenzusammenstellungen. Die Berechnungen suchen dabei immer einen Fall mit möglichst grosser Leistungsfähigkeit und möglichst geringen Wartezeiten und Staulängen zu finden. Es ist zu betonen, dass die Berechnungsverfahren hierzu vorprogrammiert werden müssen und äusserst aufwendig sind.

Um die Signalplanbildung in Strassennetzen ist es in den letzten Jahren wieder ruhiger geworden, nachdem sich in theoretischen Untersuchungen wie auch in grossangelegten Versuchen gezeigt hat, dass der Umfang der Optimierungsaufgaben für die einsatzfähigen Computer zu gross ist, um in der zur Verfügung stehenden kurzen Zeit bewältigt werden zu können. Dazu kommt, dass die Verkehrsmengen nicht an der Grenze der Leistungsfähigkeit des Strassennetzes liegen dürfen, da sonst keine Variationsmöglichkeiten bestehen. Der Verkehr muss ausserdem auf allen Zufahrtstreifen eines Knotens so früh zu erfassen sein, dass noch Entscheidungen über Verlängerung oder Abbruch von Grünzeiten zeitlich möglich sind. Bei Fahrzeuggeschwindigkeiten von 10...15 m/s (36...54 km/h) ist dies in Stadtgebieten nicht denkbar, da die Einspurstrecken meist recht kurz sind.

Vergleicht man den recht grossen Aufwand an Messeinrichtungen bei der Signalplanbildung mit den erreichten Verbesserungen des Verkehrsflusses gegenüber Signalplanwahl, so sind diese recht bescheiden. Zudem sind bei der Signalplanwahl in den letzten Jahren verschiedene Verfeinerungen und Verbesserungen eingeführt worden: Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs durch geeignete Modifikationen der Signalpläne; örtliche Modifikationen des Basis-Signalplanes durch den Verkehr in vorbestimmten Grenzen usw.

Die Signalplanbildung kann mit der Signalplanwahl kombiniert werden. Innerhalb eines Strassennetzes mit Signalplanwahl können Knotenpunkte, die besonders kritisch sind, durch Signalplanbildung gesteuert werden. So lässt sich der hohe Aufwand, welcher bei netzumfassender Signalplanbildung entstehen würde, angenehm reduzieren und deren Vorteil an Brennpunkten ausnützen.

Diese Kombination beider Verfahren auf verschiedenen Ebenen des Steuersystems dürfte in nächster Zukunft besonderen Auftrieb erhalten, nachdem die Mikroprozessoren in die Knotensteuergeräte Eingang finden und eine Aufteilung der Intelligenz zwischen Steuerzentrale und Steuergeräten erlauben.

Wichtiger als eine feinabgestimmte Anpassung der Gebietssignalpläne an den Verkehr mit dem Mittel der Signalplanbildung ist es, Unstetigkeiten beim Ändern und Umschalten von Signalplänen zu vermeiden. Besonders einschneidend ist dies beim Wechsel von Signalplänen mit verschiedener Umlaufdauer, weil dabei in der Regel grüne Wellen unterbrochen werden müssen. Auch hier lässt der Einzug von Mikroprozessoren in die Knotensteuergeräte erwarten, dass flexiblere Übergänge möglich werden.

Die Anpassung der Signalzeiten an die wechselnden Verkehrsmengen ist nicht mehr möglich, sobald letztere die Leistungsfähigkeit eines Strassennetzes übersteigen. Dann muss umgekehrt der Verkehr der Leistungsfähigkeit angepasst werden. Dieses Verfahren arbeitet mit einem vorteilhaft koordinierten Netzsignalplan, der den ins Netz einströmenden Verkehr auf dessen Fassungsvermögen beschränkt, sog. Einfahrtsbremsen. Dies geht nicht ohne die erforderlichen Stauräume auf den Zuflußstrecken. Das Verfahren umfasst ausserdem das zeitweilige Verbieten gewisser Fahrbewegungen, das Abweisen des Verkehrs auf Umleitungen und das Umkehren der Richtung in Einbahnstrassen, veranlasst durch wechselnde Verkehrssignale und Wegweiser.

5. Zukunftsaussichten

Welche Tendenzen sind heute feststellbar und wie könnte eine zukünftige Verkehrssteuerung aussehen?

Auf der Geräteseite werden sicher in Zukunft vermehrt Mikroprozessoren eingesetzt. Dies wird zu einer Aufteilung der «Intelligenz» führen. Der zentrale Computer legt nur noch die Signalpläne fest und überlässt die reine Ausführung den Knotensteuergeräten. Die Steuergeräte werden nicht mehr einzelne Befehle von der Zentrale erhalten, sondern die Daten ganzer Signalpläne mit den Angaben der Grenzen, innerhalb welcher sie die Zeiten den jeweiligen Verkehrsverhältnissen anpassen können. Die dadurch freigesetzte Kapazität im zentralen Rechner könnte für eine vermehrte Verkehrslenkung verwendet werden. Nicht nur grossflächig auf Autobahnen, sondern auch in den städtischen Verkehrsnetzen. Versuche mit einer individuellen Lenkung der einzelnen Fahrzeuge durch ein Strassennetz sind bereits angelaufen. Im Gegensatz zu heute, wo die Steuerung dem vorhandenen Verkehr angepasst wird, könnte in Zukunft der Verkehr dorthin gelenkt werden, wo noch freie Kapazität vorhanden ist.

Alle in der Vergangenheit und in der Zukunft möglichen Verbesserungen in der Steuerung des Strassenverkehrs können beim Bau neuer Anlagen nie von Anfang an eingesetzt und voll ausgenützt werden. Vielmehr ist ihr Einsatz ein schrittweiser Vorgang, der sich über einige Monate, z. T. sogar Jahre erstrecken kann. Der Computer wird die Arbeit des Verkehrsingenieurs nie ersetzen. Er ist für diesen ein sehr nützliches Hilfsmittel, das ihm erlauben sollte, auch noch die letzten Reserven aus unseren zeitweise recht überlasteten Verkehrsnetzen herauszuholen.

Adresse des Autors
M. Balteschwiler, dipl. El.-Ing. ETHZ, Hasler-Signal AG, Engehaldenstrasse 18, 3001 Bern.