

Optimierung von Umlaufzeiten in der Lichtsignalsteuerung für Straßennetze

Manfred Boltze

1. Einleitung

Das Erreichen der Grenze der Leistungsfähigkeit von Straßenverkehrsanlagen, zunehmendes Umweltbewußtsein und knapper werdende Finanzmittel haben in den vergangenen Jahren eine intensive Auseinandersetzung mit Optimierungsproblemen bewirkt. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Entwicklung von Verfahren zur Optimierung der Lichtsignalsteuerung. Obwohl heute auf diesem Gebiet bereits leistungsfähige Computerprogramme zur Verfügung stehen, sind einzelne Probleme noch ungelöst. Daneben sorgen neue Forschungsergebnisse und sich ändernde Zielvorstellungen für einen weiteren Bedarf an der Entwicklung neuer Verfahren.

Zu den nicht gelösten Problemen gehörte auch die Optimierung von Umlaufzeiten für die Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen. Zur Bestimmung der optimalen Umlaufzeit für einen Einzelknotenpunkt waren zwar mehrere zufriedenstellende Verfahren entwickelt worden, sie berücksichtigten jedoch ohne Ausnahme nur die Auswirkungen auf den Kraftfahrzeugverkehr. Verfahrensvorschläge zur Bestimmung einer einheitlichen Umlaufzeit für ein Straßennetz oder ein Teilnetz beinhalteten keine Optimierung und ließen ebenfalls die besonderen Belange des öffentlichen Personennahverkehrs sowie der Fußgänger und Radfahrer unberücksichtigt. Nahezu völlig unbehandelt war bisher das Problem der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten an benachbarten Knotenpunkten und der Aufteilung eines Straßennetzes in Teilgebiete mit jeweils einheitlicher Umlaufzeit. Diese Lücken sollten durch ein Forschungsprojekt am Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Hochschule Darmstadt (Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Retzko) geschlossen werden. Ziel des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Vorhabens war es, ein neues Verfahren zur Optimierung von Umlaufzeiten zu entwickeln.

2. Bisherige Verfahren zur Umlaufzeitberechnung

Die Umlaufzeit ist eine wesentliche Größe in einem Signalprogramm. Von ihr hängt entscheidend ab, wie lang die Freigabezeiten für die einzelnen Verkehrsströme zu bemessen sind. Die Bedeutung der Umlaufzeit für die Qualität des Verkehrsablaufes an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen wurde bereits früh erkannt und beispielsweise von GREENSHIELDS et al. (1947) und WEBSTER (1958) dargestellt.

In der Praxis kann die Umlaufzeit aus verschiedenen Gründen häufig nicht frei gewählt werden. Zum einen können sich Restriktionen aus der Gerätetechnik ergeben, weil bei einigen Schaltern der Betrieb nur mit einer einzigen oder wenigen Umlaufzeiten möglich ist. Zum anderen erfordert eine Koordinierung mit benachbarten Lichtsignalanlagen in vielen Fällen, daß die Umlaufzeit vom Nachbarknotenpunkt übernommen wird. Dennoch ist es für die Praxis im allgemeinen sinnvoll, die für einen Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage mindestens erforderliche Umlaufzeit und die am besten geeignete Umlaufzeit zu kennen. Ziele bei der Festlegung der Umlaufzeiten können sein:

- ausreichende Leistungsfähigkeit für Kraftfahrzeugströme,
- Minimierung der Wartezeiten für alle Verkehrsteilnehmer,
- Minimierung der Anzahl der Halte für Kraftfahrzeuge,
- Minimierung des Kraftstoffverbrauchs,
- angemessene Verkehrsqualität für alle Verkehrsteilnehmer,
- Begrenzung der maximalen Sperrzeit sowie
- Begrenzung von Staulängen für Kraftfahrzeugströme.

Allen Verfahren zur Berechnung der Umlaufzeit liegen naturgemäß dieselben Gesetze der Warteschlangentheorie zugrunde. Sie unterscheiden sich jedoch in der Berücksichtigung verschiedener Ziele und Einflußgrößen sowie im Lösungsansatz und in der Vorgehensweise.

Zur Bestimmung der optimalen Umlaufzeit für einen Einzelknotenpunkt wurden mehrere zufriedenstellende Verfahren entwickelt, die allerdings ohne Ausnahme nur die Auswirkungen auf den Kraftfahrzeugverkehr zugrundelegen.

Die Ermittlung optimaler Umlaufzeiten für die Knotenpunkte eines Straßenzuges oder Straßennetzes beinhaltet zum einen die Frage nach der Lage der Teilgebietsgrenzen, in denen jeweils alle Knotenpunkte dieselbe Umlaufzeit haben, und zum anderen die Frage nach den optimalen Werten für die Umlaufzeit in diesen Teilgebieten.

Zur Bestimmung einer einheitlichen Umlaufzeit für ein Straßennetz oder ein Teilnetz wurden zwar Verfahrensvorschläge erarbeitet, sie beinhalten jedoch keine Optimierung und lassen die besonderen Belange des öffentlichen Personennahverkehrs sowie der Fußgänger und Radfahrer unberücksichtigt. Das heute am weitesten verbreitete Vorgehen zur Bestimmung einer einheitlichen Umlaufzeit für die Knotenpunkte eines Straßenzuges oder eines Straßennetzes wird beispielsweise von ALLSOP (1980) beschrieben. Dabei ergibt sich dieser Wert in der Regel aus der minimal erforderlichen Umlaufzeit für den am stärksten ausgelasteten Knotenpunkt.

Ein besonderes Problemfeld ist die Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten und die Festlegung von Teilgebietsgrenzen.

Verfasseranschrift: Dr.-Ing. Boltze; FG Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, TH Darmstadt, Petersenstraße, 6100 Darmstadt

In der Bundesrepublik Deutschland ist die Tendenz zu einheitlichen Umlaufzeiten sehr stark. So räumen auch die Richtlinien für Lichtsignalanlagen (FGSV, 1981) der Grünen Welle besondere Bedeutung für die Steuerung des innerörtlichen Verkehrs ein. Voraussetzung für die Einrichtung einer Grünen Welle ist, daß alle Knotenpunkte dieselbe Umlaufzeit haben. Im Gegensatz dazu werden Umlaufzeitsprünge beispielsweise in Großbritannien weniger negativ bewertet. Die Ursache dafür ist sicher die unterschiedliche „Philosophie“, nach der die Lichtsignalsteuerung in den beiden Ländern optimiert wird. Dem mehr auf das Gesamtnetz bezogenen und wartezeitorientierten Ansatz in angloamerikanischen Ländern steht die auf den Straßenzug und eine gute Progression ausgerichtete Steuerungsstrategie in der Bundesrepublik Deutschland gegenüber.

Die „Richtlinien für Lichtsignalanlagen“ (FGSV, 1981) enthalten ebenso wie die meisten anderen Richtlinien und Handbücher zur Lichtsignalsteuerung weder einen Verfahrensvorschlag zur Festlegung unterschiedlicher Umlaufzeiten noch zur Bestimmung der Grenzen von Teilgebieten mit einheitlicher Umlaufzeit. In der englischsprachigen Literatur stellten FERGUSON (1975) und YAGODA et al. (1973) Arbeiten zu diesem Problem vor.

FERGUSON (1975) setzt die Aufteilung eines Straßennetzes in Teilgebiete als gegeben voraus und untersucht mit seinem Verfahren die Notwendigkeit, diese Teilgebiete mit einheitlicher Umlaufzeit zu steuern. Dabei wird unter Anwendung des Modells TRANSYT (ROBERTSON, 1969) allein die Summe der Wartezeiten als Bewertungskriterium benutzt. Das Verfahren nach FERGUSON erfordert eine Reihe zusätzlicher Berechnungsläufe mit dem Modell TRANSYT und erscheint ohne rechnergesteuerte Bearbeitung sehr aufwendig. Es unterstützt den Anwender nicht bei der Festlegung von Teilbereichsgrenzen und benutzt allein die Wartezeit für Kraftfahrzeuge als Bewertungskriterium.

YAGODA et al. (1973) entwickelten ein geschlossenes Verfahren zur Aufteilung eines Straßennetzes in Teilgebiete mit unterschiedlichen Umlaufzeiten. Grundlage ist die Definition eines sogenannten Kopplungsindex für jede Strecke zwischen zwei Knotenpunkten als Verhältnis der Verkehrsbelastung zum Knotenpunktsabstand. Die Entwickler des Verfahrens stellten selbst fest, daß es nicht perfekt ist, sondern eine einfache und anwendungsorientierte Technik darstellt, die in Ermangelung besserer Verfahren ihre Berechtigung findet. Wesentliche Nachteile des Verfahrens sind:

- Durch den sehr einfachen Ansatz können sinnvolle Lösungsmöglichkeiten unbeachtet bleiben.
- Bewertungsgröße ist allein die Wartezeit für Kraftfahrzeuge. Die Anzahl der Halte und die Auswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmergruppen bleiben unberücksichtigt.
- Die Verkehrsvorgänge an den Grenzen zwischen Teilgebieten werden in der Bewertung nicht richtig abgebildet.

Zusammenfassend war auch zur Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten und zur Aufteilung eines Straßennetzes in Teilgebiete festzustellen, daß bisher kein zufriedenstellendes Verfahren entwickelt wurde, in dem alle Verkehrsteilnehmergruppen und relevanten Zielgrößen für den Kraftfahrzeugverkehr angemessen berücksichtigt werden.

3. Untersuchungen zur Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten im Straßennetz

Durch eine Reihe von Untersuchungen sollten erforderliche Kenntnisse für die sinnvolle Gestaltung eines Verfahrens zur Umlaufzeitoptimierung in einem Straßennetz gewonnen werden. Besonderes Interesse galt letztlich einer Antwort auf die Frage, welche Einflußfaktoren in das zu entwickelnde Optimierungsverfahren einbezogen werden sollten und wie die möglichen Ausprägungen dieser Variablen zu bewerten sind. Es wurden folgende Einflußfaktoren auf die zu erwartende Verkehrsqualität untersucht:

- Umlaufzeiten und ihre Kombination an benachbarten Knotenpunkten,
- Gewichtung der Bewertungsgrößen,
- Intensität der Pulkauflösung,
- Knotenpunktsabstand,
- Zuflußzusammensetzung am vorangegangenen Knotenpunkt (Anteil der einbiegenden Ströme am Gesamtstrom),
- Anteil gleichmäßigen Zuflusses (ohne Pulkbildung durch Lichtsignalanlagen),
- Belastung und Auslastung sowie
- Netzform.

Überlegungen zur Untersuchungsmethodik führten zu dem Schluß, daß die Simulation des Verkehrsflusses und die Optimierung der Signalzeiten mit Hilfe des Modells TRANSYT ein geeignetes Untersuchungsverfahren darstellt. Zur Anwendung wurde die Version TRANSYT-8 ausgewählt (vergleiche VINCENT et al., 1980). Für die vorgesehenen Untersuchungen mußte dieses Modell jedoch so verändert werden, daß der Verkehrsfluß in einem Straßennetz mit unterschiedlichen Umlaufzeiten an den Lichtsignalanlagen der einzelnen Knotenpunkte simuliert und die Signalzeiten optimiert werden konnten. Die bestehende Version von TRANSYT-8 erlaubte nur eine einheitliche Umlaufzeit im Netz (mit Ausnahme der Abbildung doppelter Umläufe) und eine Simulation von maximal 60 Zeitschritten. Der Grundgedanke für die relativ umfangreiche Modifikation zur neuen Version TRANSYT-8MC (Multi Cycle) war, daß das kleinste gemeinsame Vielfache der verwendeten Umlaufzeiten an den einzelnen Knotenpunkten als Systemumlaufzeit (globale Umlaufzeit) definiert und im Modell simuliert und bewertet wird. Innerhalb der Systemumlaufzeit haben die einzelnen Knotenpunkte entsprechend der ihnen zugewiesenen (lokalen) Umlaufzeit mehrere Umläufe.

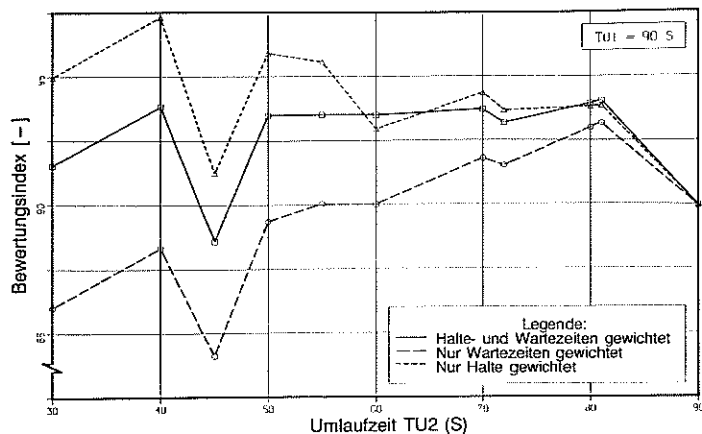
In umfangreichen Untersuchungen wurden die grundsätzlichen Einflüsse verschiedener Faktoren auf die Auswirkungen der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten festgestellt. Dazu erschien es sinnvoll, zunächst ein „Straßennetz“ mit nur zwei Knotenpunkten zu betrachten, weil hierbei die Versuchssituation am einfachsten zu kontrollieren war und die Auswirkungen am deutlichsten zu erkennen waren.

Im Modell TRANSYT können die Summe der Wartezeiten und die Anzahl der Halte in die Bewertung einbezogen werden. Sofern nicht nach nur einer dieser beiden Zielgrößen optimiert und bewertet wird, ergibt sich die Frage nach der relativen Gewichtung dieser Größen zueinander. Die Vielschichtigkeit der hierfür relevanten Aspekte (wie beispielsweise die Bewertung des Kraftstoffverbrauchs, der Verkehrssicherheit oder der Wartezeit von Personen) macht eine objektiv belegbare Festlegung dieser Gewichtung unmöglich. Als angemessen erscheinender Kompromiß wurde für die anstehenden Untersuchungen ein Äquivalent von 35 s Wartezeit je Halt gewählt. In ergänzenden Versuchen wurde auch gezeigt, welche Auswirkungen eine Vernachlässigung der Halte beziehungsweise welchen tendenziellen Einfluß ihre geringere Gewichtung in der Bewertung hat.

Die Monetarisierung des Bewertungsindex, wie sie in TRANSYT-8 vorgenommen wird, erscheint äußerst problematisch – nicht zuletzt in Bezug auf die Übertragbarkeit auf bundesdeutsche Verhältnisse. Der Bewertungsindex wurde deshalb als dimensionslose Größe betrachtet.

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Versuche waren zusammenfassend folgende Aussagen abzuleiten:

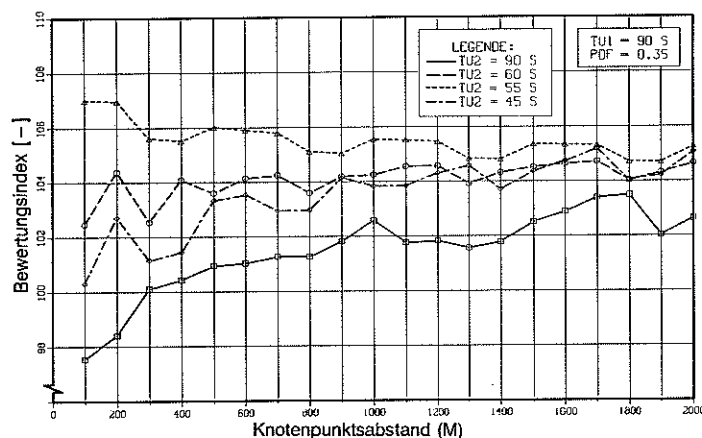
- Das „Kleinste Gemeinsame Vielfache“ erlaubt keine differenzierte Beurteilung der Verträglichkeit von verschiedenen Umlaufzeiten. Es ist zwar deutlich, daß gleiche, halbierte oder auch drittel Umlaufzeiten an benachbarten Knotenpunkten in der Regel günstige Bewertungen zur Folge haben, ansonsten jedoch werden in praxisnahen Fällen die Auswirkungen der Verträglichkeit von Umlaufzeitwerten meistens deutlich durch die anderer Einflußfaktoren überlagert.
- Unterschiedliche Umlaufzeiten wirken sich auf die Summe der Wartezeiten wesentlich günstiger aus als auf die Anzahl



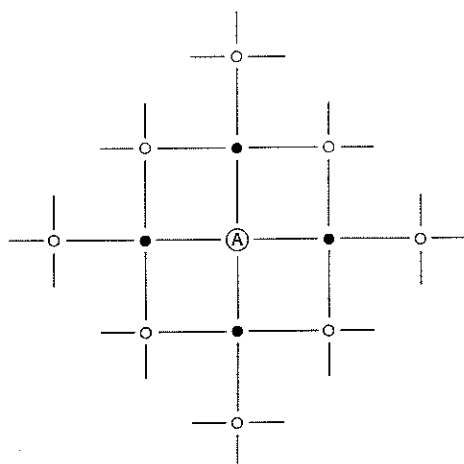
1: Einfluß von Umlaufzeit und Gewichtung der Zielgrößen auf den Bewertungsindex

der Halte. Bei einer stärkeren Gewichtung der Summe der Wartezeiten gegenüber der Anzahl der Halte werden gemischte Umlaufzeiten eher positiv beurteilt. Bild 1 veranschaulicht dies mit den Ergebnissen eines einfachen Versuchs, bei dem die Umlaufzeit eines Knotenpunktes variiert wurde, während die des benachbarten Knotenpunktes unverändert blieb.

- Der Knotenpunktsabstand hat deutlichen Einfluß auf die Auswirkungen der Wahl unterschiedlicher Umlaufzeiten. Bild 2 zeigt, daß bei kurzen Abständen erhebliche Unterschiede im



2: Einfluß des Knotenpunktsabstandes auf den Bewertungsindex bei verschiedenen kombinierten Umlaufzeiten (Pulkauflösfaktor PDF = 0,35)



- ⊙ Knotenpunkt, für den die optimale Umlaufzeit bestimmt werden soll
- benachbarte Knotenpunkte, deren Umlaufzeit ebenfalls variiert wird
- Nachbarpunkte zweiter Ordnung, deren Umlaufzeit nur eingeschränkt variiert wird

3: Schematische Darstellung der im Optimierungsverfahren gleichzeitig untersuchten Knotenpunkte

Bewertungsindex für verschiedene Kombinationen von Umlaufzeiten auftreten. Bei größeren Abständen (etwa ab 900 m) erweist sich eine einheitliche Umlaufzeit einerseits nur noch als geringfügig günstiger, andererseits wirkt sich bei unterschiedlichen Umlaufzeiten die Größe der kombinierten Werte kaum noch aus. Die Aussage der „Richtlinien für Lichtsignalanlagen“ (FGSV, 1981), daß eine Koordinierung nur bei Knotenpunktsabständen bis zu 750 m (in günstigen Fällen bis zu 1000 m) zu empfehlen ist, wurde bestätigt.

- Der Einfluß des Knotenpunktsabstandes auf den Bewertungsindex über die Koordinierbarkeit von Richtung und Gegenrichtung wird deutlich durch den über die Pulkauflösung überlagert, wenn der Pulkauflösfaktor im praxisrelevanten Bereich liegt. Bild 2 zeigt, daß auch bei einheitlicher Umlaufzeit keine wesentlichen periodischen Schwankungen im Bewertungsindex bei Veränderung des Knotenpunktsabstandes auftreten. Die Bedeutung, die im allgemeinen dem Teilpunktsabstand zugemessen wird, entspricht nicht den Untersuchungsergebnissen für die hier gewählte Gewichtung der Anzahl der Halte gegenüber der Summe der Wartezeiten.
- Prinzipiell sind bei einer stärkeren Intensität der Pulkauflösung die Nachteile aus der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten gegenüber dem Fall einer einheitlichen Umlaufzeit geringer als bei einer schwächeren Intensität.
- Obwohl der Vorgang der Pulkauflösung zur Bestimmung der optimalen Signalzeiten sehr wichtig ist, hat die Intensität der Pulkauflösung allgemein nur geringen Einfluß auf den Bewertungsindex, solange dieser Wert im praxisrelevanten Bereich liegt.
- Die Nachteile aus der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten verringern sich, wenn sich die Belastungen von Hauptströmen und Einbiegerströmen einander annähern.
- Bei einheitlicher Umlaufzeit verschlechtert sich der Bewertungsindex etwa linear mit dem Anstieg des Anteils gleichmäßigen Zuflusses an der Gesamtbelastung der Hauptströme. Bei gemischten Umlaufzeiten wirkt sich dieser Anteil gleichmäßigen Zuflusses kaum auf den Bewertungsindex aus. Mit größer werdendem Anteil gleichmäßigen Zuflusses an der Gesamtbelastung der Hauptströme werden deshalb die Nachteile aus der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten gegenüber der Anwendung einer einheitlichen Umlaufzeit geringer. Bei 100 % gleichmäßigem Zufluß besteht keine Abhängigkeit zwischen den Umlaufzeiten der betroffenen Knotenpunkte mehr.
- Die Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten wird prinzipiell positiver beurteilt, wenn die Auslastungsgrade der betrachteten Knotenpunkte stärker voneinander abweichen.
- Bei Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten bleiben die prinzipiellen Zusammenhänge zwischen der Verkehrsstärke und den Bewertungsgrößen erhalten. Umgekehrt hat die Verkehrsstärke keinen Einfluß auf die qualitativen Auswirkungen der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten (solange keine Übersättigung auftritt).

4. Entwicklung des Verfahrens OPUS

Das Verfahren OPUS (OPTimierung von Umlaufzeiten in Straßennetzen) wurde auf der Grundlage einer Literaturlauswertung und der oben teilweise geschilderten Untersuchungsergebnisse entwickelt. Bei der Festlegung von Umlaufzeiten für die einzelnen Knotenpunkte eines Straßennetzes sollten einerseits alle Verkehrsteilnehmergruppen und andererseits auch unterschiedliche Umlaufzeiten an benachbarten Knotenpunkten und die Aufteilung eines Straßennetzes in Teilgebiete mit einheitlicher Umlaufzeit berücksichtigt werden können. Kernstück des neuen Verfahrens ist ein neues Bewertungsmodell, das innerhalb einer heuristischen Optimierung verwendet wird. Die Auswirkungen verschiedener Umlaufzeitkombinationen

auf den *motorisierten Individualverkehr* werden zum einen durch eine Betrachtung der einzelnen Knotenpunkte mit der jeweiligen Umlaufzeit als Einzelknotenpunkt und zum anderen durch die Abschätzung der Auswirkungen vorhandener Koordinierungsmöglichkeiten im Straßennetz bewertet. In die Bewertung als Einzelknotenpunkt gehen dabei die Summe der Wartezeiten und die Anzahl der Halte unter der Annahme gleichmäßigen Zuflusses und eines Sättigungsausgleiches unter den einzelnen Phasen ein. Um die Möglichkeiten zur Koordinierung im Straßenverkehr zu bewerten, wurde ein Term eingeführt, in den zwei Werte eingehen: ein Maß für die Notwendigkeit zur Koordinierung an den einzelnen Verbindungsstrecken und ein Faktor zur Bewertung der Verträglichkeit der Umlaufzeiten an den Verbindungsstrecken im Hinblick auf eine Koordinierung.

Die Notwendigkeit zur Koordinierung ergibt sich aus den Verkehrsstärken und aus den Knotenpunktabständen. Während sie bei nicht zu hohem Auslastungsgrad prinzipiell proportional zur Verkehrsstärke ansteigt, verhält sie sich zum Knotenpunktabstand umgekehrt proportional. Die Verträglichkeit der Umlaufzeiten an benachbarten Knotenpunkten wird auf der Grundlage von umfangreichen Simulationsversuchen durch festgelegte Zuschlagsfaktoren beschrieben. Bei einheitlicher Umlaufzeit wirkt sich dieser Zuschlagsfaktor in vollem Maße positiv auf die Bewertung aus, bei halben oder Drittel Umlaufzeiten in entsprechend geringerem Maße. Andere unterschiedliche Umlaufzeiten werden im Hinblick auf die Koordinierungsmöglichkeit negativ bewertet.

Fußgänger und *Radfahrer* werden durch Einbeziehung der für sie auftretenden Wartezeiten in die Gesamtbewertung berücksichtigt. Die Anzahl der am Knotenpunkt stündlich auftretenden Fahrbahnquerungen ist vom Anwender vorzugeben, und es wird ein gleichbleibender Freigabezeitanteil an der Umlaufzeit zugrundegelegt. Der Netzzusammenhang bleibt bei diesen Verkehrsteilnehmern unbeachtet.

Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs werden wie beim motorisierten Individualverkehr zum einen durch eine Betrachtung des Einzelknotenpunktes und zum anderen über die Auswirkungen vorhandener Koordinierungsmöglichkeiten in die Bewertung einbezogen. Hierzu ist vom Anwender vorzugeben, ob eine Koordinierung für diese Fahrzeuge auf den einzelnen Strecken von Nutzen sein kann oder ob sie beispielsweise durch eine Haltestelle ohnehin in der Regel aus der Koordinierung herausfallen würden. Auf dieser Grundlage wird dann eine Bewertung der untersuchten Umlaufzeitkombinationen für den ÖPNV von den Bewertungsgrößen für den motorisierten Individualverkehr abgeleitet.

Unter Einbeziehung der vorzugebenden Gewichtungsfaktoren und der Besetzungsgrade der Fahrzeuge werden die sich ergebenden Bewertungsgrößen zu einer Gesamtbewertungsziffer zusammengefaßt.

Die heuristische Optimierung geht von einer Anfangslösung mit den günstigsten Umlaufzeiten bei Betrachtung als Einzelknotenpunkt aus. In einer vorzugebenden Reihenfolge wird dann die Umlaufzeit an den einzelnen Knotenpunkten A (vergleiche Bild 3) auf eine bestimmte Auswahl aus 14 Werten eingestellt. Für jede dieser Einstellungen werden die Umlaufzeiten an den Nachbarknotenpunkten variiert, ebenso werden an den Nachbarknotenpunkten zweiter Ordnung die Umlaufzeiten eingeschränkt variiert. Jede Variante wird mit dem neuen Modell bewertet. Die sich ergebende beste Lösung wird beibehalten und dann der nächste Knotenpunkt A betrachtet.

Dem Ergebnis aus diesem Optimierungsverfahren, bei dem sich unterschiedliche Umlaufzeiten an den einzelnen Knotenpunkten ergeben können, wird in der Ausgabe des Verfahrens die optimale einheitliche Umlaufzeit für das betrachtete Straßennetz gegenübergestellt.

Das entwickelte Verfahren OPUS wurde an einem Fallbeispiel angewendet. Die durch das Programm ermittelten Grenzen für Teilgebiete mit jeweils einheitlicher Umlaufzeit erwiesen sich als sinnvoll, und die Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten im

Straßennetz ergab für die vorgegebene Situation und Gewichtung insgesamt höher zu bewertende Vorteile als Nachteile. Der Verminderung von Wartezeiten für alle Verkehrsteilnehmergruppen stand dabei insbesondere eine Erhöhung der Anzahl der Halte für den motorisierten Individualverkehr gegenüber. Es bestätigte sich, daß die Auswirkungen der Anwendung unterschiedlicher Umlaufzeiten wesentlich davon abhängen, welche Gewichtung der Anzahl der Halte gegenüber der Summe der Wartezeiten beim motorisierten Individualverkehr gegeben wird. Einzelne Verkehrsabläufe, die sich bei Umlaufzeitsprüngen als kritisch in Bezug auf Auffahrunfälle erweisen könnten, müßten bei einer praktischen Umsetzung beobachtet und bewertet werden. Hierfür liegen derzeit noch keine zu verallgemeinernden Erkenntnisse vor.

Das entwickelte Verfahren OPUS ist derzeit auf eine Anwendung als Unterprogramm der oben beschriebenen Programmversion TRANSYT-8MC ausgelegt. Eine Aufarbeitung als selbständiges Programm und Übertragung auf einen Personal Computer bietet sich jedoch an. Daneben besteht die Möglichkeit, das Verfahren innerhalb anderer Modelle zur Optimierung der Signalzeiten anzuwenden. Obwohl das erstellte FORTRAN-Programm bisher programmtechnisch nicht optimiert ist, wurden nur kurze Rechenzeiten benötigt (im Fallbeispiel mit 22 Knotenpunkten knapp 5 s CPU-Zeit auf der benutzten Großrechenanlage vom Typ IBM 3090).

5. Schlußbemerkung

In dem beschriebenen Forschungsvorhaben wurde ein neues Verfahren zur Optimierung von Umlaufzeiten in der Lichtsignalsteuerung für Straßennetze entwickelt. Bei Anwendung dieses Verfahrens, dem die Bezeichnung OPUS gegeben wurde, ergeben sich vor allem folgende Vorteile:

- Es werden alle relevanten Zielgrößen und Verkehrsteilnehmergruppen einbezogen.
- Das Verfahren erlaubt neben der Anwendung einer einheitlichen Umlaufzeit auch unterschiedliche Umlaufzeiten. Dazu werden optimale Teilgebietsgrenzen ermittelt, und es werden insbesondere auch die Verkehrsvorgänge an den Grenzen zwischen den Teilgebieten berücksichtigt.
- Das Modell erlaubt eine Gegenüberstellung der quantitativen Bedeutung der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen für eine frei wählbare Gewichtung. Dies kann generell für verkehrsplanerische Entscheidungen von Nutzen sein.

Mit dem neu entwickelten Modell OPUS steht ein mit vertretbarem Aufwand durchzuführendes Verfahren zur Optimierung von Umlaufzeiten in Straßennetzen zur Verfügung. Bei allen Möglichkeiten, die ein solches rechnergestütztes Verfahren bietet, bleibt für den Anwender wie bei jedem derartigen Programm zu beachten, daß es sich um Modellrechnungen handelt. Die Übereinstimmung mit den tatsächlichen Verkehrsabläufen hängt von der Qualität des Modells, vor allem aber auch von der Qualität der Eingabedaten ab. Das Fachwissen, die besondere Erfahrung und das Einfühlungsvermögen in die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten werden deshalb trotz weitreichender Entscheidungshilfen durch moderne Optimierungsverfahren auch in Zukunft unverzichtbar bleiben, um einen wirklich optimalen Verkehrsablauf für alle Verkehrsteilnehmer zu erreichen.

Schrifttum

- Allsop, R. E.: Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, Heft 21, 1980
- Ferguson, J. A.: Combining Subareas in a Computer Controlled Road Network. University of Newcastle upon Tyne, Department of Civil Engineering, 1975
- Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA). Köln, 1981

Greenshields, B. D., Shapiro, D.; Ericksen, E. L.: Traffic Performance at Urban Street Intersections. Yale Bureau of Highway Traffic, Yale University, New Haven, Conn. 1947

Robertson, D. I.: TRANSYT – A Traffic Network Study Tool. Road Research Laboratory, LR 253, Crowthorne, 1969

Vincent, R. A.; Mitchell, A. I.; Robertson, D. I.: User Guide to TRANSYT Version 8. Transport and Research Laboratory, LR 888, Crowthorne, 1980

Webster, F. V.: Traffic Signal Settings. Road Research Laboratory Technical Paper No. 39 London, 1958

Webster, F. V.; Cobbe, B. M.: Traffic Signals. Road Research Laboratory Technical Paper No. 56, London, 1966

Yagoda, H. N.; Principe, E. H.; Vick, E. C.; Leonard, B.: Subdivision of Signal Systems into Control Areas. Traffic Engineering, Vol. 43, No. 12, Sept. 1973, S. 42–45

Anmerkungen und Beispiele zum Entwurf städtischer Straßen

Hartmut H. Topp

Ansprüche an Straßen und Plätze sind vielfältig ...

Straßen und Plätze sind das Rückgrat der Stadt. Sie sind das Beständige in der Stadt, sie überdauern Jahrhunderte. Straßen und Plätze identifizieren Städte. Alte Hauptstraßen und Plätze verkörpern Geschichte, Straßen und Plätze stellen Öffentlichkeit her – die ruhige Quartierstraße ebenso wie die lebhafteste Hauptstraße.

Von Straßen und Plätzen wird viel gefordert: sie sind Räume für Aufenthalt, Bummel, Treff, Gespräch, Spiel, Straßencafé ... sie erschließen Grundstücke über Zufahrten, Parkstreifen, Ladeflächen, sie sind Verkehrsadern für Autos, Busse und Bahnen, für Radfahrer und Fußgänger. Sie sind Erlebnisraum für Architektur und Stadtleben, sie dienen der Durchlüftung der Stadt ...

Am stärksten überlagern sich die vielfältigen Funktionen auf innenstädtischen Hauptverkehrsstraßen, die häufig gleichzeitig Hauptwohnstraßen und/oder Hauptgeschäftsstraßen sind. Hier kommt es zu Konflikten: Lärm stört Wohnen, starker und schneller Autoverkehr schränkt Bewegungsfreiheit von Fußgängern und Radfahrern ein, diese Straßen sind gefährlich ...

Aber Nutzungsvielfalt macht die Lebendigkeit der Stadt aus: Aufenthalt, Trubel und Muße, Zerstreung in der Stadt und damit Gebrauchsfähigkeit und Gestalt von Straßen und Plätzen werden nach einer Phase des verkehrstechnischen Funktionalismus wieder wichtiger.

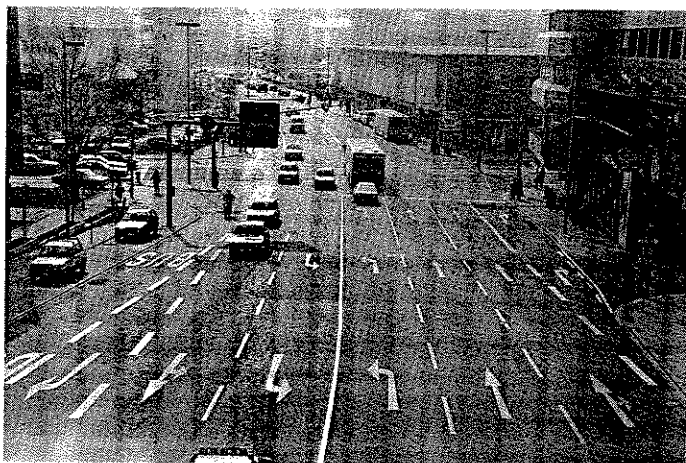
... oft aber vom Auto dominiert und eingengt

In vielen städtischen Haupt(verkehrs)straßen hat sich die Autoverkehrsfunktion sehr einseitig und perfekt durchgesetzt (Bild 1): Die überlieferte Proportionalität von Seitenraum, Fahrbahn, Seitenraum wurde aufgegeben, Schilderbrücken und Leiteinrichtungen geben den Straßen stark technisches Gepräge, querende Fußgänger werden auf signalgesteuerte Überwege, Unterführungen und Brücken gebündelt, ... alles im Namen einer einseitig auf den Autoverkehr bezogenen „Sicherheit und Leichtigkeit“ des Verkehrs. Höhere Fahrgeschwindigkeiten der Autos haben die angestrebten Sicherheitseffekte wieder aufgehoben: dies gilt insbesondere für die Sicherheit von Fußgängern und Radfahrern. Straßenraum ist in vielen Hauptstraßen in erster Linie Durchfahrraum zu Lasten von Aufenthalts-, Wahrnehmungs- und Erlebnisraum.

Verfasseranschrift: Prof. Dr.-Ing. Topp, Fachgebiet Verkehrswesen, Universität Kaiserslautern, Paul Ehrlich-Str. 14, 6750 Kaiserslautern

Nach einem Vortrag des Verfassers im Rahmen des Internationalen Seminars „Verbesserung der Lebensqualität in den Städten mittlerer Größe“ der Association des Fonctionnaires Universitaires au Service des Communes und der International Federation of Municipal Engineers in Luxemburg im Oktober 1989

Auch manche „verkehrsberuhigte“ Quartierstraße spiegelt eine hilflose Auseinandersetzung mit dem Auto wider (Bild 2), seitdem versucht wird, Geschwindigkeitsverhalten einseitig durch bauliche Maßnahmen an der Straße zu beeinflussen. Schwellen, „Kölner Teller“, Kübel werden in Bürgerversammlungen zum Negativ-Synonym für Verkehrsberuhigung. Fahrbahnversätze, die aus Straßenraum und Bebauung nicht ableitbar sind, sind städtebaulich unbefriedigend und führen zu starker verkehrstechnischer Prägung der Straße (Müller/Topp, 1986).



1: Auto-orientierter Perfektionismus am Innenstadtring in einer Stadt mit 100 000 Einwohnern – aufgenommen von einer in ein Kaufhaus integrierten Fußgängerbrücke



2: In anderer Weise ebenfalls vom Auto geprägter Schematismus in einer Quartierstraße; die Fahrbahnversätze widersprechen Bebauung und Straßenraum