

AMONES: Anwendung und Analyse modellbasierter Netzsteuerungsverfahren in städtischen Straßennetzen – Teil 3: Evaluierung und Handlungsempfehlungen

Manfred Boltze, Fritz Busch, Bernhard Friedrich, Markus Friedrich, Sven Kohoutek, Holger Löhner, Jonas Lüßmann und Thomas Otterstätter

Verfasseranschriften:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Boltze,
boltze@verkehrtu-darmstadt.de,
Dipl.-Ing. S. Kohoutek,
kohoutek@verkehrtu-darmstadt.de,

Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Petersenstraße 30, 64287 Darmstadt;
Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Busch,
fritz.busch@tum.de,
Dipl.-Ing. J. Lüßmann,
jonas.luessmann@vt.bvtum.de,
Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Arcisstraße 21, 80333 München;

Univ.-Prof. Dr.-Ing. B. Friedrich,
friedrich@tu-braunschweig.de,
Dipl.-Inform. H. Löhner,
h.loehner@tu-braunschweig.de,

Technische Universität Braunschweig, Institut für Verkehr und Staudbauwesen, Rebenring 31, 38106 Braunschweig;
Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Friedrich,
markus.friedrich@isv.uni-stuttgart.de,
Dipl.-Ing. T. Otterstätter,
thomas.otterstaetter@isv.uni-stuttgart.de,
Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Pfaffenwaldering 7, 70569 Stuttgart

Modellbasierte Netzsteuerungsverfahren sind bis jetzt in Deutschland nicht weit verbreitet. Die wesentlichen Hemmnisse für eine breite Umsetzung der Verfahren sind die Schnittstellenproblematik und die damit verbundenen hohen Investitionskosten sowie unzureichende Kenntnisse über die erzielbaren verkehrlichen und umweltbezogenen Wirkungen. Hier setzt das vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung geförderte Forschungsvorhaben AMONES an. Durch umfassende empirische Untersuchungen in zwei städtischen Testfeldern und ergänzende Simulationsstudien soll beantwortet werden, welche verkehrlichen und umweltbezogenen Vorteile und Wirkungen gegenüber den klassischen verkehrsabhängigen Steuerungsverfahren nachweisbar sind und welche Methoden sich zur Wirkungsermittlung eignen. Der erste Teil der dreiteiligen Veröffentlichung enthält einen Überblick über verschiedene LSA-Steuerungsverfahren. Es werden die Funktionsweise modellbasierter Steuerungen und die im Rahmen des Projekts verwendeten Erhebungs- und Analysemethoden erläutert. Der zweite Teil stellt die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen in den Testfeldern Hamburg und Bremerhaven vor. Im dritten und letzten Teil werden die Ergebnisse diskutiert und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Up to now adaptive traffic signal control systems are not widely spread in Germany. Main obstacles for a wider propagation are interface problems and high investment costs, as well as insufficient knowledge regarding the benefits for traffic flow and environmental impacts. These are the core issues of the research project AMONES funded by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development. Comprehensive empirical studies in two urban test fields and complementary simulation studies shall clarify which traffic and environment related benefits and impacts can be identified compared to conventional traffic dependent signal control systems and which methods are suitable for the evaluation of impacts. The first part of the three-part publication contains an overview of different methods for signal control focusing on the functionality of adaptive traffic signal control systems. It describes the survey and analysis methods applied in the project. The second part presents the results of the empirical studies in the test fields Hamburg and Bremerhaven. In the third and last part the results are discussed and recommendations are derived.

Mit diesem Teil 3 wird der Beitrag fortgesetzt, dessen Teil 1 im Heft 5/2011 und Teil 2 im Heft 6/2011 dieser Zeitschrift erschienen sind.

5 Evaluierung modellbasierter Steuerungsverfahren

Im Vergleich der netzweiten modellbasierten Steuerungsverfahren (NMS) mit der lokalen regelbasierten Steuerung (LRS) und der Festzeitsteuerung (FZS) zeigen sich weder in den Felduntersuchungen

und Simulationsstudien für die Testfelder in Hamburg und in Bremerhaven noch in den Simulationsstudien im virtuellen Testfeld eindeutige Ergebnisse hinsichtlich der Bewertungskriterien Verlustzeiten und Anzahl der Halte.

In der Tendenz ergeben sich in den realen Testfeldern gegenüber dem Referenzverfahren LRS kleine Vorteile für die NMS, die jedoch über den Tagesverlauf nicht durchgängig nachgewiesen werden konnten. Darüber hinaus wird mit der FZS in Bremerhaven eine vergleichbare Verkehrsqualität erreicht wie mit den beiden

verkehrsabhängigen Steuerungsverfahren. Ein deutlicher systematischer Abstand bezüglich der Verkehrsqualität besteht lediglich für die FZS im Testfeld Hamburg. Die FZS führt dort aufgrund der zyklischen Freigabe eines Linksabbiegers am zentralen Knotenpunkt, der bei den verkehrsabhängigen Steuerungen nur bei Bedarf bedient wird, zu deutlich längeren Fahrzeiten und einer höheren Anzahl der Halte. Die detaillierte Auswertung der in der Felduntersuchung und in der Simulation für die realen Testfelder ermittelten Daten zeigt, dass es mit den NMS zeitweise

gelingt, deutliche Verbesserungen zu erzielen, diese Verbesserungen aber im Tagesverlauf auch Zeitbereichen gegenüber stehen, in denen die Verkehrsqualität auf ein schlechteres Niveau als bei der LRS zurück fällt. Dies weist darauf hin, dass offensichtlich Verbesserungspotenziale von bis zu 20% Reduzierung der Verlustzeiten mit Hilfe von modellbasierten Steuerungsverfahren erzielt werden können, die Verfahren jedoch noch nicht ausgereift genug sind, dieses Potenzial durchgängig zu nutzen.

Im virtuellen Testfeld sind drei Steuerungsverfahren ohne ÖPNV-Beschleunigung und zwei Verfahren mit ÖPNV-Beschleunigung für identische Nachfragesituationen untersucht worden. Der Vergleich anhand der mittleren Verlustzeit der Busse zeigt sehr deutlich das große Potenzial der ÖPNV-Beschleunigung, mit der die Verlustzeiten der Busse um ca. 40% reduziert werden können.

Die Verbesserung der Fahrzeiten der ÖPNV-Busse durch die Beschleunigung steht jedoch insbesondere bei höherer Auslastung in einem offensichtlichen Zielkonflikt zu der Verkehrsqualität des übrigen Kfz-Verkehrs. So steigen die Verlustzeiten des Kfz-Verkehrs in der stark belasteten Abendspitze bei der LRS mit ÖPNV-Beschleunigung um 69% gegenüber der FZS an. In der Gegenüberstellung aller Steuerungsverfahren mit bzw. ohne ÖPNV-Beschleunigung zeigt sich diese Wechselwirkung für die Abendspitze in ähnlicher Größenordnung.

Lediglich in der Morgenspitze wird diese Systematik einmal von BALANCE mit ÖPNV-Beschleunigung durchbrochen. In diesem Steuerungsszenario erzielt BALANCE für den Kfz-Verkehr gute Ergebnisse vergleichbar mit den Steuerungsverfahren ohne ÖPNV-Beschleunigung. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass bei einer gelungenen Integration der ÖPNV-Beschleunigung in die Netzsteuerung die negativen Auswirkungen auf den Kfz-Verkehr weitgehend vermieden werden können. BALANCE mit ÖPNV-Beschleunigung kann diese Verbesserung jedoch nicht systematisch nachweisen und schneidet in der Abendspitze mit dem ungünstigsten Ergebnis ab. Ein grundsätzliches Potenzial zum Ausgleich von Störungen lässt sich jedoch aus den Ergebnissen für modellbasierte Verfahren ableiten.

Die Steuerungsverfahren ohne ÖPNV-Beschleunigung erzielen im virtuellen Testfeld hinsichtlich der Verlustzeiten von ÖPNV-Bussen und übrigen Kfz in allen

Nachfrageszenarios eine vergleichbare Verkehrsqualität. Im Gegensatz zur allgemeinen Erwartung schneidet die FZS nicht schlechter sondern überwiegend besser als die beiden verkehrabhängigen Steuerungsverfahren ohne ÖPNV-Beschleunigung ab. Dies ist sicherlich der vorab getroffenen Anpassung der Freigabezeiten entsprechend der bekannten Verkehrsnachfrage geschuldet, zeigt jedoch, dass bei der LRS mit derselben Voranpassung der Rahmensignalprogramme an die Verkehrsnachfrage eine darüber hinaus gehende Anpassung an kurzfristige Schwankungen eher kontraproduktiv wirkt.

Die Synthese der Auswertungen zeigt, dass mit einer guten Anpassung der Freigabezeiten an die Verkehrsnachfrage auch für längere Zeiträume bereits ein gutes Ergebnis erzielt wird, dass eine weitergehende Nachfrageanpassung durch die NMS, aufgrund der schwierigen Verkehrslagemodellierung, bislang zu keinen durchgängigen Verbesserungen führt und kurzfristige Freigabezeitanpassungen an stochastische Schwankungen durch die LRS eher kontraproduktiv wirken, wenn ihnen ein zu großer Spielraum eingeräumt wird. Für bestimmte Situationen, in denen eine Reaktion auf die Anforderung einzelner Fahrzeuge oder Verkehrsteilnehmer erforderlich ist, kann die LRS jedoch wesentliche Vorteile bieten. In gleicher Weise ist die LRS für die ÖPNV-Beschleunigung ohne Alternative.

Die ÖPNV-Beschleunigung führt zu eindeutig geringeren Verlustzeiten für ÖPNV-Fahrzeuge, ist aber in der Regel mit einer signifikanten Verschlechterung für den übrigen Kfz-Verkehr verbunden. Offensichtlich besteht im Grundsatz die Möglichkeit, mit modellbasierten Steuerungsverfahren die ÖPNV-Beschleunigung ohne wesentlichen Nachteil für den übrigen Kfz-Verkehr zu integrieren und Störungen auszugleichen. Da dies in den Untersuchungen jedoch nicht systematisch gelungen ist, wird hier noch ein Entwicklungspotenzial für die modellbasierten Verfahren gesehen.

6 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die in AMONES durchgeführten Untersuchungen zeigen einerseits, dass umfassende Wirkungsanalysen für unterschiedliche Verfahren der Lichtsignalsteuerung in Straßennetzen nach wie vor sehr aufwändig sind. Andererseits ist ein erheblicher Weiterentwicklungsbedarf für die

zurzeit vorhandenen Verfahren deutlich geworden.

Aus den vorliegenden Ergebnissen können jedoch einige Handlungsempfehlungen für die Praxis sowie für Forschung und Entwicklung abgeleitet werden. Diese sind im Folgenden gegliedert nach den verkehrlichen Wirkungen, den Umweltwirkungen und der Handhabbarkeit der Verfahren dargestellt. Den Abschluss bilden Empfehlungen zum Einsatzbereich und zu Implementierungsstrategien.

6.1 Verkehrliche Wirkungen

Die Erfassung von Kenngrößen für eine umfassende Bewertung erfordert die Fusion verschiedener Datenquellen

Zur Erfassung der verkehrlichen Wirkungen (Fahrzeit, Anzahl der Halte) haben sich die Kombination von Messfahrten mit GPS-Geräten (wenige Fahrzeuge werden exakt erfasst) und einer Kennzeichenerfassung mit ANPR-Systemen (für viele Fahrzeuge wird die Fahrzeit exakt erfasst) bewährt. Messfahrten allein genügen nur für kleinere Untersuchungen, um eine ausreichende statistische Sicherheit zu erhalten. Hierfür sind je nach Erhebungsgebiet zwischen 30 und 70 Messfahrten pro Relation, Szenario und Tageszeitblock erforderlich. Zusätzlich ist die Erfassung lokaler Verkehrsstärken notwendig, um die gemessenen Wirkungen zu quantifizieren. Die mikroskopische Simulation erweist sich als leistungsfähige Ergänzung der Feldversuche, ist aber sehr aufwendig.

Zur Erhebung kollektiver Fahrzeiten sind weniger aufwendige Methoden zu entwickeln

Die im Rahmen von AMONES verwendeten Erhebungsmethoden haben einen sehr hohen Planungs- und Personalaufwand und erfordern den Einsatz teurer Geräte. Dies betrifft insbesondere die Messung der Fahrzeiten mit ANPR-Systemen. Im Bereich der Fahrzeitmessung werden derzeit andere Verfahren (Induktionsschleifensignaturen, Bluetooth) entwickelt, die vielversprechende Verbesserungen in diesen Bereichen erwarten lassen.

Für die Qualitätssicherung ist ein regelmäßiges Monitoring notwendig

Für die Qualitätssicherung von Lichtsignalanlagen ist ein Qualitätsmanagement erforderlich, das unter anderem die Detektorinfrastruktur und die verkehrlichen Wirkungen regelmäßig überprüft.

Die Qualität einer verkehrsabhängigen Steuerung wird unmittelbar von der Qualität der gemessenen Eingangsdaten beeinflusst. Die verkehrlichen Wirkungen sind komplex, und die Randbedingungen einer Lichtsignalanlage können sich im Laufe der Zeit ändern. Insbesondere sind bei Eingriffen in die Steuerung Vorher-/Nachher-Untersuchungen erforderlich.

Die Anpassung des Rahmensignalprogramms an die aktuelle Verkehrsnachfrage ist wesentlich

Die Ergebnisse aus den Felduntersuchungen und Simulationen, insbesondere diejenigen, die im virtuellen Testfeld ermittelt werden konnten, zeigen, dass eine Anpassung des Rahmensignalprogramms an die aktuelle Verkehrsnachfrage gerade bei höherer Auslastung am besten geeignet ist, die vorhandene Kapazität zu nutzen. In diesem Sinne hat die Festzeitsteuerung mit einer tageszeitlich guten Anpassung an die Verkehrsnachfrage überraschend gute Ergebnisse erzielt. Vor diesem Hintergrund ist zu empfehlen, dass bei Neuprojektierungen oder Überarbeitungen von Lichtsignalsteuerungen zunächst die Erfassung der Nachfragestrukturen und die Erarbeitung von gut angepassten Festzeitsteuerungen bzw. Rahmensignalplänen im Vordergrund stehen.

Modellbasierte Steuerungsverfahren haben das größte Potenzial, benötigen aber eine aufwendige Kalibrierung

Modellbasierte Steuerungsverfahren haben das größte Potenzial, die vorhandene Kapazität bestmöglich zu nutzen, da sie den Rahmensignalplan im Grundsatz am feinsten an die variable Verkehrsnachfrage anpassen können. Für einige Zeitbereiche konnte dies sowohl in den Felduntersuchungen wie auch in den Simulationen eindrucksvoll nachgewiesen werden. Aufgrund der Schwierigkeit der Kurzfristprognosen der Verkehrsnachfrage sowie der präzisen Verkehrslagemodellierung gelingt diese Anpassung jedoch offensichtlich noch nicht durchgängig. Für den Einsatz von modellbasierten Steuerungsverfahren bedeutet dies, dass eine aufwendige Kalibrierung und Validierung der Steuerung für gute Ergebnisse von großer Bedeutung ist. Für die Weiterentwicklung der modellbasierten Steuerungsverfahren wird empfohlen, das Augenmerk insbesondere auf die Verkehrslagemodellierung und die Kurzfristprognose unter dem Gesichtspunkt der Robustheit zu richten.

Lokale regelbasierte Steuerungsverfahren wirken bei der Anpassung an die Verkehrsnachfrage eher kontraproduktiv, können jedoch auf spezielle Anforderungen am besten reagieren

Einerseits haben die Untersuchungen gezeigt, dass bei der lokalen regelbasierten Steuerung mit einer genauen Voranpassung der Rahmensignalprogramme an die Verkehrsnachfrage eine darüber hinausgehende Anpassung an kurzfristige Schwankungen kontraproduktiv wirkt. Andererseits kann die LRS jedoch wesentliche Vorteile für bestimmte Situationen bieten, in denen eine Reaktion auf die Anforderung einzelner Fahrzeuge oder Verkehrsteilnehmer erforderlich ist. In gleicher Weise ist die LRS für die ÖPNV-Beschleunigung ohne Alternative. Die LRS sollte aus diesem Grund nicht für die Nachfrageanpassung, sondern ausschließlich für die Behandlung von besonderen einzelnen Anforderungen (wie z.B. die Bedarfsphasenanforderung für Linksabbieger im Testfeld Hamburg) eingesetzt werden. Durch eine solche funktionale Beschränkung können die Signalprogramme auch einfacher und im Sinne des Qualitätsmanagements transparenter gestaltet werden.

6.2 Umweltwirkungen

Eine Reduzierung der straßenseitigen Luftschadstoffimmissionen infolge einer angepassten LSA-Steuerung ist nachweisbar

Die Wirkungen einer reduzierten Verkehrsstärke, z.B. aufgrund einer Zufussdosierung, und einer reduzierten Anzahl der Halte in einer Knotenpunktzufahrt, z.B. aufgrund einer verbesserten Koordination, sind in straßenseitig gemessenen NO_x - und PM_x -Immissionen nachweisbar. Mit kurzzeitigen Eingriffen, z.B. gezielten Grünzeitverlängerungen, können kurzzeitige lokale Reduktionen der NO_x -Konzentration in einer Größenordnung von über 10% realisiert werden; mit einer dauerhaft verbesserten Koordination erscheinen sogar deutlich höhere Reduktionspotenziale realisierbar. Für die PM_{10} - und $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentration erzielen kurzzeitige Maßnahmen nur eine vernachlässigbare Reduktion von unter 5%. Aufgrund der chemisch-physikalischen Eigenschaften von Partikeln erscheinen mittel- und langfristige Maßnahmen geeigneter. Je nach lokalem Verursacheranteil des Verkehrs sind mittels Zufussdosierung oder Beschränkungen für den Schwerverkehr Reduktions-

136 Seiten, DIN A4, 55,- €
(inkl. MwSt. und Versand),
ISBN 978-3-7812-1684-6

Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen

RASt 06

Die „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ Ausgabe 2006 (RASt 06), wurden in der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) vom Arbeitsausschuss „Stadtstraßen“ erarbeitet.

Die „RASt 06“ behandeln den Entwurf und die Gestaltung von Erschließungsstraßen sowie angebaute Hauptverkehrsstraßen mit plangleichen Knotenpunkten und ersetzen die „Empfehlungen für die Anlage von Erschließungsstraßen“ (EAE 85/95) und die „Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstraßen“ (EAHV), Ausgabe 1993.

Weitere Informationen:
www.kirschbaum.de

Tabelle 12. Hinweise zur Auswahl geeigneter Steuerungsverfahren

Steuerungsverfahren	FZS	LRs	LMS	NRS	NMSA	NMS
Nachfragestruktur						
Tageszeitabhängige Variabilität	+	+	+	+	/	/
Räumliche Variabilität	-	o	o	+	+	+
Situationsabhängige Variabilität (z.B. bei Veranstaltungen)	-	-	o	o	o	+
Regelmäßige Überstauung mehrerer Zufahrten eines Knotenpunktes	o	o	+	o	o	+
Netzstruktur						
Keine Alternativrouten (geringe Vermaschung)	+	+	+	/	/	/
Vorhandene Alternativrouten (hohe Vermaschung)	-	o	+	+	+	+
Vorhandene Rückstauräume mit unterschiedlicher Betroffenheit (in Bezug auf die Umweltbelastung) oder unterschiedlichem Grenzwertüberschreitungsrisiko	-	-	-	+	+	+
Ziele der Steuerung						
Umweltkriterien sollen berücksichtigt werden	-	o	+	o	+	+
Situationsabhängige Optimierung spezifischer Kenngrößen (Anzahl der Halte, Wartezeit, ÖPNV - Wartezeit)	-	o	+	o	o	+
Gewünschte Funktionalitäten						
Anpassung der LSA-Steuerung an übergeordnete Strategien einer Verkehrsleitzentrale (z.B. Schaltung strategiekonformer Haupttrouten)	-	o	o	+	+	+
Situationsabhängige Zuflussdosierung durch Pfortneranlagen (z.B. bei bestimmten umweltbezogenen Randbedingungen)	-	-	-	+	+	+
Situationsabhängige ÖPNV-Beschleunigung	-	+	+	+	+	+
„+“ geeignet	„o“ bedingt geeignet		„-“ nicht geeignet		„/“ nicht erforderlich	

FZS Festezeitsteuerung
 LRS Lokale regelbasierte Steuerung
 LMS Lokale modellbasierte Steuerung
 NRS Netzweite regelbasierte Steuerung
 NMSA Netzweite modellbasierte Signalprogrammtauswahl
 NMS Netzweite modellbasierte Steuerung

potenziale in einer Größenordnung von 5 bis 10% der Gesamtbelastung realisierbar.

Eine modellbasierte Netzsteuerung kann im Vergleich zu regelbasierten Verfahren bei der Reduzierung verkehrsbedingter Umweltwirkungen von Vorteil sein

Bei entsprechender Parametrierung kann eine modellbasierte Netzsteuerung die Emissionen des Straßenverkehrs im gesamten Netz signifikant reduzieren. In Bezug auf die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte an Umwelt-HotSpots können modellbasierte Verfahren erweitert werden, um zeitlich und räumlich differenziert zur Reduzierung der Immissionen beizutragen. Dies kann z.B. durch eine Veränderung der Zielfunktion der modellbasierten Steuerung für bestimmte Netzabschnitte in Abhängigkeit der relevanten meteorologischen Parameter und der Hintergrundbelastung der jeweiligen Schadstoffe geschehen.

Die immissionsbezogenen Wirkungen verkehrlicher Maßnahmen hängen, ebenso wie die Immissionen selbst, stark von meteorologischen Randbedingungen ab

In beiden Testfeldern wurde ein erheblicher Einfluss meteorologischer Kenngrößen und insbesondere der lokal gemessenen Windgeschwindigkeit auf die untersuchten Immissionskenngrößen festgestellt. Bei bestimmten meteorologischen Situationen, z.B. bei hohen Windgeschwindigkeiten und damit einhergehender guter Durchlüftung, ist der Einfluss des Verkehrs ebenso wie das Minderungspotenzial etwaiger Maßnahmen auf die Immissionsbelastung messtechnisch nur schwach erkennbar.

Wissenslücken bei der Erhebung umweltrelevanter Verkehrskenngrößen sind zu schließen

Dies betrifft zum einen weitere Forschung hinsichtlich der Einflussgrößen auf die nicht-motorbedingte Partikelbelastung, die

sich in ihren Eigenschaften deutlich von den weiteren untersuchten Immissionskenngrößen unterscheidet. Zum anderen betrifft dies Untersuchungen hinsichtlich der Eignung gängiger Kenngrößen zur Qualität des Verkehrsablaufs als Eingangsgrößen für die Immissionsmodellierung (z.B. die Eignung der Kenngröße „Anzahl der Halte“ gegenüber der Kenngröße „Rückstaulänge“).

Zusammenhänge zwischen Verkehrskenngrößen und alternativen Messgrößen der Partikelkonzentration sind zu untersuchen

Die Messgröße „Partikelanzahlkonzentration“ ist besser geeignet als die Messgröße „Partikelmassenkonzentration“, um die gesundheitlichen Wirkungen des Straßenverkehrs und entsprechender Minderungsmaßnahmen zu bewerten. Es ist zudem absehbar, dass diese Messgröße stärker mit den motorbedingten Partikelemissionen des Straßenverkehrs korreliert. Weitere Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Verkehrskenngrößen und Partikelanzahlkonzentration erscheinen daher sinnvoll.

Geeignete Detektionsverfahren zur Erhebung der umweltrelevanten Verkehrskenngrößen sind zu entwickeln

Insbesondere im Bereich von Umwelt-HotSpots ist eine möglichst genaue Abschätzung der Umweltwirkungen verkehrlicher Maßnahmen empfehlenswert. Eine alleinige Detektion der Kenngröße „Verkehrsstärke“ ist hierfür nicht ausreichend. Bestehende Detektionsverfahren, z.B. die videobasierte Erfassung, sind gegebenenfalls weiterzuentwickeln, um den Verkehrsablauf und die Verkehrszusammensetzung im Bereich von Umweltmessstellen in hoher Qualität zu erfassen. Diese hochwertige Datengrundlage kann zur Erhöhung der Aussagekraft gängiger Emissions- und Immissionsmodellierungen eingesetzt werden.

Modellbasierte Steuerungsverfahren sollten dynamisch auf bestimmte Umweltsituationen reagieren können

Die Wirkungen einer Lichtsignalsteuerung in Form einer Zuflussregelung und/oder einer verbesserten Koordinierung sollten in Abhängigkeit des Grenzwertüberschreitungsrisikos und der Betroffenheit bestimmter Gebiete gezielt und zeitlich sowie räumlich differenziert eingesetzt werden, um die Umweltbelastung des Straßenverkehrs zu mindern. Eine situationsabhängige

ge Gewichtung der Zielgrößen der modellbasierten Steuerung kann dies grundsätzlich ermöglichen.

6.3 Handhabbarkeit der Verfahren

Die Evaluierung von LSA-Steuerungen mittels mikroskopischer Simulation ist aufwendig aber sehr empfehlenswert

Die Kalibrierung eines Mikrosimulations-szenarios mit mehreren Knoten und komplexer LSA-Steuerung ist aufwendig und schwierig. Sie setzt zudem eine umfangreiche und geeignete empirische Datengrundlage voraus. Nach erfolgreicher Kalibrierung können jedoch mit der Mikrosimulation unterschiedliche Steuerungsszenarios verglichen und statistisch signifikante Unterschiede zwischen diesen nachgewiesen werden. Ein Vergleich unterschiedlicher Steuerungsszenarios im realen Straßenraum ist dagegen oftmals nur sehr eingeschränkt möglich. Während bei einer empirischen Messung aus Aufwandsgründen in der Regel nur die Fahrzeuge auf wenigen Relationen betrachtet werden können, ermöglicht es die Simulation zudem, die Wirkungen der Steuerung auf alle Fahrzeuge im Untersuchungsnetz zu betrachten.

Die Parametrierung (Versorgung) der modellbasierten Verfahren ist sehr aufwendig und schwer zu durchschauen. Dies wird von potenziellen Anwendern eindeutig als Barriere für eine mögliche Nutzung gesehen

Die Möglichkeiten zur Parametrierung der modellbasierten Steuerungsverfahren sind sehr vielfältig und in den Wirkungszusammenhängen komplex. Dadurch ergibt sich prinzipiell die Möglichkeit, über eine Vielzahl von Stellschrauben das System optimal an die eigenen Bedürfnisse anzupassen. Auf der anderen Seite besteht aber auch die Notwendigkeit, die Parameter zunächst mit grundsätzlich sinnvollen Werten zu versehen. Zudem sind die Auswirkungen von Änderungen an den einzelnen Parametern in den aktuellen Systemen oft nur schwer bzw. nicht vollständig vorhersehbar. Somit sind auch erfahrene Anwender bei der Parametrierung auf die Hilfe der Hersteller und auf ein „Ausprobieren“ zur Ermittlung der optimalen Einstellungen angewiesen. Hier sind die Hersteller gefragt, die Akzeptanz und die Nutzbarkeit der Verfahren durch Verbesserungen bei der Transparenz bzgl. der Wirkungen von Parametereinstellungen und durch eine bessere Dokumentation zu erhöhen.

6.4 Einsatzbereich und Implementierungsstrategien

Bei der Einführung eines neuen LSA-Steuerungsverfahrens sind eine strukturierte Vorgehensweise und die Durchführung begleitender Untersuchungen zur Wirkungsermittlung empfehlenswert

Um die Wirkungen einer Steuerung im Vorfeld abschätzen und im Anschluss nachweisen zu können, wird ein strukturiertes Vorgehen mit Simulationsstudie und empirischer Vorher-Nachher-Untersuchung empfohlen. Nachfolgende Auflistung stellt eine aus fachlicher Sicht sinnvolle Vorgehensweise dar:

- Analyse der Ist-Situation:
 - Randbedingungen klären (vorhandene Infrastruktur, Verkehrsmanagement, ÖPNV)
 - Charakterisierung der Nachfrage- und Netzstruktur
 - gegebenenfalls Segmentierung/Strukturierung des Netzes
 - Vorher-Messung
- Wahl des geeigneten Steuerungsverfahrens (evtl. verschiedene je nach Strukturierung, evtl. Stufenlösungen vorsehen)
 - Wirkungsabschätzung und Vorparametrierung (Simulation)
 - Installation, Inbetriebnahme mit intensiver Begleitung
 - Nachher-Messung
 - Regelmäßige Qualitätsüberwachung.

Ein einfacher Einstieg in die Nachfrageanpassung und geeignete Strategien für die Migration zu modellbasierten Steuerungsverfahren erscheinen sinnvoll

Aus verkehrlicher Sicht ist die Anpassung der Rahmensignalprogramme an die variable Verkehrsnachfrage zielführend und sollte von den Betreibern der Lichtsignalanlagen angestrebt werden. Hierfür erscheinen Strategien sehr geeignet, die eine Migration vom Bestandssystem über offline auch hinsichtlich der Netzkoordinierung optimierte Festzeitsteuerungen hin zu komplexeren Verfahren der Nachfrageanpassung vorsehen. Die Auswahl der

(Festzeit- oder Rahmen-) Signalprogramme kann im einfachsten Fall tageszeitabhängig oder mit zunehmendem Anspruch regelbasiert bzw. modellbasiert erfolgen. Bei Vorliegen der entsprechenden Voraussetzungen seitens Verkehrsnachfrage und Netzstruktur kann für einzelne Teilnetze zu einer vollständigen adaptiven modellbasierten Netzsteuerung übergegangen werden. Feinteilige Zwischenstufen für eine schrittweise Erhöhung der Adaptivität der Netzsteuerung sind über gezielt eingesetzte, bzw. optimierte lokale (regel- oder modellbasierte) Steuerungen an kritischen Knoten möglich, ohne damit die Gesamtstruktur der Netzsteuerung grundsätzlich anpassen zu müssen. Über eine solche Migrationsstrategie werden Hemmnisse und Risiken minimiert, die mit der Anschaffung neuer Systemtechnik und der Einführung neuer anspruchsvoller Steuerungsverfahren verbunden sind.

ÖPNV-Beschleunigung ist mit modellbasierten Verfahren in Verbindung mit lokaler regelbasierter Steuerung realisierbar

Für die ÖPNV-Beschleunigung ist die lokale regelbasierte Steuerung ohne Alternative. Sie kann in Verbindung mit der modellbasierten Steuerung und Festzeitsteuerung verwendet werden. Der Zielkonflikt zwischen der Beschleunigungswirkung für die ÖPNV-Fahrzeuge und der Verkehrsqualität für den übrigen Kfz-Verkehr ist dabei zu beachten. Die weitere Entwicklung der NMS sollte darauf ausgerichtet sein, deren in den Untersuchungen deutlich gewordene Potenziale zum Ausgleich des Zielkonflikts zu verstetigen.

Hinweise zur Auswahl geeigneter Steuerungsverfahren

Basierend auf den Ergebnissen aus den drei Testfeldern, Erkenntnissen aus der Literatur und Erfahrungen von Herstellern und Anwendern lassen sich abhängig von Typisierungskriterien die in der Tabelle 12 dargestellten Hinweise zur Auswahl eines LSA-Steuerungsverfahrens ableiten.

Prüfinstitut & Bauüberwachung Siemund

PBS

Dynamische und stationäre Messungen an Straßenmarkierungen. Griffkeitsmessungen auf Straßenmarkierungen und Fahrbahnoberflächen.
Bauüberwachung und Beratung im Bereich Verkehrswesen.
Anerkannte Prüfstelle der BASt Prüst.-Nr.: F 1104
www.pbsberlin.de