

Magistratsvorlage

Wissenschaftsstadt
Darmstadt



Eingang Magistrats- geschäftsstelle: 01.11.2011	an den Magistrat ☐ zur Kenntnis ☒ zur Beschlussfassung	Beteiligt vor Magistratsbeschlussfassung:
Dezernat III Amt: Straßenverkehrs- und Tiefbauamt	an die Stadtverordnetenversammlung ☐ OBW zur Befassung ☐ zur Kenntnis ☒ zur Beschlussfassung ☐ zur abschließenden Beschluss- fassung Fachausschuss Behandlung in Ja Nein öffentl. Sitzung ☒ ☐	Dezernat IV ☐ OBW bei abschl. Beschlussfassung Magistrat
Verteiler:	Ja Nein Internetfähig ☒ ☐	Vorlage-Nr. 2011/0376 Magistratsbeschluss-Nr.

Betreff: Verkehrsadaptive Netzsteuerung in Darmstadt

Vorlage vom: 31.08.2011

Beschlussvorschlag:

1. Die Machbarkeitsstudie wird zur Kenntnis genommen.
2. Der Realisierung der ersten Stufe zur verkehrsadaptiven Netzsteuerung wird zugestimmt.
3. Die Kosten für die Maßnahme betragen 200.000,-- Euro. 150.000,-- Euro werden aus dem Sachkonto 6166130 „Optimierung Lichtsignalsteuerung“ der Kostenstelle 066-100-1000 finanziert. Für die restlichen 50.000,-- Euro liegt eine Deckungszusage aus dem Sachkonto 6165000 vor.

Anlagen: Anlage
Anhang

Datenschutzrelevante Anlage: ☐

Beschluss des Magistrats vom

Begründung zur Magistratsvorlage vom 31. August 2011

1. Ausgangslage

Die Stadt Darmstadt hat in den vergangenen Jahrzehnten mit einer Vielzahl von Projekten das Verkehrssteuerungssystem der Lichtsignalanlagen ausgebaut und somit ein qualitativ hochwertiges System mit einer zeitgemäßen verkehrstechnischen und gerätetechnischen Ausstattung geschaffen.

In der von TSC Beratender Ingenieur für Verkehrswesen erstellten Machbarkeitsstudie zur „Weiterentwicklung der Verkehrssteuerung in Darmstadt mit Einsatz einer verkehrsadaptiven Netzsteuerung“, Essen 2009 (siehe Anhang), wurde zunächst an einem Teilnetz geprüft, mit welchem Aufwand ein Einstieg in die modellbasierte, verkehrsadaptive Netzsteuerung von Lichtsignalanlagen und somit in die Weiterentwicklung der Verkehrssteuerung in Darmstadt zu realisieren ist und welche Wirkungen daraus zu erwarten sind.

Die verkehrsadaptive Netzsteuerung von Lichtsignalanlagen hat sich in den letzten Jahren in der Praxis in Deutschland immer weiter etabliert. Sie soll den Verkehrsablauf unter Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens im gesamten Straßennetz optimieren. Sie kann als eigenständige Komponente in bestehende und neue Verkehrssteuerungssysteme integriert werden.

Bei dem zu untersuchenden Teilnetz handelt es sich um die parallelen Straßenzüge Kasinostraße - Neckarstraße - Heidelberger Straße und Dolivostraße - Steubenplatz - Hindenburgstraße zwischen der Julius-Reiber-Straße im Norden und der Hügelstraße im Süden mit insgesamt 11 Lichtsignalanlagen (siehe Anlage).

2. Funktionsweisen der unterschiedlichen, verkehrsabhängigen Steuerungsverfahren

Regelbasierte Verfahren

Die bisher in Darmstadt eingesetzten verkehrsabhängigen Programme in den Steuergeräten reagieren unter vorgegebenen Rahmenbedingungen auf die Verkehrsströme, die aktuell an den Knotenpunkten vorhanden sind. Hierzu werden mit sogenannten regelbasierten Verfahren unter Zuhilfenahme von Ablaufdiagrammen (Logiken) deterministische Abläufe an Einzelknotenpunkten realisiert. Zu bestimmten Tageszeiten, wie z.B. Morgenspitze, Tagesverkehr, Nachmittagsspitze und Nachtverkehr, werden nach festen Zeitvorgaben unterschiedliche, verkehrsabhängige Programme geschaltet. Die Grünzeitenverteilung erfolgt auf der Grundlage von zuvor ermittelten Verkehrsbelastungszahlen für die einzelnen Tageszeiten. Grüne Wellen werden durch fest eingestellte Versatzzeiten zwischen den Knotenpunkten gebildet, wobei es durch ÖPNV-Beschleunigungen oder nicht eindeutig ausgeprägte Hauptlastrichtungen zur teilweisen Aufhebung der grünen Welle kommt. Bei hohen Verkehrsstärken kann eine kontinuierliche Belegung der Detektoren dazuführen, dass die Steuerlogik im Grunde einer Festzeitsteuerung entspricht.

Ein erster Schritt zur Verflüssigung des Verkehrs ist die Ergänzung der lokalen verkehrsabhängigen Steuerung um eine regelbasierte **Versatzzeitoptimierung** der Lichtsignalanlagen unter Netzbezug. Bei einer Versatzzeitoptimierung werden Wartezeiten und Halte in allen Knotenpunktzufahrten über eine Online-Steuerung miteinander vernetzt und optimiert. Somit können dann kurzfristige Änderungen der Verkehrsströme auch unter dem Einfluss der ÖPNV-Beschleunigung von den Lichtsignalanlagen selbstständig erkannt und die Grünphasen an den einzelnen Knotenpunkten im Netz entsprechend angepasst werden (Online-Optimierung der grünen Welle).

Modellbasierte Verfahren

Die verkehrsadaptive Netzsteuerung zählt zu den modellbasierten Steuerungsverfahren und ergänzt und vervollständigt das heute vorhandene System der verkehrsabhängigen Steuerung der Lichtsignalanlagen. Vom Verkehrsrechner wird mit den jeweils aktuell über Detektoren ermittelten Zählwerten ein Verkehrslagebild für einen Straßenzug bzw. im besten Fall für das gesamte Straßennetz erzeugt. Auf der Grundlage von Vergleichswerten wird eine Kurzfristprognose für die

...

nächsten 10 bis 15 Minuten erstellt. Mit Hilfe eines Verkehrsmodells (modellbasiertes Verfahren) erfolgt anhand vorher definierter Zielvorgaben (z.B. Minimierung der Halte) eine Optimierung des Verkehrsgeschehens und die Berechnung neuer Signalisierungsvarianten, die als neue Rahmenvorgaben an die Steuergeräte gesendet werden und somit die Signalschaltungen an die jeweilige Verkehrssituation angepasst werden können. Die verkehrsadaptive Netzsteuerung kann so fortlaufend flexibel auf Änderungen der Verkehrsbelastung im Straßennetz reagieren.

3. Ausbau Verkehrsadaptive Netzsteuerung / Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

Die Bestandsanalyse des vorhandenen Steuerungssystems in dem untersuchten Teilnetz (siehe Anlage) stellt sich wie folgt dar:

- Bei der verkehrsabhängigen Steuerung (regelbasiertes Verfahren) werden im Tagesverlauf vier verschiedene Signalprogramme mit unterschiedlichen Umlaufzeiten geschaltet, um die Kapazität und die Wartezeiten an den Signalanlagen bestmöglich dem Bedarf anzupassen.
- Grüne Wellen sind geschaltet bzw. werden angestrebt, werden aber durch die bevorrechtigte Schaltung des ÖPNV teilweise behindert bzw. aufgehoben.
- Abschnittsweise bestehen die Straßennetzmaschen aus mehreren Hauptverkehrsstraßen, so dass keine eindeutig ausgeprägte Hauptlastrichtung vorhanden ist (z.B. Rheinstraße / Neckarstraße), was ebenfalls zu einer Verhinderung bzw. Aufhebung der grünen Welle führt.
- An allen Knotenpunkten wird der Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) auf Anforderung bevorzugt geschaltet. Die streckenweise sehr hohen ÖPNV-Frequenzen (2 Fahrzeuge/Umlauf) im Untersuchungsgebiet (z.B. Rheinstraße / Neckarstraße) wirken kontraproduktiv in Bezug auf eine Verkehrsverflüssigung.
- Die Verkehrsqualität an den Knotenpunkten liegt für den ÖPNV bei Qualitätsstufe A bis C (Einordnung in einem Schulnotensystem: Stufe A = Note 1, Stufe F = Note 6) und für den motorisierten Individualverkehr (MIV) bei Qualitätsstufe C bis D (noch stabiler Verkehrszustand).
- Die Verkehrsqualität auf der Strecke (grüne Welle) ergibt für den ÖPNV Qualitätsstufe B bis D und für den MIV Qualitätsstufe D bis F (überlasteter Verkehrszustand).
- Sieben der 11 betrachteten Lichtsignalanlagen sind älter als 15 Jahre und somit ungeachtet des gewählten Steuerungsverfahrens entsprechend zeitnah zu ersetzen.
- Der Bereichsrechner aus dem Jahre 1989 wurde 2008 renoviert, so dass sich dieser auf einem gerätetechnisch aktuellen Stand befindet (u.a. OCIT-Schnittstelle).

Für die Stadt Darmstadt stellen sich derzeit folgende Vor- und Nachteile bezüglich der Einführung einer verkehrsabhängigen Netzsteuerung dar:

Vorteile:

- Keine Verschlechterung für den Fuß- und Radverkehr
- Strategische, netzbezogene Steuerungsansätze im motorisierten Individualverkehr (MIV) und öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV); d.h. netzbezogene Optimierung von Grünen Wellen in Abhängigkeit von den jeweiligen Verkehrsbelastungen und Lastrichtungen (keine Auswahl von Lichtsignalprogrammen nach starrem Zeitplan, sondern optimale Anpassung an die jeweilige Verkehrssituation)
- Kurzfristige Flexibilität bei modellbasierten Netzsteuerungen möglich (hohe Varianz im Modal-Split, Behinderungen, Lieferdienste, etc.)
- Reduktion der Umweltbelastung (dauerhaft oder bei Zeiten kritischer Umweltbelastungssituationen)
- Optimale Nutzung der vorhandenen Infrastruktur (gerätetechnisch stellen der vorhandene Verkehrsrechner sowie die vorhandene Detektoreinfrastruktur eine gute, erweiterbare Basis für die Umsetzung einer solchen Steuerung dar)
- Erforderliches Monitoringsystem gibt eine permanente Online-Analyse des Verkehrsgeschehen und damit ein ständiges Programmoptimum (automatische Qualitätskontrolle)
- Maßnahmen zur ÖPNV-Beschleunigung werden netzweise durchgeführt, d.h. das Maß der ÖPNV-Beschleunigung am Einzelknoten kann im Bedarfsfall zugunsten andere Optimierungskriterien zurückgefahren werden. Ersatzweise soll dann an anderen Knotenpunkten die Qualität der ÖPNV-Priorisierung so erhöht werden, dass innerhalb der Netzwerke die Fahrplandreue erhalten bleibt. Es erfolgt somit keine Optimierung der Verkehrsqualität am Einzelknoten, sondern eine Optimierung der Qualität aller Verkehrsteilnehmergruppen innerhalb des Gesamtsystems unter Berücksichtigung der Regelungsvorgaben.
- Mittelfristig: Über eine Verknüpfung des Steuerungssystems mit Fahrplandaten bzw. mit dem ÖPNV-Betriebssystem könnte ergänzend zur ÖPNV-Beschleunigung auch die Verspätungslage einzelner ÖPNV-Fahrzeuge bei der Signalsteuerung berücksichtigt werden.
- Langfristig: Einbettung der Signalsteuerung in ein integriertes Verkehrsmanagementsystem (Verkehrslenkung, Parkleitsystem, Zuflusdosierung, Dynamische Wegweisung, etc).

Nachteile:

- Situative Verschlechterung der ÖPNV-Beschleunigung zulassen, um dynamische grüne Wellen zu ermöglichen, besonders in kritischen Umweltbelastungssituationen
- Genaues Maß für die Abminderung der ÖPNV-Beschleunigung und die damit verbundene Verbesserung der Verkehrsqualität im MIV sowie der umweltbezogenen Werte kann derzeit noch nicht quantifiziert werden
- Keine langfristigen Erfahrungen besonders im Hinblick auf eine Zunahme der Verkehrsbelastung durch die Schaffung von zusätzlichen Leistungsfähigkeitskapazitäten
- Das bedeutet evtl. Schaffung flankierender Maßnahmen zur Verhinderung der Verkehrszunahme durch die gewonnenen Leistungsfähigkeitsreserven (z.B. Zuflusdosierung)
- Kosten: ca. 1,5 Mio EUR für die Gesamtmaßnahme des untersuchten Teilnetzes; hier muss allerdings erwähnt werden, dass mehrere Lichtsignalanlagen aufgrund ihres Alters sowieso sukzessive erneuert werden müssten. Die Planungs- und Baukosten für Signalanlagen sind für eine adaptive Netzsteuerung bzw. für die aktuell vorhandene, verkehrsabhängige Steuerung nahezu identisch. Außerdem kann die Maßnahme stufenweise realisiert werden.

In der Machbarkeitsstudie wurden zwei Szenarien betrachtet, das Szenario „Verkehrsoptimierung“ und das Szenario „Emissionsminderung“. Die beiden Szenarien werden nicht in Konkurrenz gesetzt, da eine Optimierung des Verkehrsflusses auch bereits zu einer Optimierung der lufthygienischen

Belastungssituation führt. Allerdings lassen sich die Szenarien bezogen auf den technischen Aufwand abgrenzen. Die Realisierung soll aufeinander aufbauend in drei Schritten erfolgen:

Szenario Verkehrsoptimierung

1. Schritt: Ergänzung der lokalen verkehrsabhängigen Steuerung im Bereich der Straßenzüge Kasinostraße und Steubenplatz sowie Rheinstraße und Bleichstraße (Kernbereich des Untersuchungsgebietes) um eine regelbasierte Versatzoptimierung der Lichtsignalanlagen unter Netzbezug, d.h. Berücksichtigung aller Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet (Kostenschätzung: ca. 98.000,-- EUR).
2. Schritt: Aufbau einer verkehrsadaptiven Netzsteuerung in dem gesamten Untersuchungsgebiet (Kostenschätzung: ca. 1.130.000 EUR).

Szenario Emissionsminderung

3. Schritt: Aufbau einer immissionsabhängigen dynamischen Steuerung im gesamten Untersuchungsgebiet. Mit Hilfe von Umweltdetektoren wird das modellbasierte Steuerungsverfahren entsprechend der lufthygienischen Belastungssituation eingesetzt (Kostenschätzung: ca. 270.500 EUR).

Die Gesamtkosten würden sich bei Einführung beider Szenarien auf ca. 1,5 Mio EUR belaufen.

Grundsätzlich sind bei der Optimierung der verkehrsadaptiven Netzsteuerung die Zielrichtung und somit die relevanten Eingangsgrößen (Reisegeschwindigkeit, Anzahl der Halte, Wartezeiten, etc.) festzulegen. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Minimierung der Anzahl der Halte für die Emissionsminderung am wirksamsten ist, da bei den Anfahrvorgängen besonders viel Abgase ausgestoßen werden. Zum andern haben Untersuchungen gezeigt, dass die Gewährleistung eines stetigen Verkehrsflusses auf optimalem Geschwindigkeitsniveau zu einer Schadstoffminimierung an Lichtsignalanlagen führt. Dies wird durch eine Minimierung der Wartezeiten und insbesondere der Halte vor den Signalanlagen erreicht.

Die zu erwartenden Wirkungen für Darmstadt durch die Einführung einer verkehrsabhängigen Netzsteuerung wurden anhand von Erfahrungswerten anderer Städte, wie in Tabelle 1 dargestellt, abgeleitet:

Wirkungen	Szenario Verkehrsoptimierung	Szenario Emissionsminderung	
		zusätzlich	insgesamt
Weniger Halte	– 10 %	– 5 %	– 15 %
Geringere Wartezeiten	– 15 %	– 5 %	– 20 %
Verbesserung Koordination	+ 20 %	+ 10 %	+ 30 %
ÖPNV-Qualität	*)	wird eingeschränkt	
Minderung hoher NO ₂ -Immissionswerte	ja	ja	ja
Verringerung der Mittelwerte von NO ₂ , PM10 u. PM2,5	ja	ja	ja
Verringerung bzw. Vermeiden von PM10-Überschreitungen	*)	ja	ja
Minderung der CO ₂ -Belastung pro Jahr	– 800 t CO ₂	– 400 t CO ₂	– 1.200 t CO ₂

*) abhängig von der Festlegung der Steuerungsprioritäten

Tabelle 1: Durch eine verkehrsadaptive Netzsteuerung erreichbare Wirkungen in Darmstadt

Die bisherigen Erfahrungswerte bezüglich verkehrsabhängiger Netzsteuerungen anderer Städte beziehen sich hauptsächlich auf die verkehrlichen Auswirkungen (Reduzierung der Halte, Reduzierung der Reisezeiten). Quantitative Aussagen bzw. Untersuchungen zur Luftschadstoffproblematik oder zu validen Simulationsverfahren sind derzeit in Arbeit (z.B. TU Darmstadt, TU Graz).

4. Fazit und Empfehlungen

Die Steuerung der Lichtsignalanlagen ist das maßgebende Mittel des Verkehrsmanagements zur Verbesserung der Verkehrs- und Umweltqualität. Bei der verkehrsadaptiven Netzsteuerung erfolgt eine Optimierung der Verkehrssteuerung durch eine im gesamten Straßennetz koordinierte, modellbasierte Steuerung der Lichtsignalanlagen. Sie ergänzt bzw. vervollständigt das heute vorhandene System der verkehrsabhängigen Steuerung der Lichtsignalanlagen.

Die derzeitige, verkehrsabhängige Steuerung in dem Untersuchungsgebiet wird durch folgende Randbedingungen beeinflusst: Zum einen gibt es eine ÖPNV-Beschleunigung für Straßenbahnen und Busse mit einer teilweise sehr hohen ÖPNV-Belastung und zum anderen besteht die Netzmasche aus mehreren Hauptverkehrsstraßen, d.h. es ist teilweise keine eindeutige Hauptlastrichtung vorhanden. Diese Bedingungen wirken kontraproduktiv in Bezug auf Verkehrsverflüssigung bzw. grüne Wellen, was negative Auswirkungen auf die Verkehrsqualität und die umweltrelevanten Größen hat. Durch ein modellbasiertes Steuerungsverfahren können sowohl räumliche und zeitliche Veränderungen in der Routenwahl als auch komplexe Wirkungszusammenhänge (verkehrliche und umweltbezogene Kenngrößen) berücksichtigt bzw. gesteuert werden. Die adaptive Netzsteuerung kann so fortlaufend flexibel auf Änderungen in der Verkehrsbelastung reagieren.

Durch die gesetzlichen Regelungen zur Begrenzung verschiedener Luftschadstoffe müssen im Zuge der Aufstellung von Luftreinhalteplänen bei Überschreitung der Grenzwerte geeignete Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffbelastung getroffen werden. Die verkehrsadaptive Netzsteuerung kann hierzu durch Verflüssigung des Verkehrs einen effektiven Beitrag liefern und wurde im Luftreinhalteplan der Stadt Darmstadt als durchzuführende Maßnahme aufgeführt.

Aus diesem Grund wird zunächst folgendes Vorgehen empfohlen (Stufe 1):

1. Vergleichende Simulation:
Simulation der vorhandenen verkehrsabhängigen Steuerung und der geplanten regelbasierten Versatzzeitoptimierung der Lichtsignalanlagen am Verkehrsmodell mit anschließendem Vergleich.
2. Versatzzeitoptimierung:
Realisierung einer regelbasierten Versatzzeitoptimierung im Untersuchungsgebiet. Die Ergebnisse dieser Realisierungsstufe liefern Erfahrungen, die bei dem nächsten Schritt der Einführung der verkehrsadaptiven Netzsteuerung bereits berücksichtigt werden können.

Die Kosten für die Umsetzung der 1. Stufe betragen rd. 200.000,00 Euro.

Die Untersuchung und Umsetzung sollte in Form eines Pilotprojektes durchgeführt werden, um festzustellen, mit welchem Aufwand ein Einstieg in die modellbasierte, verkehrsadaptive Netzsteuerung von Lichtsignalanlagen und somit in die Weiterentwicklung der Verkehrssteuerung in Darmstadt zu realisieren ist.

Bezüglich der weiteren Planungsleistungen ist beabsichtigt, zunächst die Realisierung der Versatzzeitoptimierung abzuwarten, damit diese Erfahrungen bei der Einführung der verkehrsadaptiven Netzsteuerung (Stufe 2) bereits berücksichtigt werden können. Stufe 3 der Umsetzung und somit das Szenario „Emissionsminderung“ (immissionsabhängige Steuerung mit Umweltsensoren) könnte dann als letzte Stufe und nach Überprüfung der Reduzierung der Umweltbelastung durch die Einführung der vorangegangenen Stufen eingeführt werden. Vorstellbar an dieser Stelle ist auch die Einbeziehung der TU / Hochschule Darmstadt zur wissenschaftlichen Begleitung.

Ziel wird es also letztendlich sein, durch ein geeignetes Simulationsverfahren eine Verringerung des Schadstoffausstoßes nachzuweisen, bei möglichst keiner oder nur geringer (zeitweise) Einschneidung in die ÖPNV-Beschleunigung. Hiermit liegt dann ein wichtiges Element für das Maßnahmenpaket zur Luftreinhaltung vor.

Langfristig kann dann durch Verknüpfung mit weiteren Verkehrssystemen (dynamische Fahrgastinformation an Haltestellen, rechnergestütztes Betriebsleitsystem im ÖPNV, Parkleitsystem, Wechselwegweisungssysteme, etc.) das Steuerungsverfahren zu einem Verkehrsmanagementsystem mit verkehrsmittelübergreifender Steuerungsstrategie ausgebaut werden.

Darmstadt, 26. Oktober 2011

III-66/4 Saa-br

Nst. 2820

Die Dezernentin III:

Der Dezernent IV:

Brigitte Lindscheid
Stadträtin

André Schellenberg
Stadtkämmerer