

**Erneuerung des Verkehrsrechners
und der Übertragungseinrichtungen
als Einstieg in ein Verkehrsmanagementsystem
und die netzbezogene Steuerung
von Grünen Wellen
in Münster**

Kurzfassung der Konzeptstudie

Im Auftrag der
Stadt Münster - Stadtplanungsamt

August 2003

Bearbeiter: Christoph Doll, Dipl.-Ing. (FH)
Markus Blömer, Dipl.-Ing.
Michael Ropertz, Dipl.-Ing.

gevas humberg & partner
Ingenieurgesellschaft für
Verkehrsplanung und Verkehrstechnik mbH

Kruppstraße 82-100
45145 Essen

Telefon (02 01) 81 27-270
Telefax (02 01) 81 27-274

essen@gevas-ingenieure.de
www.gevas-ingenieure.de
München Essen Berlin Achern



Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation	3
2	Mögliche Ausgestaltung eines Verkehrsmanagementsystems	4
3	Ausgangslage im heutigen Verkehrssteuerungssystem	5
4	Anforderungen an ein modernes Verkehrsrechnersystem	8
5	Ausgestaltung des neuen Verkehrsrechnersystems	11
5.1	Systemaufbau und maßgebliche Komponenten	11
5.2	Verkehringenieur-Arbeitsplatz und standardisierte Verkehrstechnik-Sprache	12
5.3	Lichtsignalanlagen und Verkehrsadaptive Netzsteuerung	14
6	Empfehlungen zur Realisierung und Kostenschätzung	18
6.1	Empfehlung zur Realisierung	18
6.2	Kostenschätzung	19

Verzeichnis Abbildungen

Abb. 1:	Aufbau eines Verkehrsmanagementsystems	4
Abb. 2:	Aufbau des heutigen Verkehrssteuerungssystems	5
Abb. 3:	Altersstruktur der Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet Münster	7
Abb. 4:	Ebenen und Funktionsbereiche eines Verkehrssteuerungssystems	8
Abb. 5:	Standardisierungsgruppe „Runder Tisch OCIT“	9
Abb. 6:	Offene Schnittstellen innerhalb OCIT	10
Abb. 7:	Aufbau des neuen Verkehrsrechnersystems	11
Abb. 8:	Durchgängiger Datenfluss zwischen dem Planungswerkzeug und den Steuergeräten	13
Abb. 9:	Regelkreis verkehrsabhängige Steuerung	14
Abb. 10:	Zweiter Regelkreis und Funktionsprinzip Verkehrsadaptive Netzsteuerung	14
Abb. 11:	Übersicht Netzsteuerungsbereiche	17



1 Ausgangssituation

Mit den heutigen Ansprüchen an die Mobilität und die Erreichbarkeit der Innenstädte, einem gestiegenen Umweltbewusstsein und einer rasanten Entwicklung in der Informationstechnik steigen auch die Ansprüche an eine optimale innerstädtische Verkehrsabwicklung. Gleichzeitig sind wesentliche Ausbauten der Verkehrsinfrastruktur in historisch geprägten Innenstädten wie in Münster nur noch bedingt möglich. Für eine lebendige Innenstadt ist aber eine gute Verkehrsanbindung zwingend notwendig. Eine wichtige Funktion übernimmt im innerstädtischen Bereich mit dem engen Nebeneinander vom motorisiertem Individualverkehr, Bussen und dem Rad- und Fußgängerverkehr die Lichtsignalsteuerung.

Das in Münster bestehende dezentrale Verkehrssteuerungssystem wurde seit 1985 in vier Baustufen aufgebaut. Mit den Folgeinvestitionen in die ÖPNV-Beschleunigungsachsen (ÖPNV-Förderprogramm der Stadt Münster) wurde dieses System mit der Funk-Bake Technik zur ÖPNV-Beschleunigung erweitert.

Moderne Steuerungskonzepte einer Netzsteuerung von Grünen Wellen, eine heutigen Ansprüchen genügende automatische Qualitätssicherung und Störfallerkennung sowie eine Einbindung in ein Verkehrsmanagementsystem lassen sich mit dem ab 1985 beschafften Verkehrsrechner (mit Gruppensteuergeräten) und den alten Netzwerkeinrichtungen zu den einzelnen Lichtsignalanlagen des Verkehrssteuerungssystems nicht mehr realisieren. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass im Bereich der Rechner- und Übertragungstechnik in den letzten 15 Jahren enorme technische Fortschritte gemacht wurden.

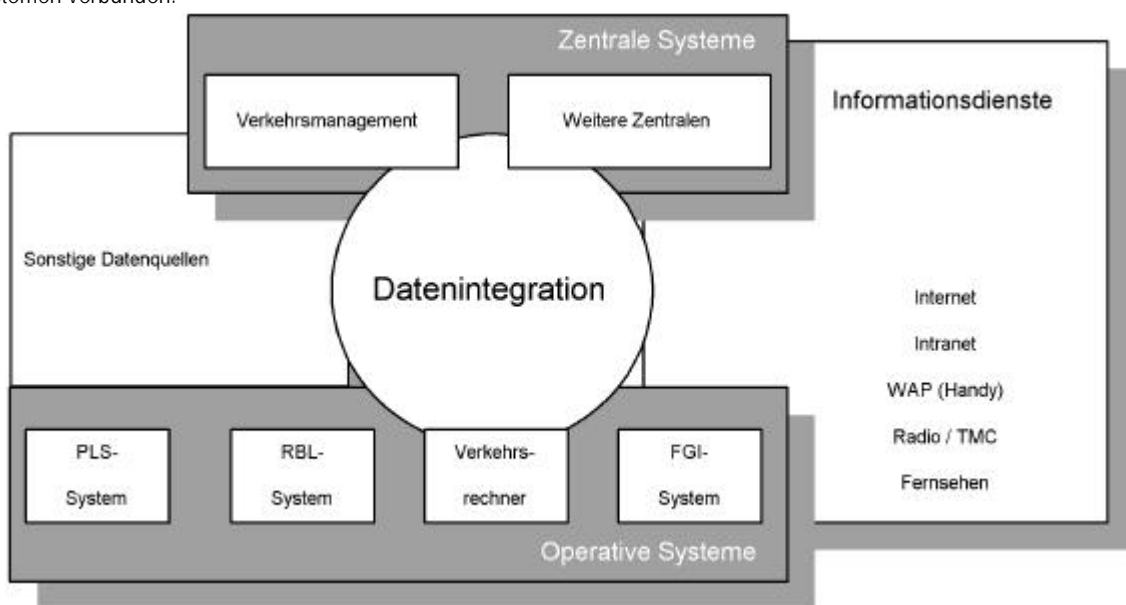
Im Rahmen eines Planungsauftrages wurde von dem Ingenieurbüro gevas humberg & partner das bestehende Verkehrsrechnersystem analysiert und ein Optimierungskonzept für einen leistungsfähigen Verkehrsrechner und die Datenübertragungseinrichtungen zu den Lichtsignalanlagen erarbeitet. Diese Konzeption berücksichtigt die nachfolgend genannten Schwerpunkte einer zukunftsweisenden Verkehrssteuerung:

- Netzbezogene Optimierung von Grünen Wellen in Abhängigkeit von den jeweiligen Verkehrsbelastungen und Lastrichtungen
- Strategische netzbezogene Steuerungsansätze im MIV und ÖPNV
- Verkehrszustandserfassung im Netzzusammenhang und Kurzfristprognose mit Visualisierung
- Automatische Qualitätskontrolle der lokalen Signalsteuerung mit einer Datenübertragung von Verkehrsbelastungen und Grünzeiten zur weiteren Optimierung der Verkehrsabläufe und deren Qualitätssicherung
- Offene und leistungsfähige Schnittstellen zwischen dem Verkehrsrechner und den angeschlossenen Lichtsignalanlagen, die eine Beschaffung in einem offenen und fairen Wettbewerb ermöglichen
- Direktzugriff auf die dezentralen Steuergeräte mit einer offenen Schnittstelle zu Verkehrsmanagementsystemen.

2 Mögliche Ausgestaltung eines Verkehrsmanagementsystems

Als Verkehrsmanagementsysteme werden Maßnahmen und Projekte bezeichnet, die mittels moderner Computer und Informationstechnologie darauf abzielen, eine Verknüpfung aller Verkehrsarten und eine optimale Verkehrsabwicklung zu erreichen. Ziel ist dabei, die Mobilität dauerhaft zu sichern und unerwünschte Verkehrsfolgen zu minimieren.

Ein modernes Verkehrsmanagementsystem lässt sich als Vernetzung einzelner Subsysteme darstellen. Im Rahmen dieser Verkehrsmanagementsysteme werden in der Vergangenheit häufig als Insellösung betriebene operative Systeme wie zum Beispiel Parkleitsysteme (PLS), Rechnergesteuerte Betriebsleitsysteme im ÖPNV (RBL), Fahrgastinformationssysteme (FGI), Verkehrsrechner für die Lichtsignalsteuerung und weitere Datenquellen mit einem oder mehreren zentralen Systemen verbunden.



- PLS-System = Parkleitsystem
- RBL-System = Rechnergesteuertes Betriebsleitsystem für den ÖPNV
- FGI-System = Fahrgastinformationssystem
- TMC = Traffic Message Channel (Digitaler Rundfunkdienst für Verkehrsmeldungen)
- WAP = Wireless Application Protocol (Internet für Mobiltelefone)

Abbildung 1: Aufbau eines Verkehrsmanagementsystems

Verkehrsmanagementsysteme versorgen mit dem Ziel einer verbesserten Steuerung die operativen Systeme mit den gebündelten und aufbereiteten Verkehrsinformationen und stellen diese gleichzeitig über Informationsdienste den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung. In Verkehrsmanagementsystemen nimmt der Verkehrsrechner für die Lichtsignalsteuerung innerhalb der operativen Systeme eine besondere Stellung ein. Der vorgesehene Austausch des Verkehrsrechners ist als Einstieg in den Aufbau eines Verkehrsmanagementsystems geplant.

3 Ausgangslage im heutigen Verkehrssteuerungssystem

Einen Überblick des heutigen Verkehrssteuerungssystems im Stadtgebiet Münster zeigt die nachfolgende Abbildung in abstrahierter Form.

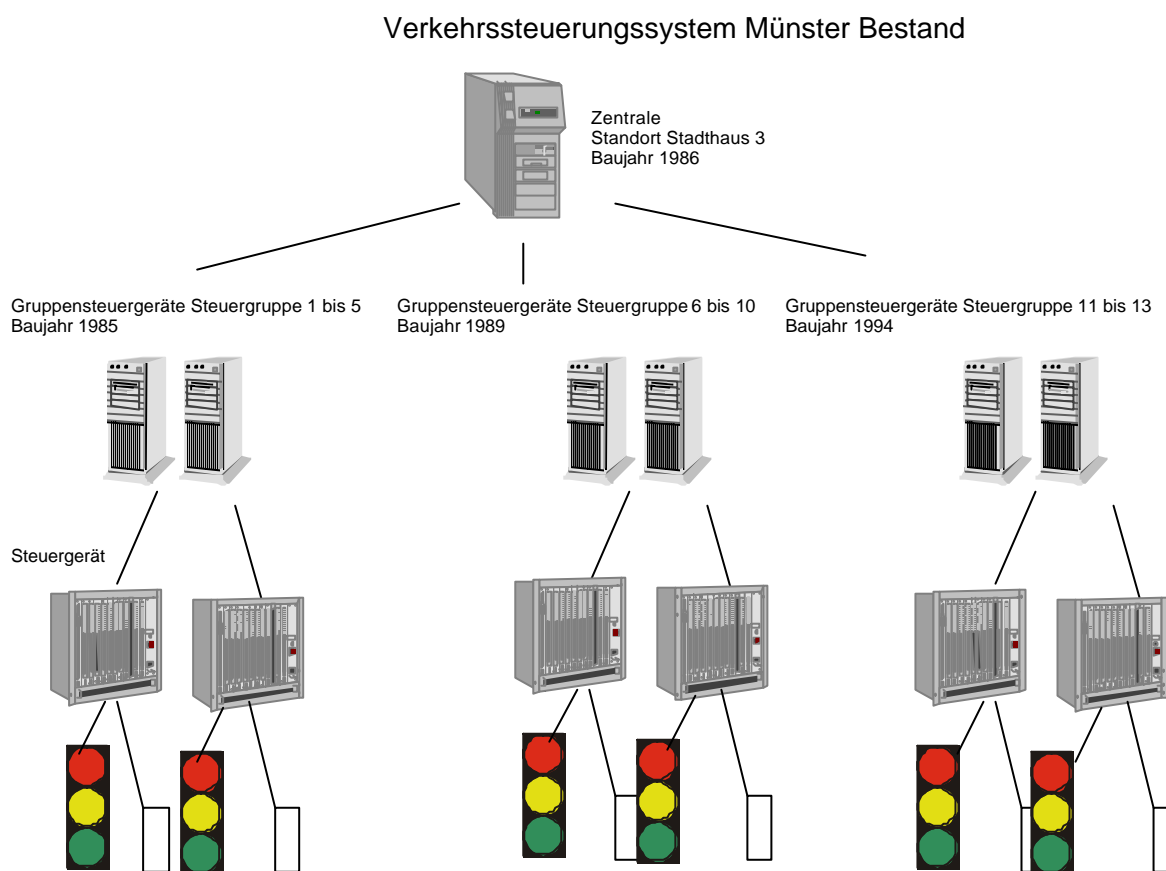


Abbildung 2: Aufbau des heutigen Verkehrssteuerungssystems

Das Bestandssystem für die Lichtsignalsteuerung ist wie folgt zu bewerten:

- Es handelt sich um ein System mit geringem Informationsaustausch zwischen den einzelnen Systemebenen.
- Das System ist geprägt durch proprietäre Schnittstellen, die herstellerbedingt nur eine eingeschränkte Datenkommunikation ermöglichen.
- Es fehlen Durchgriffsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Systemebenen, die Planungsebene (Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz) hat keinen direkten Zugriff auf die Lichtsignalanlagen vor Ort.
- Das heutige System ermöglicht kaum eine dynamische Bearbeitung und direkte Umsetzung verkehrstechnischer Änderungs- und Optimierungsmaßnahmen.



Von der Altersstruktur her und den funktionalen Möglichkeiten ist das Bestandssystem wie folgt zu beurteilen:

- Der Verkehrsrechner aus den 1980er Jahren kann aus technologischer Sicht und aus wirtschaftlichen Gründen mit den Anforderungen für eine Verkehrsadaptive Netzsteuerung nicht mehr erweitert werden. Es besteht Bedarf für eine grundlegende Änderung.
- Die Planungsebene mit dem Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz ist lediglich in einer Basisausstattung ohne direkten Zugriff auf den Verkehrsrechner und die Steuergeräte vorhanden. Heute übliche Werkzeuge für die Fernversorgung und Testung sind nicht vorhanden. Wesentliche Software-Module eines modern ausgestatteten Arbeitsumfeldes fehlen.
- Die heute vorhandenen 13 Gruppensteuergeräte sind in einem neuen System nicht mehr erforderlich. Diese sollten nach einer Übergangsphase mit Mischbetrieb in Zukunft durch Netzwerkkomponenten (Router/Verteiler) ersetzt werden. Das mit dem Verkehrssteuerungssystem seit 1985 mit hohen Investitionen aufgebaute eigene Fernmeldekabelnetz (Kupferkabel fest durchgeschaltet) ist leistungsfähig und sollte wie in vielen Städten weiterhin das Rückgrat der Kommunikation bilden. Lediglich die von der Datenübertragungsrate begrenzten Bestandsmodembaugruppen sind durch leistungsfähige moderne Modembaugruppen mit einer offenen herstellerunabhängigen Schnittstelle zu ersetzen.
- Die Lichtsignalanlagen sind differenzierter zu betrachten
 - Das Durchschnittsalter der 275 Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet beträgt ca. 11 Jahre. Eine grafische Übersicht zeigt die nachfolgende Abbildung 3. Als Anhaltswert ist von einer technischen Lebensdauer der Steuergeräte in der Größenordnung von 15 bis 20 Jahren auszugehen. Aus technologischer Sicht (Leistungsfähigkeit Mikroprozessor, verfügbarer Speicherplatz, Möglichkeiten der Programmierung) sind die Steuergeräte der Lichtsignalanlagen, die vor 1994 angeschafft wurden, gemessen an den zukünftigen Anforderungen an ein modernes Steuerungssystem mit einer adaptiven Netzsteuerung von Grünen Wellen nicht mehr geeignet.

Alter der LSA (n=275, Durchschnittsalter von 267 LZA: 11 Jahre)

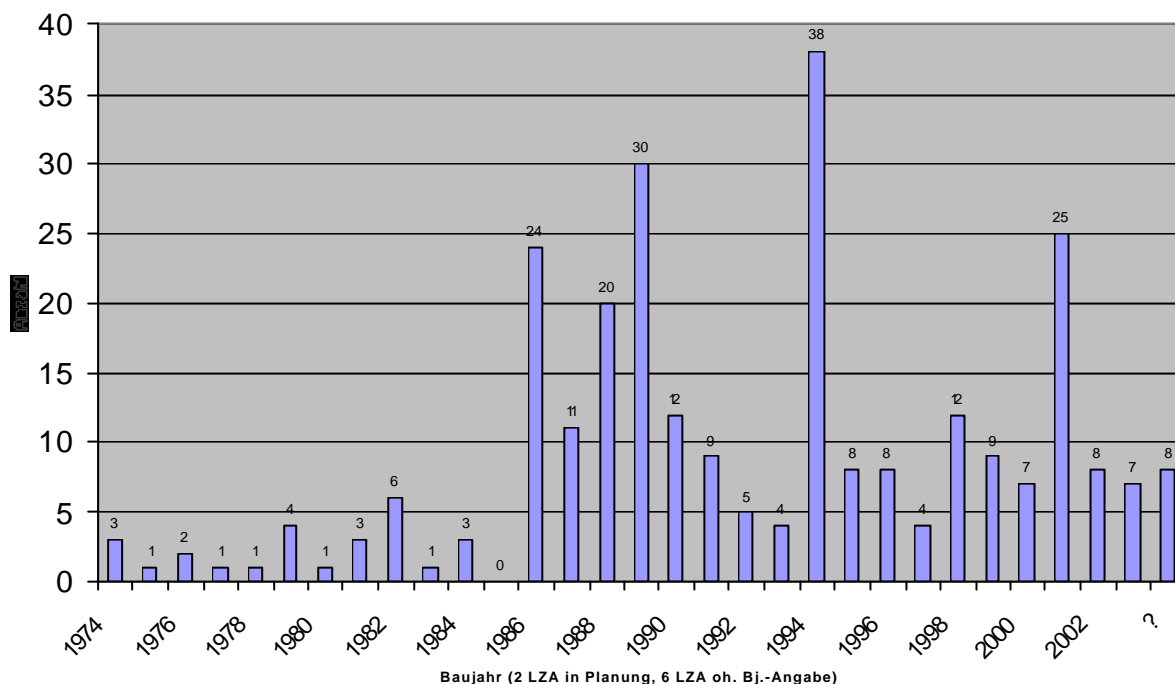


Abbildung 3: Altersstruktur der Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet Münster

Diese Steuergeräte können auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht mehr mit einem vertretbaren Aufwand aufgerüstet werden, um den neuen Anforderungen für eine Netzsteuerung zu genügen. Es handelt sich dabei mit ca. 141 Lichtsignalanlagen um ca. 50 % des Feldbestandes. Davon sind 96 Lichtsignalanlagen auf den Hauptverkehrsachsen im Betrieb.

- Derzeit sind 233 Lichtsignalanlagen über ein eigenes Fernmeldekabelnetz (im Stadtgebiet sind hierfür ca. 90 km Kabelwege vorhanden) mit dem Verkehrsrechner verbunden, die Anschlussquote beträgt somit ca. 85 %.

4 Anforderungen an ein modernes Verkehrsrechnersystem

Ausgehend von den erforderlichen Reaktionszeiten auf unterschiedliche Verkehrssituationen lässt sich ein Verkehrsrechnersystem für die Lichtsignalsteuerung sinnvollerweise in drei Ebenen strukturieren.

Die unterste Ebene mit einer Reaktionszeit im Sekundenbereich bildet das dezentrale Steuergerät an den einzelnen Knotenpunkten als operativer Bereich. Auf der Basis der lokalen Messwertverarbeitung reagiert die dezentrale verkehrsabhängige Steuerung auf Belastungsschwankungen und Anforderungen. Im taktischen Bereich mit dem Verkehrsrechner und der Netzsteuerung liegt die Verkehrssituation im Netzzusammenhang vor. Mit einer Reaktionszeit von Minuten werden für die jeweilige Verkehrssituation (Morgenspitze, Nachmittagssitze) die Signalprogramme und bei Verkehrsadaptiver Netzsteuerung die Rahmenvorgaben und Grünen Wellen für die Teilnetze ausgewählt und an die operative Ebene weitergeleitet. Im strategischen Bereich (häufig auch Planungsebene genannt) wird auf grundlegend veränderte Verkehrssituationen reagiert, indem die bestehenden Versorgungen der operativen und taktischen Ebene optimiert oder neu geplant werden.

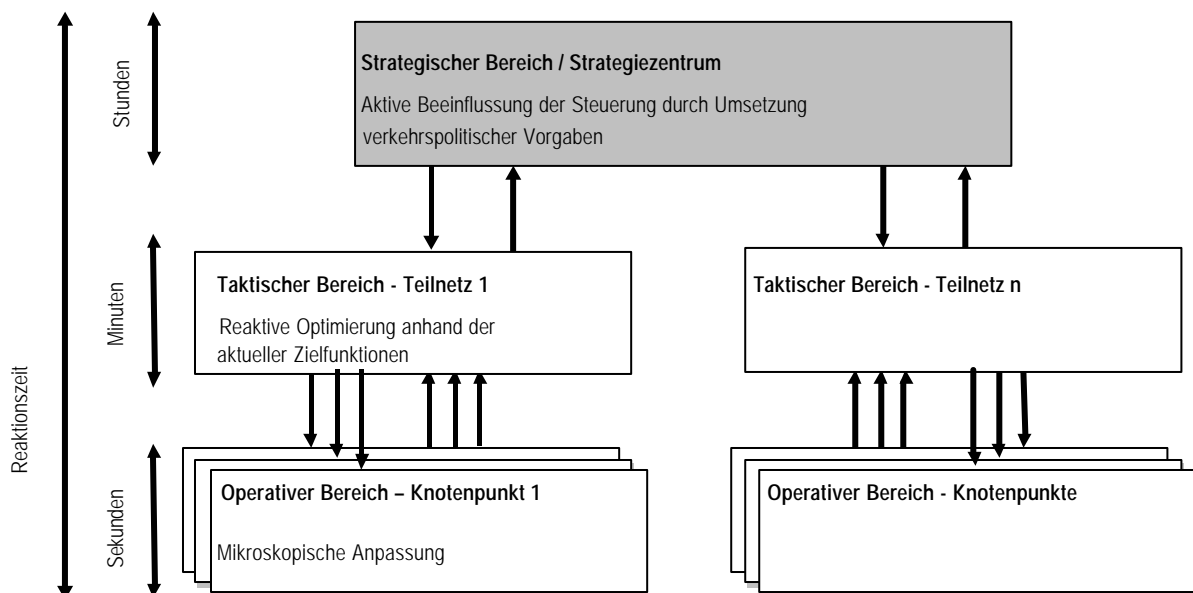


Abbildung 4: Ebenen und Funktionsbereiche eines Verkehrsrechnersystems

Zwischen diesen drei Ebenen werden in einem modernen System umfangreiche Daten (Verkehrsbelastungen, Grünzeiten, Programmbefehle) übertragen und auf den einzelnen Ebenen bearbeitet. Die grundsätzlichen Anforderungen an ein Verkehrsrechnersystem und die Datenübertragung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Strukturiertes Datenmanagement der Verkehrstechnik in allen Ebenen und Bausteinen
- Offene und standardisierte Schnittstellen innerhalb des gesamten Systems
- Einheitliche Sprache und Dokumentation für die Erstellung und Pflege von verkehrsabhängigen Steuerungen
- Direktversorgung der Steuergeräte
- Öffnung des Marktes mit Wettbewerb bei Beschaffung aller Systemteile
- Einbinden des neuen Rechnersystems in das Verkehrsmanagementsystem.

Gleichzeitig erfolgt zur Zeit ein lange notwendiger Schritt in der Verkehrstechnik. Nachdem bisher nur Hersteller- und Städtenspezifische Einzellösungen für die Anbindung von Lichtsignalanlagen an einen übergeordneten Verkehrsrechner angeboten wurden, haben sich, unterstützt durch ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums und betreut durch die Bundesanstalt für das Straßenwesen, die in der Bundesrepublik führenden Signalbaufirmen mit kommunalen Auftraggebern, Systemhäusern und Ingenieurbüros zusammengeschlossen, um unter dem Motto „Wettbewerb und zukunftssichere Investitionen“ gemeinsam Geräte- und Systemeigenschaften und eine „Offene Schnittstelle für Geräte der Straßenverkehrstechnik“ festzulegen. OCIT[®] (Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems; <http://www.ocit.org/>) steht mittlerweile als Synonym für eine Standardisierungsinitiative auf dem deutschen Markt. Hinweis: OCIT ist eine geschützte Marke der Signalbaufirmen DAMBACH, SIEMENS, Signalbau Huber, STOYE und Stührenberg.



OCIT "Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems"

OCA (Open Traffic Systems City Association e.V.)
Formulierung der Anforderungen städt. Betreiber

VIV (Verband der Ing. Büros für Verkehrstechnik)
Erarbeitung von Empfehlungen für städt. Betreiber

ODG (OCIT Developer Group)
Arbeitsgemeinschaft der Signalbaufirmen zur Erarbeitung von OCIT-Definitionen

OTEC (Open Communication for Traffic Engineering Components)
Arbeitsgemeinschaft von Komponenten-Herstellern zur Erarbeitung von OCIT-Definitionen

Der „Runde Tisch“
Hier werden die Vorgaben für OCIT-Schnittstellen erarbeitet.

Moderation:
SSP-Consult im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen und des BMVBW

Abbildung 5: Standardisierungsgruppe „Runder Tisch OCIT“ (Quelle: Ausarbeitung der OCIT-Gruppe)

Diese Schnittstellen basieren auf marktüblichen Standards der Telekommunikationstechnik, üblichen Netzwerkprotokollen aus der Computertechnik und definieren die erforderlichen Funktionen für die Verkehrstechnik, die es erlauben, im wirtschaftlichen Wettbewerb herstellergemischte Systeme mit einer sicheren und leistungsfähigen Datenkommunikation zu realisieren.

Bedeutung erhalten dabei die offene Systemstruktur und der Einsatz von standardisierten Schnittstellen innerhalb des Systems. Mit dem Einsatz von standardisierten Schnittstellen ist eine Beschaffung in einem offenen und fairen Wettbewerb der Hersteller möglich. Davon wird eine Kostenreduzierung bei der Beschaffung erwartet.

Es wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Auf der Planungsebene und dem Informationssystem (strategischer Bereich) sollten soweit wie möglich Standardtechnologien aus dem IT-Bereich und Standardschnittstellen zum Einsatz kommen z. B. TCP/IP, SOAP, CORBA, HTML, XML, ...
- Im taktischen und operativen Bereich sollten die Schnittstellen nach OCIT-Standard eingesetzt werden, OCIT-Outstations und OCIT-Instations.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Einsatz von OCIT-Schnittstellen im taktischen und operativen Bereich.

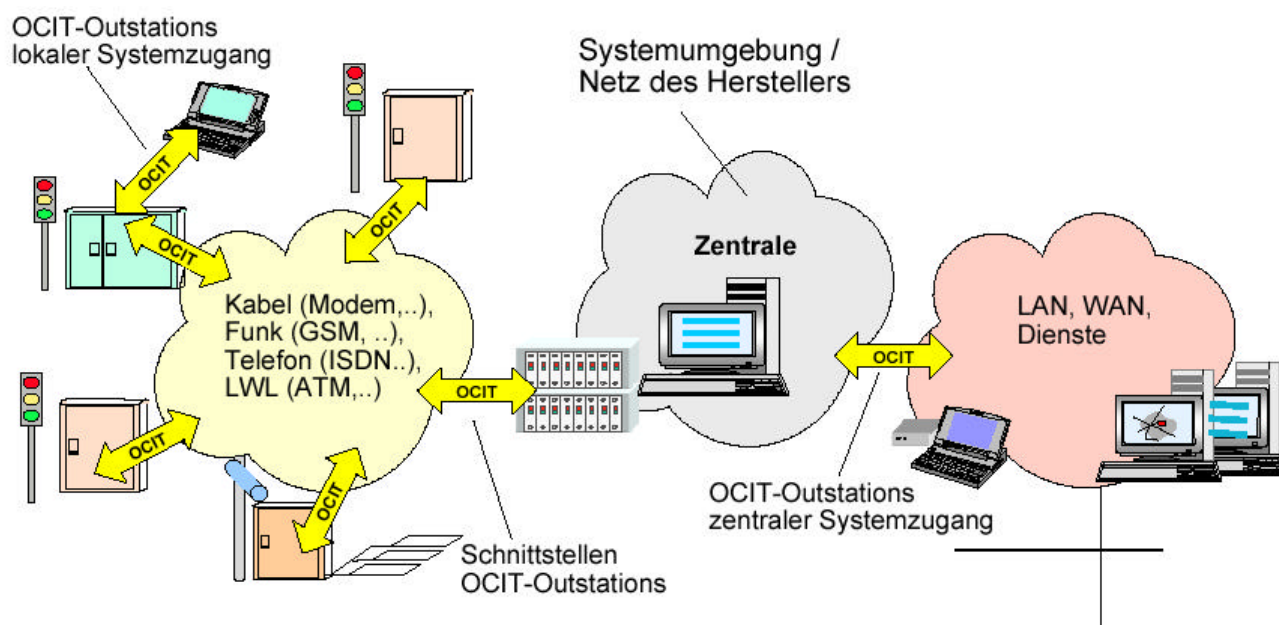


Abbildung 6: Offene Schnittstellen innerhalb OCIT (Quelle: Ausarbeitung der OCIT-Gruppe)

5 Ausgestaltung des neuen Verkehrsrechnersystems

5.1 Systemaufbau und maßgebliche Komponenten

Das bestehende Fernmeldekabelnetz berücksichtigt eine sternförmige Kabelverbindung von der Zentrale im Stadthaus 3 zu den 13 Gruppensteuergeräten und von diesen zu den jeweils angeschlossenen lokalen Lichtsignalsteuergeräten.

Es ist beabsichtigt, das Fernmeldekabelnetz ohne Änderungen in der Struktur zu übernehmen. Die bisherigen Gruppensteuergeräte sollen durch Netzwerkverteiler (Router) ersetzt werden. Die Datenübertragung zwischen den lokalen Lichtsignalsteuergeräten und dem zentralen Verkehrsrechner soll gemäß dem OCIT-Standard mit leistungsfähigen Modembaugruppen (hohe Übertragungsgeschwindigkeit mittels HDSL-Technologie) erfolgen.

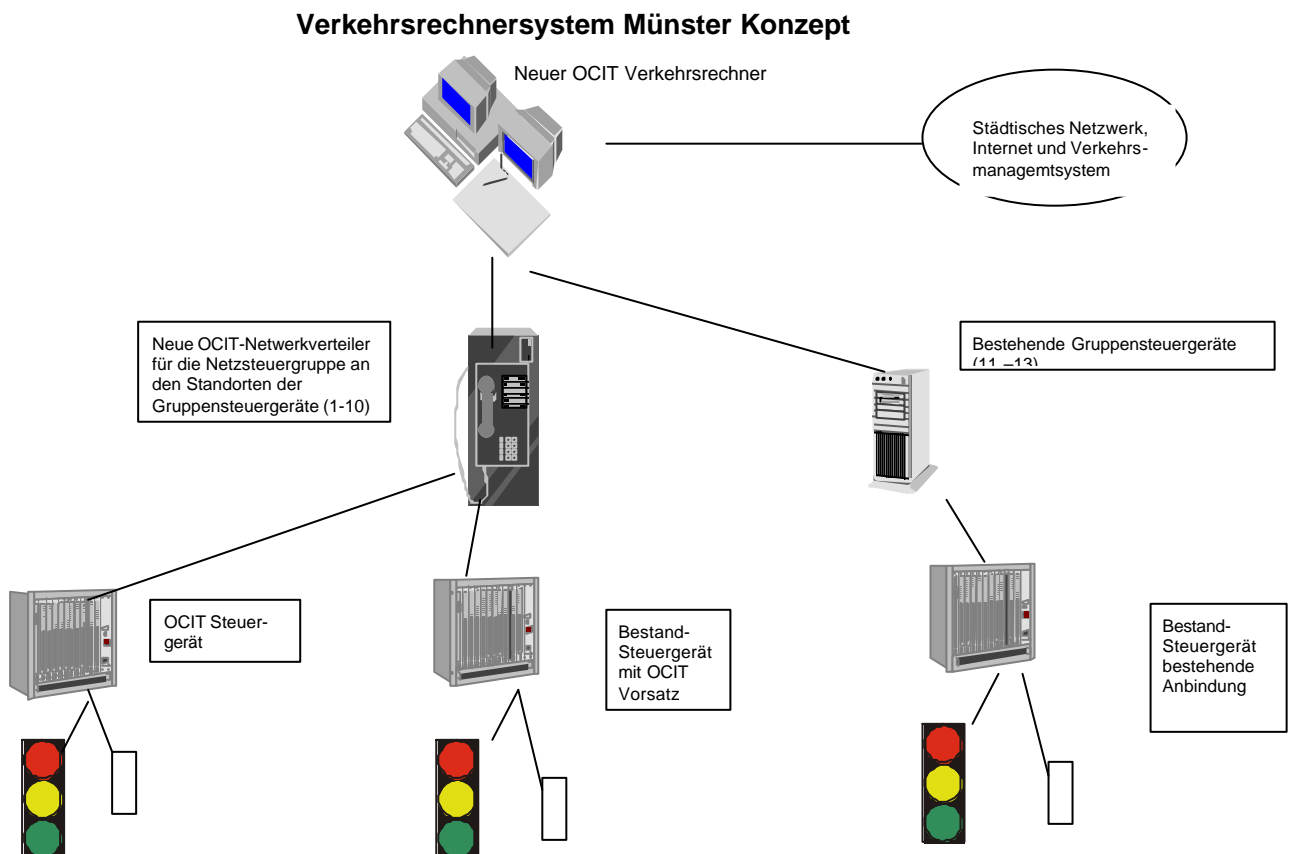


Abbildung 7: Aufbau des neuen Verkehrsrechnersystems



Dies erfordert bei neueren Steuergeräten (ab Baujahr 1994) die Nachrüstung von OCIT- Modems sowie Ergänzungen an den Steuergeräten, um die erforderlichen Daten zu übertragen und zu verarbeiten. Ältere Steuergeräte können nur bedingt nachgerüstet werden. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollten diese Geräte direkt gegen neue leistungsfähigere Steuergeräte ausgetauscht werden, die werksmäßig mit einer OCIT-Schnittstelle ausgestattet sind.

In Verbindung mit den neuen Netzwerkverteilern und dem neuen Verkehrsrechner ist damit eine leistungsfähige Datenkommunikation als Grundlage für eine Verkehrsadaptive Netzsteuerung und Qualitätsanalyse möglich.

In den relativ modernen Steuergruppen 11 bis 13, die im Jahr 1994 mit der dritten Baustufe Verkehrsteuerungssystem realisiert wurden, ist eine Anbindung der bestehenden Gruppensteuergeräte an den neuen Verkehrsrechner vorgesehen. Der Datenaustausch in diesen Steuergruppen ist damit aber auf das Bestandsniveau beschränkt.

In der vierten Baustufe Verkehrsteuerungssystem war im Jahr 2001 der Anschluss von 18 weiteren Lichtsignalanlagen und einem neuen Gruppensteuergerät an den bestehenden Verkehrsrechner vorgesehen. Der Ausbau der lokalen Lichtsignalanlagen ist abgeschlossen, wobei das Gruppensteuergerät nicht mit vergeben wurde, da zwischenzeitlich dieses Konzept für ein neues Verkehrsrechnersystem ohne Gruppensteuergeräte entwickelt worden ist. Hierzu wird ein Änderungsantrag vorbereitet.

Mit dem Ziel, eine möglichst kurze Reaktionszeit bei ausgefallenen Lichtsignalanlagen sicherzustellen, wird angestrebt, alle übrigen Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet, die noch nicht an den Verkehrsrechner angebunden sind, anzuschließen. Dies kann entweder über bestehende Kabelstrecken oder im Außenbereich auch über Funkverbindungen zur Verkehrszentrale erfolgen.

Am neuen Verkehrsrechner ist eine Schnittstelle in das bestehende Netzwerk der Stadtverwaltung (auf den die Planungs- und Versorgungssysteme installiert werden sollen), in das Intranet/Internet für ein Verkehrslagebild und eine Anbindung an das von der Landesregierung geförderte Verkehrsmanagementsystem Ruhrpilot vorgesehen.

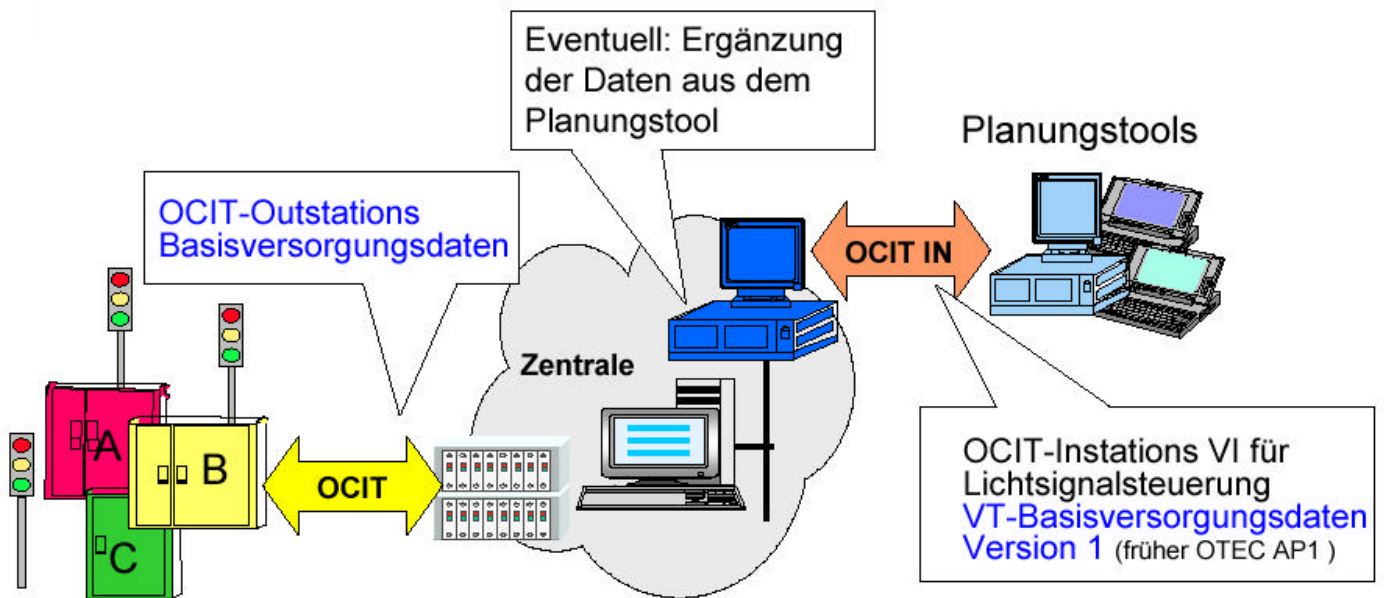
5.2 Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz und standardisierte Verkehrstechnik-Sprache

Das bestehende Steuerungssystem lässt keine direkte und schnelle Optimierungsmöglichkeit der verkehrsabhängigen Steuerungen aus dem Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz als Planungssystem (strategischen Ebene) zu. Ursächlich sind hierfür neben den fehlenden Werkzeugen am Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz die unterschiedlichen Betriebssysteme und Programmiersprachen der jeweiligen Steuergerätehersteller.

Eine wichtige Bedeutung erhält damit die Festlegung und der Einsatz einer standardisierten verkehrstechnischen Sprache, die bei Neubeschaffungen oder Umrüstungen eingesetzt wird. Diese einheitliche Sprache ist wesentlich für ein durchgängiges System, das in allen Ebenen leicht und direkt geändert und optimiert werden kann.

Mit dem neuen System soll ein durchgängiger Datenfluss zwischen dem Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz über den Verkehrsrechner zu den lokalen Steuergeräten geschaffen werden. Hierfür muss der Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz um ein Testsystem und eine Funktion zur Direktversorgung der verkehrsabhängigen Steuerung in den Lichtsignalanlagen ergänzt werden. Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt das Systemkonzept.

Durchgängige Datenwege für die Versorgung, Testung und Qualitätsanalyse



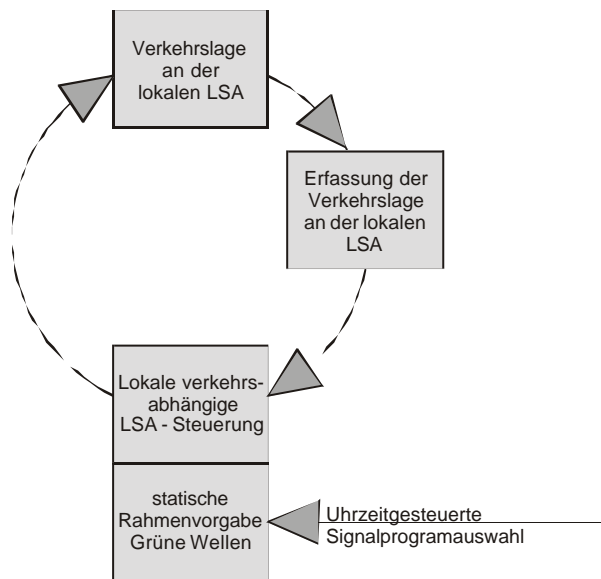
Geräte der Hersteller A,B,C...

Abbildung 8: Durchgängiger Datenfluss zwischen dem Planungswerkzeug und den Steuergeräten (Quelle: Ausarbeitung der OCIT-Gruppe)

Die geplante einheitliche verkehrstechnische Sprache wird in allen Instanzen des Systems (Strategische Ebene, Taktische Ebene und Operative Ebene) gleichermaßen eingesetzt. Somit steht ein „einheitliches verkehrstechnisches Betriebssystem“ zur Verfügung, das ohne Systembruch eine durchgängige Versorgungs- und Informationskette ermöglicht.

5.3 Lichtsignalanlagen und Verkehrsadaptive Netzsteuerung

Die Verkehrsadaptive Netzsteuerung ergänzt und vervollständigt das heute vorhandene System der verkehrsabhängigen Steuerungen an den Lichtsignalanlagen.



Die nebenstehende Abbildung zeigt den Regelkreis an bestehenden verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerungen. Die Steuerungsentscheidung wird nur auf der Basis der Verkehrslage an der lokalen Kreuzung und unter Berücksichtigung von statischen Rahmenvorgaben für die Netzsteuerung und Grüne Wellen getroffen.

Bei der Verkehrsadaptiven Netzsteuerung werden die lokalen Verkehrsdaten zusätzlich zum Verkehrsrechner übertragen und ein Verkehrslagebild im Netzzusammenhang erzeugt. Hieraus wird mit einem Verkehrsmodell und historischen Ganglinien eine Kurzfristprognose abgeleitet.

Abbildung 9: Regelkreis verkehrsabhängige Steuerung

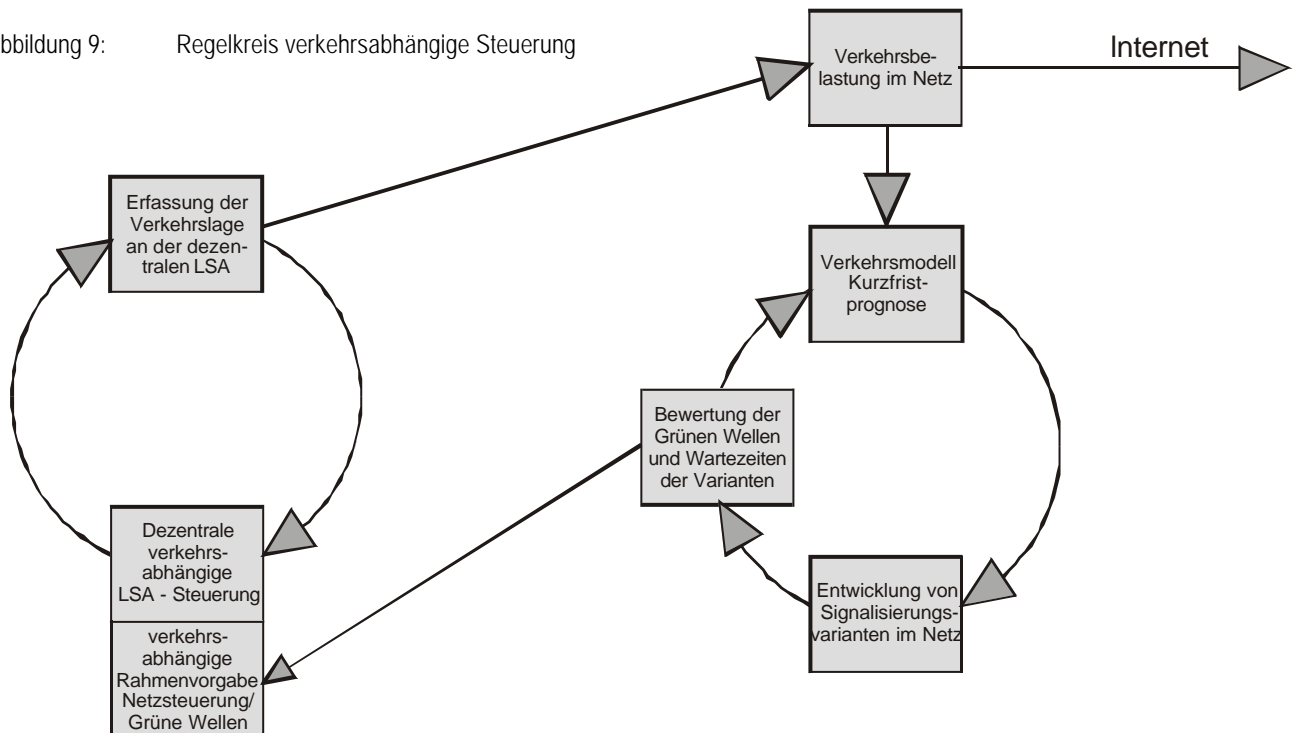


Abbildung 10: Zweiter Regelkreis und Funktionsprinzip Verkehrsadaptive Netzsteuerung



Auf der Grundlage des Verkehrslagebildes im gesamten Stadtgebiet und der Kurzfristprognose erfolgt eine Optimierung des Verkehrsgeschehens mit einem Verkehrsmodell anhand vorher definierter Zielvorgaben, beispielsweise einer besseren Anpassung der Grünen Wellen oder Verkürzung der Wartezeiten.

In dem zweiten Regelkreis werden für die Verkehrssituation der Kurzfristprognose Netzsteuerungsvarianten entwickelt und bewertet. Nur die als Optimum bewertete Netzsteuerungsvariante wird als Rahmenvorgabe an die lokalen Steuergeräte an den Knotenpunkten weitergeleitet.

Neben der erwarteten Verbesserung im allgemeinen Verkehr wird davon ausgegangen, dass auch der Busverkehr von der Verkehrsadaptiven Netzsteuerung profitiert, wenn sich die Rückstaulängen im Individualverkehr verringern. Dies gilt insbesondere in heute stauanfälligen Bereichen, die wegen der vorhandenen Bebauung nicht mit Bussonderspuren ausgerüstet werden können. Weiterhin wird in ersten Forschungsvorhaben als Ergänzung zu ÖPNV-Beschleunigungssystemen auch eine ÖPNV-Einzelfahrzeugberücksichtigung in der Verkehrsadaptiven Netzsteuerung angestrebt. In Verbindung mit einer Verspätungslage in den Bake-Funk-Telegrammen und einer Schnittstelle zum RBL-System wird eine weitere Verbesserung für den ÖPNV, besonders bei hoher Taktdichte und konkurrierenden Anforderungen, sowie eine Verringerung der negativen Auswirkungen der Busbeschleunigung für den allgemeinen Verkehr erwartet.

Die Verkehrsadaptive Netzsteuerung wird bereits in München im Rahmen von Forschungsvorhaben des Bundes eingesetzt. Bisherige Untersuchungen zeigen grundsätzlich eine Verbesserung im Verkehrsgeschehen mit Einsatz der neuen Verfahren, so ist für die Wartezeiten des Kfz-Verkehrs eine Reduzierung von ca. 5 bis 20 % als realistische Annahme einzustufen.

Mittelfristig sind mit dem flächenhaften Einsatz der Netzsteuerung noch Verbesserungen und Innovationsschübe der heute verfügbaren Verfahren zu erwarten. Es wird deshalb die stufenweise Einführung der Netzsteuerung im Stadtgebiet zunächst auf der Modellachse Albersloher Weg empfohlen. Mit diesen Praxiserfahrungen und einer erforderlichen Anpassung an die spezifische Situation der Stadt Münster ist die Inbetriebnahme in allen Netzsteuerbereichen vorgesehen.



Aufgrund der Funktion im Verkehrsnetz der Stadt Münster und der verkehrlichen Nutzung sind grundsätzlich die nachfolgend genannten Streckenzüge und Lichtsignalanlagen für eine Netzsteuerung geeignet, dabei ist die Einteilung von jeweils 20 bis 35 Lichtsignalanlagen sinnvoll. Es werden für das Stadtgebiet von Münster insgesamt 9 Bereiche vorgeschlagen:

• Netzsteuerungsbereich A	„Albersloher Weg“	24 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich B	„Steinfurter Straße / Weseler Straße“	32 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich C	„Bahnhofsbereich / I. Nordtangente“	22 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich D	„II. Nord- und Osttangente“	16 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich E	„II. Westtangente“	10 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich F	„Hammer Straße“	22 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich G	„Wolbecker Straße“	10 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich H	„Grevener Straße“	11 Lichtsignalanlagen
• Netzsteuerungsbereich I	„Südliche Weseler Straße“	10 Lichtsignalanlagen
Gesamtzahl möglicher Lichtsignalanlagen mit Netzsteuerung		157 Lichtsignalanlagen

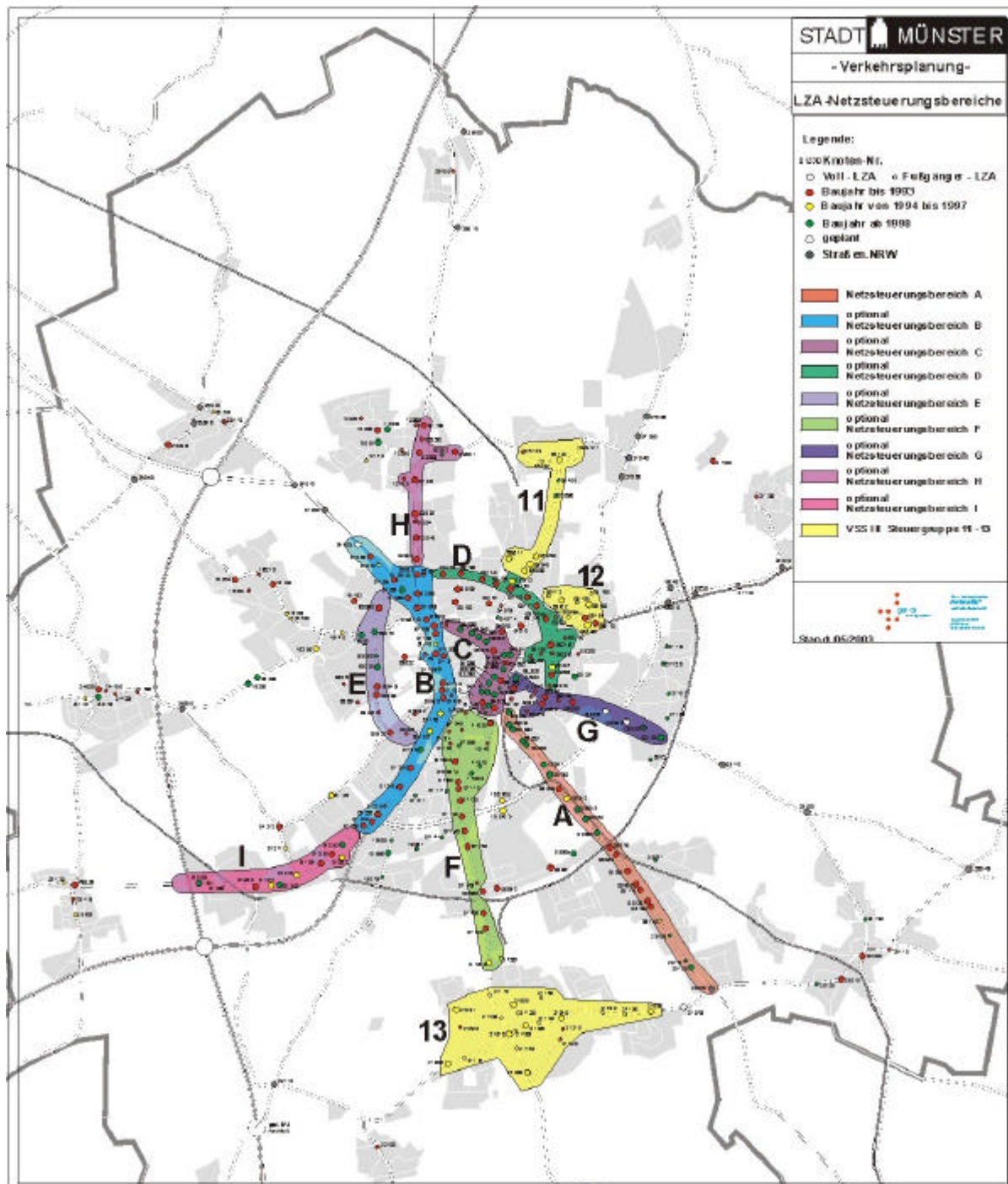


Abbildung 11: Übersicht Netzsteuerungsbereiche



6 Empfehlung zur Realisierung und Kostenschätzung

6.1 Empfehlung zur Realisierung

Es wird eine stufenweise Umrüstung des vorhandenen Verkehrsrechnersystems und der zugehörigen Infrastruktur als Einstieg in ein innovatives Verkehrsmanagementsystem der Stadt Münster empfohlen.

Der für den Ausbau des Verkehrsrechnersystems benötigte Investitionsaufwand unterteilt sich dabei in mehrere Ausbaustufen:

1. Baustufe: Basissystem neuer Verkehrsrechner und die Verkehrsadaptive Netzsteuerung auf der Modellachse Albersloher Weg

- Verkehrsrechnersystem
- Qualitätssicherungs-, Planungs- und Versorgungssystem (Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz)
- Modellachse Albersloher Weg mit insgesamt 24 Lichtsignalanlagen und einer Verkehrsadaptiven Netzsteuerung

2. Baustufe: Anschluss Netzsteuerungsbereiche B bis E an den neuen Verkehrsrechner

- | | | |
|--|---------------------------------------|--------|
| • Netzsteuerungsbereich B | „Steinfurter Straße / Weseler Straße“ | 32 LSA |
| • Netzsteuerungsbereich C | „Bahnhofsbereich / I. Nordtangente“ | 22 LSA |
| • Netzsteuerungsbereich D | „II. Nord- und Osttangente“ | 16 LSA |
| • Netzsteuerungsbereich E | „II. Westtangente“ | 10 LSA |
| • einschließlich der Umrüstung der vorhandenen Gruppensteuergeräte zu leistungsfähigen Routern | | |

3. Baustufe: Anschluss Netzsteuerungsbereiche F bis I an den neuen Verkehrsrechner

- | | | |
|--|---------------------------|--------|
| • Netzsteuerungsbereich F | „Hammer Straße“ | 22 LSA |
| • Netzsteuerungsbereich G | „Wolbecker Straße“ | 10 LSA |
| • Netzsteuerungsbereich H | „Grevener Straße“ | 11 LSA |
| • Netzsteuerungsbereich I | „Südliche Weseler Straße“ | 10 LSA |
| • einschließlich der Umrüstung der vorhandenen Gruppensteuergeräte zu leistungsfähigen Routern | | |



Der Anschluss der 40 Lichtsignalanlagen in den Steuergruppen 11 bis 13 erfolgt über die vorhandenen Gruppensteuergeräte an den neuen Verkehrsrechner.

4. Baustufe: Inbetriebnahme der Netzsteuerung in den Bereichen B bis I und Vervollständigung des Verkehrssteuerungssystems

- Inbetriebnahme der adaptiven Netzsteuerung in den Netzsteuerungsbereichen B bis I
- Anschluss der restlichen ca. 78 Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet an den neuen Verkehrsrechner

Als Ergebnis wären somit alle ca. 275 Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet im neuen Verkehrssteuerungssystem verfügbar und ca. 157 Lichtsignalanlagen mit der Verkehrsadaptiven Netzsteuerung ausgerüstet.

6.2 Kostenschätzung

Der Investitionsaufwand für das neue Verkehrssteuerungssystem wurde anhand von Vergleichspreisen aus Ausschreibungen vergleichbarer Systeme ermittelt.

1. Baustufe: Basissystem neuer Verkehrsrechner und die Verkehrsadaptive Netzsteuerung auf der Modellachse Albersloher Weg

- | | | |
|---|-----|---------------|
| • Verkehrsrechnersystem | ca. | 0,5 Mio. Euro |
| • Qualitätssicherungs-, Planungs- und Versorgungssystem | ca. | 0,6 Mio. Euro |
| • Verkehrsadaptive Netzsteuerung Albersloher Weg | ca. | 0,7 Mio. Euro |

Basisinvestition des neuen Verkehrssteuerungssystems (brutto) ca. 1,8 Mio. Euro

2. Baustufe: Anschluss Netzsteuerungsbereiche B bis E an den neuen Verkehrsrechner

- | | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|-----|---------------|
| • Netzsteuerungsbereich B | „Steinfurter Straße / Weseler Straße“ | ca. | 1,1 Mio. Euro |
| • Netzsteuerungsbereich C | „Bahnhofsgebiet / I. Nordtangente“ | ca. | 0,6 Mio. Euro |
| • Netzsteuerungsbereich D | „II. Nord- und Osttangente“ | ca. | 0,6 Mio. Euro |
| • Netzsteuerungsbereich E | „II. Westtangente“ | ca. | 0,3 Mio. Euro |

Investitionskosten für die Ergänzung des Verkehrssteuerungssystems (brutto) ca. 2,6 Mio. Euro



3. Baustufe: Anschluss Netzsteuerungsbereiche F bis I an den neuen Verkehrsrechner

- Netzsteuerungsbereich F „Hammer Straße“ ca. 0,7 Mio. Euro
- Netzsteuerungsbereich G „Wolbecker Straße“ ca. 0,3 Mio. Euro
- Netzsteuerungsbereich H „Grevener Straße“ ca. 0,4 Mio. Euro
- Netzsteuerungsbereich I „Südliche Weseler Straße“ ca. 0,3 Mio. Euro
- Anbindung der LSA in den Steuergruppen 11 bis 13 ca. 0,1 Mio. Euro

Investitionskosten für die Ergänzung des Verkehrssteuerungssystems (brutto) ca. 1,8 Mio. Euro

4. Baustufe: Vervollständigung des Verkehrssteuerungssystems

- Inbetriebnahme der Verkehrsadaptiven Netzsteuerung in den Netzsteuerungsbereichen B bis I ca. 0,7 Mio. Euro
- Anschluss der verbleibenden 78 Lichtsignalanlagen mit hochwertigen Kommunikationsmöglichkeiten (Kabel bzw. Funk) gemäß OCIT-Standard an den neuen Verkehrsrechner ohne Maßnahmen zur Verkehrsadaptiven Netzsteuerung, je nach Gerätealter Aufrüstung oder Austausch der Steuergeräte ca. 0,8 Mio. Euro

Investitionskosten für die Vervollständigung des Verkehrssteuerungssystems (brutto) ca. 1,5 Mio. Euro

Bei Realisierung aller Maßnahmen ergeben sich somit folgende Gesamtkosten:

Gesamtinvestition für das neue Verkehrsrechnersystem (brutto) ca. 7,7 Mio. Euro