

Verkehr und Technik

Organ für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
Verkehrstechnik • Verkehrswirtschaft • Verkehrspolitik

ÖPNV-Technologieerprobung Krefeld Beschleunigung – Fahrgastinformation – Betriebsüberwachung

Dr.-Ing. Dietmar Bosserhoff
Dipl.-Ing. Heinz-Otto Masak

GEVAS Ingenieurgesellschaft für Verkehrstechnik,
Verkehrsplanung und Anwender-Software, München

Dipl.-Ing. Rainer Grund
Städtische Werke, Krefeld

Dipl.-Ing. Peter Lindner
Studiengesellschaft Nahverkehr, Bergisch Gladbach

Sonderdruck aus:
Zeitschrift „Verkehr und Technik“, ISSN 0340-4536
Jahrgang 44, Hefte 7/1991(S. 277-280) und 8/1991 (S. 319-321)

Vertrieb:
Erich Schmidt-Verlag GmbH & Co, Genthiner Straße 30 G,
10785 Berlin
Telefon: 030 / 25 00 85 223
E-Mail: ESV@ESVmedien.de



Forschung und Entwicklung

Betreuung: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG)
SNV Studiengesellschaft Nahverkehr mbH

Aktuelle Themen und Nachrichten

ÖPNV-Technologieerprobung Krefeld

Von Dipl.-Ing. R. Grund, Krefeld, Dipl.-Ing. P. Lindner, Bergisch Gladbach, Dipl.-Ing. H.-O. Masak und Dr.-Ing. D. Bosserhoff, München*)

Beschleunigung – Fahrgastinformation – Betriebsüberwachung

Vorbemerkungen

In Krefeld wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Integrierte ÖV/IV-Beeinflussung von Lichtsignalanlagen mit dem Ziel der optimalen Fahrgastbedienung“ mit Förderung des BMFT seit 1986 eine modellhafte Konzeption zur Bevorrechtigung von Straßenbahnen und Bussen an Lichtsignalanlagen (LSA) entwickelt und erprobt. Die hierbei erfaßten Fahrzeugdaten wurden darüber hinaus leitungsgebunden an ein Haltestelleninformationssystem übermittelt. Diese erstmals in Deutschland realisierte Lösung bietet die Möglichkeit, den Fahrgast bereits 8 bis 10 Minuten vor der regulären Ankunftszeit über etwaige Fahrplanabweichungen zu informieren.

In Weiterführung dieser Konzeption ist beabsichtigt, diese Fahrzeugerfassungsdaten netzweit von allen Lichtsignalanlagen – unter Nutzung der vorhandenen LSA-Verkabelung – an ein Rechnersystem zu übertragen.

Die dadurch mögliche ständige Überwachung der Funktionsfähigkeit aller technischen Komponenten des LSA-Beeinflussungssystems ist die Voraussetzung dafür, daß darauf basierende enggesetzte Fahrplanvorgaben eingehalten werden. Die Entwicklung und Erprobung eines entsprechenden Störmeldesystems mit leitungsgebundener Datenübertragung – und darüber hinaus die weitergehende Nutzung der Fahrzeugmeldedaten zur Betriebsüberwachung und aktuellen Fahrgastinformation auch abseits von Haltestellen – sind Gegenstand des laufenden Forschungsvorhabens „Dezentrale Betriebsüberwachung und Fahrgastinformation – DEBUE –“. Die Bearbeitung erfolgt unter Projektleitung der Städtischen Werke Krefeld AG (SWK) durch die Firma Dambach

Werke GmbH, Gaggenau, in Zusammenarbeit mit der SNV Studiengesellschaft Nahverkehr mbH.

1. Beschleunigung

1.1 Ausgangssituation

Die Städtischen Werke Krefeld AG (SWK – vormals KREVAG –) waren einer der ersten Verkehrsbetriebe in der Bundesrepublik Deutschland, der in großem Umfang und erfolgreich Bevorrechtigungsmaßnahmen für Straßenbahnen an Lichtsignalanlagen realisiert und 1990 abgeschlossen hat. Diese Maßnahmen beschränkten sich jedoch auf Strecken, die ausschließlich von der Straßenbahn befahren wurden und wo in der Regel keine Hauptlastrichtungen des Individualverkehrs gekreuzt wurden. Von Anfang an erfolgte jedoch bereits eine verkehrsabhängige Berücksichtigung des Individualverkehrs in den Signalprogrammen, um so unerwünschte Verschlechterungen der Verkehrsverhältnisse zu vermeiden. Für eine netzweite Realisierung entsprechender Beschleunigungsmaßnahmen erwies es sich bald als notwendig, auch den Busverkehr in die Signalbeeinflussung einzubeziehen. Die starke Bündelung einer Vielzahl von Straßenbahnen und Buslinien in der Krefelder Innenstadt stellte hier erhebliche Anforderungen an ein zu entwickelndes Steuerungsmodell.

Im Rahmen eines vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) geförderten Forschungsvorhabens¹⁾ wurde hierzu von den SWK gemeinsam mit der SNV Studiengesellschaft Nahverkehr mbH auf Basis umfangreicher verkehrlicher und betrieblicher Voruntersuchungen sowie Kosten-/Nutzen-Abwägungen ein betriebliches Gesamt-

konzept eines umfassenden Beschleunigungsprogramms entwickelt. Zur Erprobung der Beschleunigungskonzeption wurde eine 3 km lange Teststrecke ausgewählt, die durch besonders schwierige Ausgangsbedingungen gekennzeichnet ist (Bild 1):

- Überwiegend gemeinsame Nutzung des Straßenraums durch Individualverkehr, Straßenbahnen und Busse; nur kurze Abschnitte mit besonderem Bahnkörper für die Straßenbahn (teilweise Mitnutzung durch Busse).
- Insbesondere im Südabschnitt des Ostwalls gibt es eine sehr starke Bündelung von Linien des ÖPNV. Hier verkehren insgesamt 5 Straßenbahn- und Stadtbahnlinien und 18 Buslinien mit zusammen zwischen 40 und 50 Fahrten pro Richtung und Stunde. Gleichzeitig ist der Ostwall in diesem Abschnitt mit ca. 1000 Fahrzeugen pro Stunde und Richtung in der nachmittäglichen Hauptverkehrszeit

*) Dipl.-Ing. R. Grund, Städtische Werke Krefeld; Dipl.-Ing. P. Lindner, SNV Studiengesellschaft Nahverkehr mbH, Bergisch Gladbach; Dipl.-Ing. H.-O. Masak und Dr.-Ing. D. Bosserhoff, GEVAS, München.

¹⁾ Phase 1: „Steigerung der Leistungsfähigkeit von Straßenbahnen und Bussen durch ein dezentrales verkehrsabhängiges LSA-Steuerungssystem“ (TV 8341 A1).

Phase 2: „Integrierte ÖV/IV-Beeinflussung von Lichtsignalanlagen mit dem Ziel der optimalen Fahrgastbedienung“ (TV 8616 3).

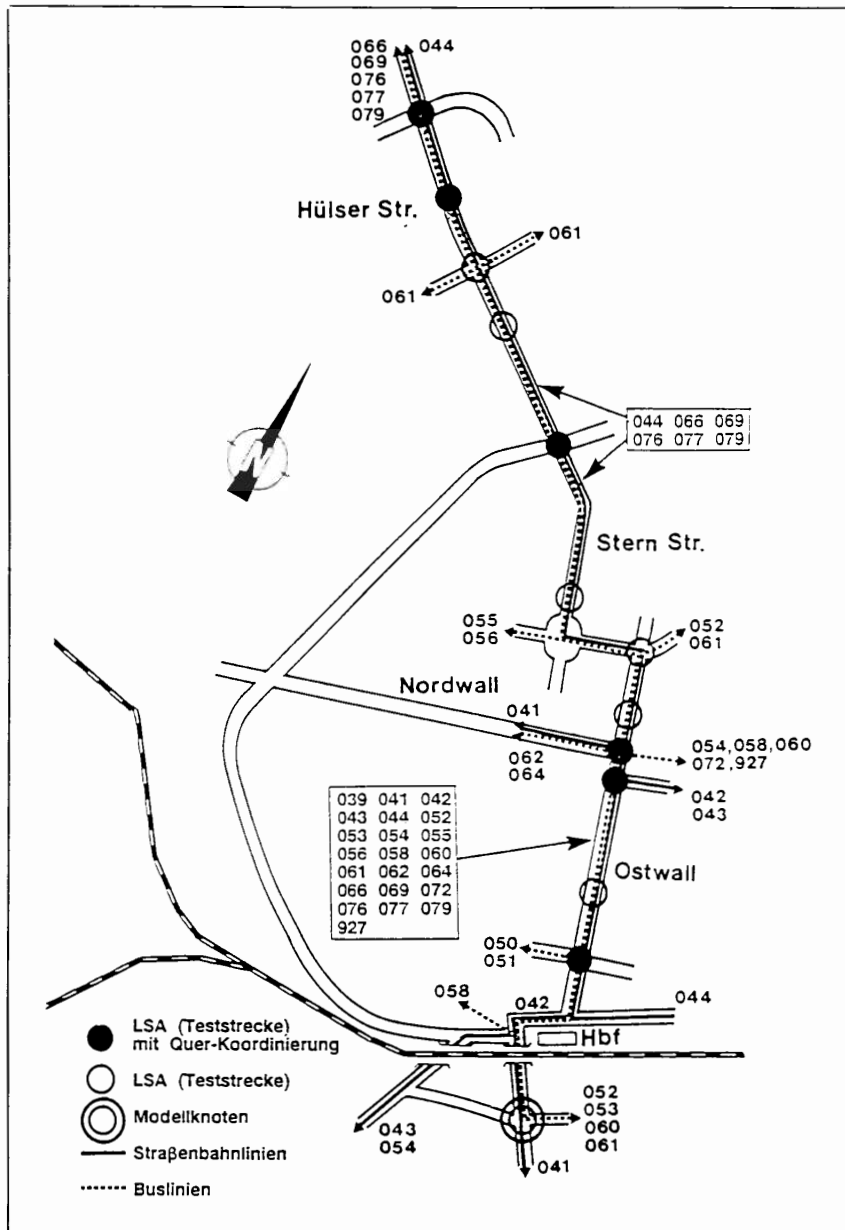


Bild 1: Lage der Teststrecke

erheblich durch den Individualverkehr belastet. IV-Belastungen in ähnlicher Größenordnung weisen auch zwei Hauptverkehrsachsen, die die Beschleunigungsstrecke queren, auf.

- Der nördliche Teil der Teststrecke, der Streckenzug Hülsers Straße – Sternstraße, weist zwar mit Verkehrsbelastungen von 350 bis 500 Fahrzeugen pro Stunde und Richtung vergleichsweise geringe Belastungen im gleichgerichteten Verkehr (IV) auf, ist jedoch durch einen sehr engen Straßenquerschnitt und häufige Behinderungen durch ein- und ausparkende Fahrzeuge sowie durch Behinderungen durch Fahrradverkehr (bei häufig mangelnder Überholmöglichkeit) gekennzeichnet.

1.2 Erfassungssystem

In Krefeld kommt zur Fahrzeugerkennung und LSA-Beeinflussung ein Schleife-Leitung-System zur Anwendung.

Die komplexen Anforderungen an die Steuerungslogik auf den hochbelasteten Streckenabschnitten der Innenstadt und die Notwendigkeit zwischen Bussen und Bahnen und verschiedenen Linien zu unterscheiden, macht eine Streckenausrüstung mit Antennenschleifen und eine Übertragung der Linienkennung erforderlich.

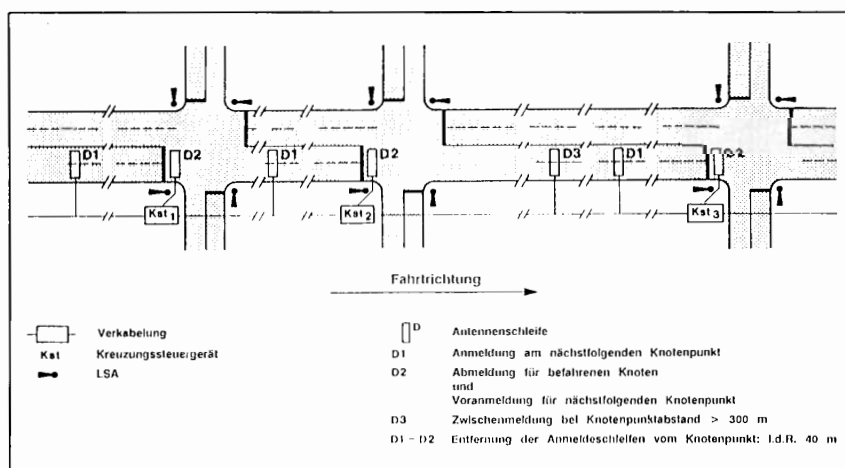
Bild 2 zeigt die Lage der An- und Abmeldeschleifen für eine Fahrtrichtung in einem Streckenzug, bei dem die Abmeldeschleife gleichzeitig die Voranmeldung am nächstfolgenden Knoten beinhaltet.

Das realisierte System erfordert als Streckeneinrichtungen

- Antennenschleifen (ÖPNV-Erfassung mit Linien- und Richtungskennung),
- Induktivschleifen (IV-Erfassung),
- Verkabelung,
- ÖPNV-Auswerteeinheiten mit Knotenpunktrechner und
- mikroprozessorgesteuerte Kreuzungssteuergeräte.

Zur Umrüstung der Lichtsignalanlagen mit mikroprozessorgesteuerten Steuergeräten erfolgte eine Ausschreibung getrennt für die zwei Teilabschnitte der Teststrecke, wobei im Ergebnis der Streckenzug Hülsers Straße/ Sternstraße durch die Firma Dambach und der Streckenzug Ostwall durch die Firma Signalbau Huber bearbeitet wurde. Alle eingesetzten Steuergeräte lassen sich mit einheitlichen, kompatiblen ÖV-Empfängern zur Auswertung der Antennenschleifen kombinieren.

Bild 2: An- und Abmeldeprinzip ÖPNV ohne eigenen Fahrweg (System Schleife/Leitung)



Durch permanente Abstrahlung einer bestimmten modulierten Frequenz einer bestimmten Antennenschleife Informationen vom Fahrzeug zur Schleife in der Fahrbahn übertragen und über die LSA-Verkabelung an eine ÖPNV-Auswerteeinheit abgegeben. Diese Auswerteeinheit ist i. d. R. neben dem Kreuzungssteuergerät in einem separaten Geräteschrank untergebracht, da hier die Wartung und Unterhaltung nicht – wie sonst bei Signalanlagen üblich – beim Tiefbauamt der Stadt Krefeld, sondern bei den SWK liegt.

Ergänzt wird dieser ÖPNV-Teil noch durch einen Knotenpunktrechner, der die Detektor-Informationen um die Antennenbezeichnung (Nummer), die Knotenpunkt-Nr. und die Uhrzeit des Ereignisses ergänzt und zur Datenübertragung über eine V24-Schnittstelle bereitstellt.

Bei den Straßenbahnen werden hierfür vorhandene Sender des für die Weichensteuerung eingesetzten, induktiven Meldungsübertragungssystems IMU der Firma Siemens AG genutzt. Diese Sender sind an der Fahrzeugunterseite ca. 9–11 m von der Fahrzeugspitze entfernt montiert. In den Bussen wurden speziell zur LSA-Beeinflussung vorgesehene Sender der Firmen Weiss-Elektronik und Signalbau Huber 1 m von der vorderen Stoßstange entfernt installiert. Die Schnittstelle zum Fahrzeugzentralgerät (IBIS-kompatibel) wird bei den Bussen im Elektronikfach der Fahrzeuge eingebaut.

Das von der Firma GEVAS, München, entwickelte Steuerungsmodell sieht vor, daß in erster Priorität die Straßenbahn und in zweiter Priorität der Bus bevorrechtigt wird [1], [2].

1.3 Ergebnisse der ÖPNV-Bevorrechtigung

Fahrzeitanalysen erfolgten

- im März 1988, kurz vor Inbetriebnahme der ersten umgerüsteten Anlagen und
- im Juni 1989 nach Abnahme der letzten Anlage und im Okt./Nov. 1990

Die Lichtsignalverlustzeiten der Straßenbahn konnten im Schnitt zwischen 50% und 60% reduziert werden; die des Busses um 19% bis 33% (Bild 3). Dies führt dazu, daß ohne Verringerung der Fahrplanvorgaben bereits heute die Beförderungszeiten um bis zu 16% günstiger liegen als zur Zeit der Vorhermessungen (Bild 4). Im Mittel beider Richtungen hat sich der Anteil der Lichtsignalverlustzeiten an der Beförderungszeit bei der Straßenbahn mehr als halbiert (Bild 5) und liegt nunmehr bei 8%. Beim Bus ist er um 30% auf einen Anteil der LSA-Verlustzeiten an der Beförderungszeit von jetzt 15,5% gesunken.

Bild 6 zeigt exemplarisch für die Straßenbahn die mittleren Lichtsignalverlustzeiten je Knotenpunkt im Vorher-Nachher-Vergleich. Während vor der Beschleunigung an 13 von 26 LSA-Zufahrten (13 LSA aus je zwei Fahrrichtungen für die Straßenbahn) Verlustzeiten von im Mittel mehr als 10 Sekunden entstan-

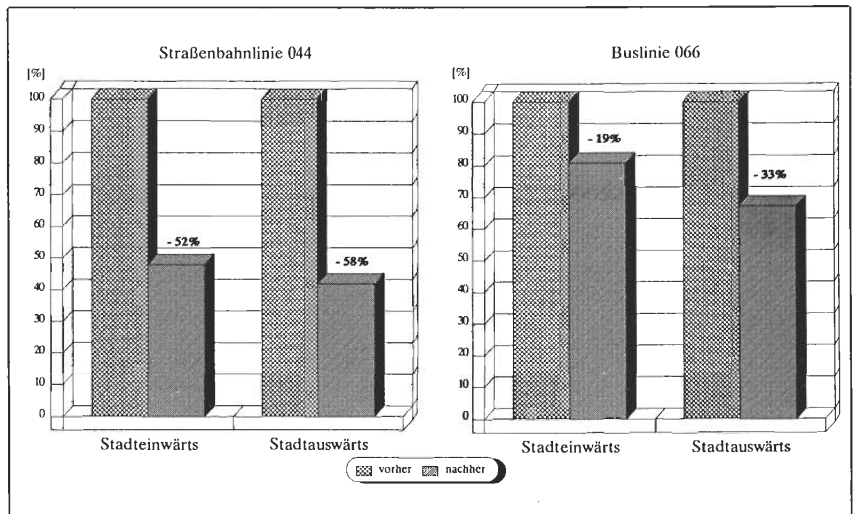


Bild 3: Veränderung der LSA-Verlustzeiten (vor Optimierung)

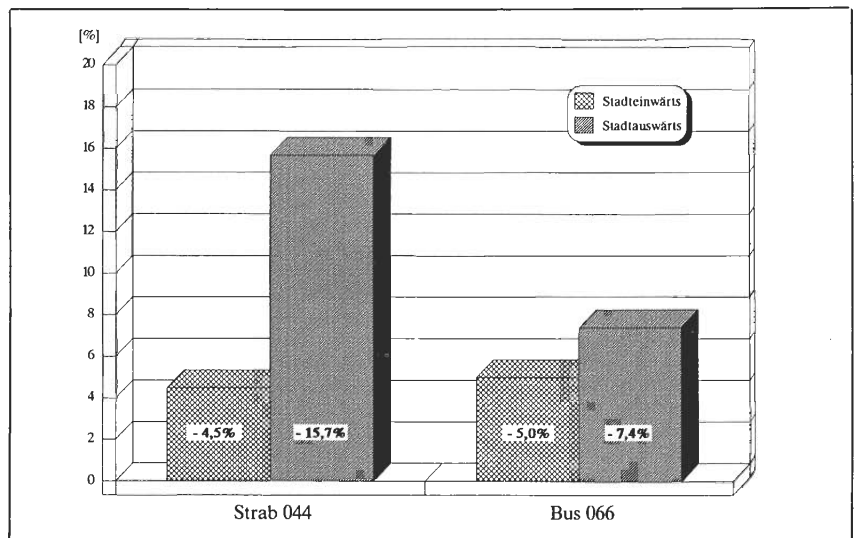


Bild 4: Veränderung der Beförderungszeit (vor Fahrplananpassung/Optimierung)

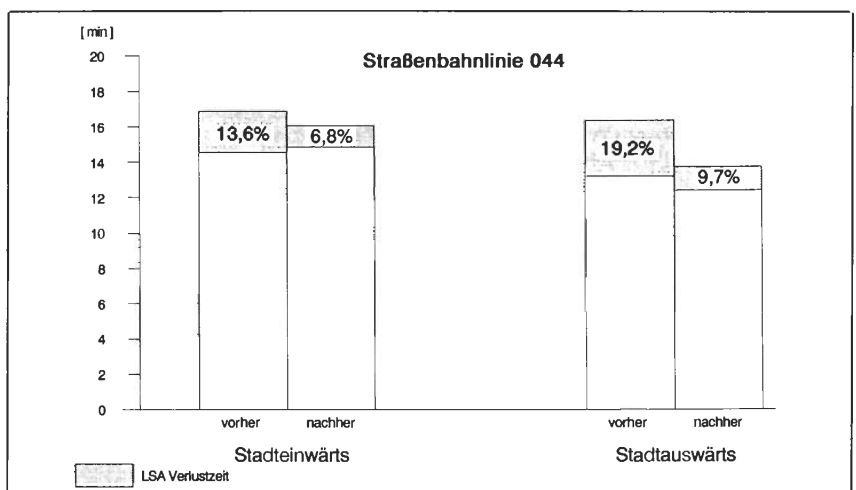


Bild 5: Anteil der LSA-Verlustzeit an der Beförderungszeit

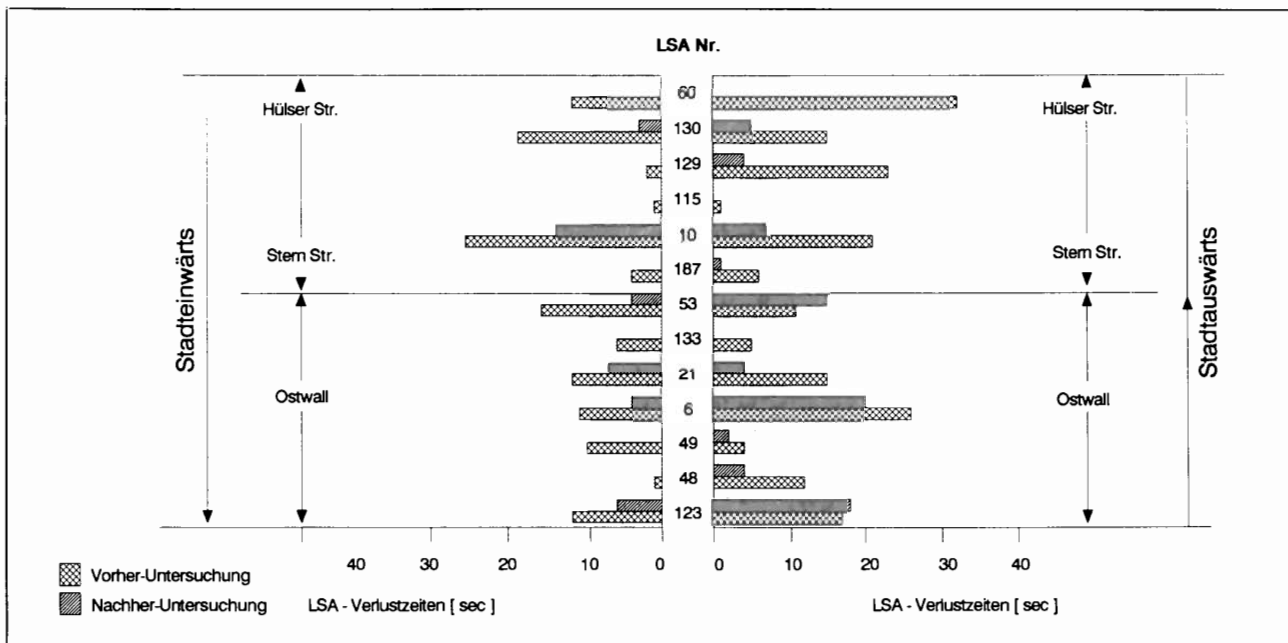


Bild 6: Verlustzeiten an LSA-Strassenbahnlinie 044 Vorher-Nachher-Vergleich (vor Optimierung)

den, ist dies nunmehr nur noch an 5 Zufahrten der Fall. Dies betrifft im wesentlichen Knotenpunkte, bei denen auf Grund der starken Verkehrsbelastung und konkurrierenden Grünzeitanforderungen von Bussen und Straßenbahnen aus den Querrichtungen der erreichte Stand dennoch als gut bewertet werden muß. Dies gilt grundsätzlich auch für den Bus, wo mittlere Verlustzeiten von mehr als 10 Sekunden noch an 7 Kreuzungszufahrten entstehen.

Noch verbliebene Verlustzeiten haben ihren Grund in

- Restriktionen auf Grund beim IV einzuhalten der Mindeststandards (vor allem Forderung einer zumindest teilweisen Aufrechterhaltung der grünen Wellen),
- Schwankungen der Fahr- und Haltestellenaufenthaltszeiten über das bereits in der Steuerung berücksichtigte Maß hinaus,
- Selbstbehinderungen des ÖV bei konkurrierenden ÖV-Anforderungen,
- zu naher Lage der Anmeldepunkte und daher zu kurzer Anmeldezeiten (K 21, K 6); eine frühere Anmeldung ist in diesem Streckenabschnitt jedoch wegen sonst zu großer Unsicherheiten in den Fahrzeiten nicht sinnvoll.

Für die Busse ergab sich eine geringere Reduzierung der Verlustzeiten als für die Straßenbahnen; dies war jedoch auch zu erwarten, weil die Busse

- wegen schlechter kalkulierbarer Fahrzeiten,
- auf Grund der bei der hohen Busanzahl

im Ostwall sonst zu starken Beeinträchtigung des IV und

- bei konkurrierenden ÖV-Anforderungen zugunsten der Straßenbahn geringer priorisiert werden.

Die verbliebenen Verlustzeiten streuen an allen LSA in einem sehr viel engeren Bereich als vor der Beschleunigung, so daß der Betrieb nicht nur schneller, sondern auch regelmäßiger wurde.

Die Verringerung der Lichtsignalverlustzeiten führt nicht automatisch zu einer Verkürzung der Beförderungszeiten. Solange die Fahrplanvorgabe unverändert ist, sind die Fahrer möglicherweise gezwungen, zwecks Fahrplaneinhaltung die Fahrt zu verzögern und/oder andere Haltezeiten auszudehnen. Genau diese Tendenz findet sich in der Analyse der Nachhermessungen bestätigt.

Dies wird nachfolgend am Beispiel der Straßenbahn erläutert. Die Lichtsignalbeeinflussung ermöglicht einen erheblich verbesserten Fahrtverlauf. So liegt die gemessene Mindestfahrzeit (kürzeste Fahrzeit plus mittlere Fahrgastwechselzeit ohne sonstige Haltezeiten) nachher um ca. 15% unter der vorher gemessenen Mindestfahrzeit. Die durchschnittlichen Fahrzeiten unterscheiden sich dagegen kaum und liegen im Mittel beider Fahrrichtungen nur 5% unter der vor der Beschleunigung gemessenen Zeit. Das heißt, daß die Streuung der Fahrzeiten (mit einem hohen Anteil langsamer Fahrten) zugenommen hat. Darüber hinaus haben sich die Fahrgastwechselzeiten erheblich verlängert.

In Fahrrichtung stadtauswärts, wo verlängerte Fahrgastwechselzeiten und Langsamfahrt (slow-and-go) weniger häufig auftraten,

führte dies dazu, daß die Beförderungszeit bereits jetzt 2½ Minuten kürzer ist als vor der LSA-Beeinflussung, obwohl zwischen Vorher- und Nachher-Messungen noch eine zusätzliche Haltestelle eingerichtet worden ist.

Statt durchschnittlich 1¼ Minuten Verspätung ergeben sich jetzt durchschnittlich 1¼ Minuten Verfrühung. Eine Verkürzung der Fahrplanzeit um 2 Minuten erscheint realistisch. In der Gegenrichtung (stadteinwärts) ist die Beförderungszeiteinsparung auf Grund der obengenannten langen Fahrgastwechselzeiten und der Zeitverluste durch Langsamfahrt (slow-and-go) geringer.

2. Dynamische Fahrgastinformation

Ausgangspunkt der Überlegungen, in Krefeld ein dynamisches Fahrgastinformationssystem zur Attraktivitätssteigerung des ÖPNV zu erproben, war die Tatsache, daß im Rahmen der LSA-Beeinflussung Standortdaten der Straßenbahnen und Busse an jedem Knotenpunkt orts- und zeitgenau erfaßt werden. Bei Übertragung dieser Daten zu nachfolgenden Haltestellen können Fahrgäste über die aktuelle Abfahrtszeit des nächstfolgenden Fahrzeugs ihrer Linie und ggf. eingetretene Verspätungen informiert werden.

2.1 Systemkonzept

Kernstück des modular aufgebauten Anzeige- und Informationssystems (MAIS, Dr. Graband & Partner GmbH) ist ein Mikrorechner, der die Anzeige auf Basis der in einem EPROM abgelegten Fahrplandaten ansteuert.

Das Grundmodul enthält folgende Teilfunktionen:

- Datenspeicher (EPROM mit Fahrplandaten)
- Uhr
- Mikrorechner zur Anzeigensteuerung
- Eingabe zur Übernahme und Weiterverarbeitung der übertragenen Daten
- Ausgabe (Schnittstelle für bis zu acht Anzeigefelder)

Die für das System benötigten Fahrplandaten werden mit einem Editor erstellt.

Zur Anzeige der tatsächlichen Abfahrtszeiten werden zusätzlich zum Fahrplan die Fahrzeiten zwischen den Erfassungsquerschnitten und bis zum Anzeigestandort sowie betriebliche Vorgaben für die Berücksichtigung von Verspätungen benötigt. Darüber hinaus werden Datentelegramme, die mindestens Liniennummer, Ortszeit und Ortsangabe enthalten müssen, verarbeitet.

Die Datentelegramme (sekundengenaue Standorterfassung) werden leitungsgebunden zur Haltestelle übertragen.

Diese Übertragungswege sind als Punkt-zu-Punkt-Verbindung vorgesehen. An den Steuergeräten der Lichtsignalanlage stehen Normschnittstellen zur Verfügung. Neben einer Ortskennung und der Uhrzeit wird die Linienbezeichnung des passierenden Fahrzeuges übertragen. Die Erfassung des Fahrzeuges erfolgt vor und hinter dem Knotenpunkt.



Bild 7: Dynamische Fahrgastinformation, Skizze des Displays



Bild 8: Haltestelle Nordwall

Zur Datenübertragung zwischen den Knotenpunktsteuergeräten und der Haltestelle kommen Modems zum Einsatz.

2.2 Abfahrtszeitberechnung

Im Regelbetrieb werden im Display die gespeicherten Fahrplandaten angezeigt. Nur wenn der Vergleich von Fahrplandaten und aktuellen Betriebsdaten (Fahrzeugmeldungen von den Erfassungsquerschnitten) Abweichungen ergibt (SOLL-IST-Vergleich), werden die angezeigten Abfahrtszeiten entsprechend modifiziert.

Dabei können etwaige Fahrplanabweichungen in kurzen Abständen festgestellt werden. Die von den Erfassungsquerschnitten aus benötigte Fahrzeit ist durch die Entfernung, die mittlere Fahrgeschwindigkeit und gegebenenfalls vorhandene Zwischenhaltestellen bekannt und wird – in Minuten – an der betreffenden Haltestelle angezeigt, so daß bis zum Eintreffen des Fahrzeuges an dieser Haltestelle eine kontinuierliche Fahrzeitkontrolle gewährleistet ist.

In der Programmierung des Anzeigeegerätes ist vorgesehen, daß

- die frühestmögliche Erfassung bereits in einem räumlichen Abstand erfolgen kann, der noch eine fahrplanmäßige Fahrzeit des Busses bzw. der Straßenbahn von ca. 8 Minuten bis zur Haltestelle erforderlich macht, und
- eine weitere Anmeldung durch ein Folgefahrzeug derselben Linie erst nach der Abmeldung des Vorausfahrzeuges aufgenommen wird bzw. solange zurückgestellt wird.

2.3 Display

An das Grundsystem können verschiedenartige Anzeigefelder angeschlossen werden. Bei den Städtischen Werken Krefeld AG sind für die Abfahrtszeiten transflektive 7-Seg-

ment-LCD-Anzeigemodule eingesetzt (Bild 7). Diese LCD-Module zeichnen sich durch sehr geringen Stromverbrauch aus, so daß die Stromversorgung über eine gepufferte Batterie erfolgen kann, die nur in den Nachtstunden regelmäßig aufgeladen wird (Anschluß an die Stromversorgung der Straßenbeleuchtung). LEDs kamen nur für den Schriftzug „Verspätung“ zum Einsatz. Die Schriftträger für die festen Texte sind bedruckte silberfarbige Aluminiumplatinen, die, im Hinblick auf mögliche Linienänderungen, linienweise getrennt austauschbar sind.

Eine Gesamtausstattung mit LED-Anzeigen und Fallblattanzeigen schied vor allem aus Kostengründen aus. Nachteil der LED-Anzeigen ist darüber hinaus ihr hoher Energiebedarf. Monitore kamen insbesondere wegen größerer Witterungs- und Vandalismusgefährdung nicht in Betracht.

Durch Aufleuchten des Schriftzuges „Verspätung“ und Blinken der angezeigten Abfahrtszeit der verspäteten Linie werden die Fahrgäste auf Verspätungen oder Fahrzeugausfälle aufmerksam gemacht.

In der realisierten Ausführung des Informationssystems sind die einzelnen Module auf einen Aufbaurahmen montiert, der in eine Vitrine eingebaut wurde. Der Schutz gegen Vandalismus ist im wesentlichen durch einen entsprechenden Aufbau der Vitrine selbst und die bruchsichere Verglasung sichergestellt. Hier gibt es jedoch Probleme mit der Entspiegelung.

2.4 Installation

Die dynamische Abfahrtsanzeige wurde in eine neu entwickelte, modular aufgebaute Wartehalle integriert. Je nach örtlichen Gegebenheiten können diese Module zu Wartehallen unterschiedlicher Größe und Ausstattung zusammengesetzt werden. Besonderes Kennzeichen dieses Wartehallentyps ist ein Grasdach – Symbol für die Verbindung von Umweltbewußtsein und Öffentlichem Nahverkehr (Bild 8).

2.5 Betriebliche Erfahrungen

Die 1. Ausbaustufe wurde im Januar 1987 in Betrieb genommen und funktionierte von Beginn an problemlos. Bei Befragungen an der Haltestelle zeigte sich eine große Akzeptanz durch die Fahrgäste. Die Lesbarkeit erwies sich jedoch in der betrieblichen Erprobung als nicht immer zufriedenstellend. Positiv zu vermerken ist, daß durch rückwärtige Beleuchtung die LCD-Anzeigen auch bei auffallendem Sonnenlicht gut lesbar sind. Nachteilig ist, daß deren Leuchtkraft so groß ist, daß bei Dunkelheit die fest beschrifteten Linienangaben trotz Beleuchtung der Haltestelle überstrahlt werden und nur schwer lesbar sind. Bei weiteren Anwendungen sollte entweder als Schriftträger ein durchscheinendes Material verwendet werden oder die Schriftzüge ausgestanzt werden.

Die 2. Ausbaustufe zur Berücksichtigung von Verspätungsmeldungen wurde ab Mitte 1989 betrieblich erprobt.

Bei der Zusammenschaltung von Erfassungssystem und Fahrgastinformationssystem ergaben sich anfangs verschiedene praktische Probleme.

Als entscheidende Fehlerquelle stellte sich der nicht in jeder Sekunde 100% zuverlässige Empfang der DCF-Uhren heraus. Es ist entsprechend notwendig, im Fahrgastinformationssystem eine Softwareuhr zu integrieren.

Daneben führten Witterungseinflüsse zu vereinzelt Ausfällen.

Im August 1990 wurde das System in den Dauerbetrieb übernommen.

3. Dezentrale Betriebsüberwachung

3.1 Ausgangslage: Netzweite Bevorrechtigung

Parallel zur Erprobung des entwickelten Steuermodells wurde die Realisierung von LSA-Bevorrechtigungsmaßnahmen im gesamten Straßenbahnnetz der SWK vorangetrieben. Im Herbst 1990, etwa ein Jahr nach Abschluß der entsprechenden Arbeitspakete des Forschungsvorhabens, erfolgte die Inbetriebnahme der letzten Lichtsignalbeeinflussungen für die Straßenbahn. Berücksichtigt man auch die vor Beginn des Forschungsvorhabens realisierten ersten LSA-Beeinflussungsmaßnahmen (unter Verwendung von Koppelspulen ohne Übertragung der Linienkennung), besteht nunmehr im gesamten Straßenbahnnetz von Krefeld eine Bevorrechtigung der Straßenbahn an Lichtsignalanlagen. Mit der Umsetzung weiterer Maßnahmen für die Buslinien wurde bereits begonnen.

Mit zunehmender Berücksichtigung der hierdurch möglichen größeren Stabilität des Fahrplans und möglichen kürzeren Fahrplanzitvorgaben wird die Funktionsfähigkeit des

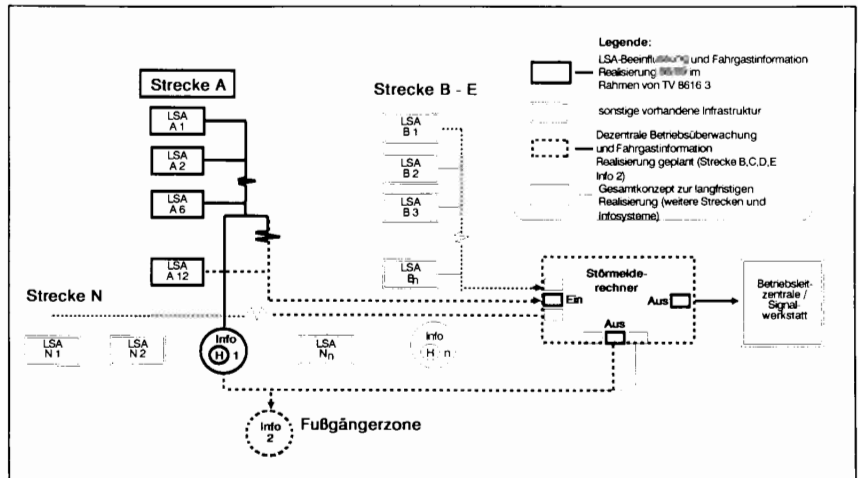


Bild 9: Dezentrale Betriebsüberwachung und Fahrgastinformation, Krefeld; Gesamtkonzept mit leitungsgebundener Datenübertragung

LSA-Beeinflussungssystems zur entscheidenden Komponente für einen zuverlässigen und fahrplan-treuen Betrieb.

3.2 Ziele

Ziel des Vorhabens DEBUE (Dezentrale Betriebsüberwachung und Fahrgastinformation) ist es, zur Überwachung der LSA-Beeinflussungsfunktion ein Störmeldesystem zu entwickeln und zu realisieren. Als Peripheriefunktion wird in einem zweiten Schritt ein Fahrgastinformationssystem mit aktuellen Abfahrtszeitanzeigen entwickelt. Bild 9 skizziert das Gesamtsystem. Die im Rahmen des Störmeldesystems übertragenen Fahrzeugmeldedaten werden dabei zur Modifikation der fahrplanmäßigen Abfahrtszeiten und zur Anzeige etwaiger Verspätungen genutzt. Anders als das bereits realisierte System an der Haltestelle Nordwall soll in der hier vorgesehenen Weiterentwicklung die Abfahrtszeitinformation nicht auf die Linien eines Streckenzugs begrenzt werden, sondern Abfahrtszeitinformationen über alle Linien des Netzes ermöglichen. Ein Prototyp dieses Systems soll in der Fußgängerzone Krefelds im fußläufigen Einzugsbereich mehrerer Haltestellen realisiert werden.

3.3 Konzept Datenübertragung

Der unterschiedliche Standard der LSA-Beeinflussung auf den verschiedenen Strecken des Krefelder Straßenbahnnetzes erfordert die Entwicklung eines flexiblen Systems. So müssen sowohl Meldungen von Magnetkontakten und Koppelspulen ohne Linienkennung als auch Datentelegramme von Schleifen mit Linienkennungsbaugruppen verarbeitet werden können. Für die weitere Verarbeitung im Störmelderechner sind hierdurch unterschiedliche Voraussetzungen gegeben. Während die Funktionsüberwachung der LSA-Beeinflussung sowohl bei einfacher Erfassung der Busse oder Straßenbahnen aus-

schließlich über Trägerfrequenz (91 kHz) ohne Linienkennung als auch mit aufmodulierter Linienkennung möglich ist, ist zur Identifizierung von Fahrplanabweichungen, wie sie für Fahrgastinformation benötigt werden, in der Regel auch die Übermittlung zusätzlicher Fahrzeugdaten (Liniennummer, ggfs. Kursnummer) erforderlich.

Für die Datenübertragung kann auf das vorhandene Kabelnetz des Verkehrsbetriebs zurückgegriffen werden.

Es ist im weiteren vorgesehen, im Störmeldesystem neben der LSA-Beeinflussung auch die Stromversorgung, d. h. die Funktion der Unterwerke und die jeweils aktuelle Belegung der Speiseabschnitte, zu überwachen.

Durch die notwendige Anpassung an unterschiedliche technische Bedingungen im Modellfall selbst werden gleichzeitig gute Voraussetzungen für die Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle geschaffen.

3.4 Anforderungen an die Funktionskontrolle der Komponenten zur LSA-Beeinflussung

Als Störquellen kommen alle Komponenten des LSA-Beeinflussungssystems in Betracht:

- Fahrzeugsender und Bedienterminal
- Erfassungseinrichtungen (Magnetkontakte, Koppelspulen, Antennenschleifen)
- Detektorbaugruppe
- Linienkennungsbaugruppe
- Schalter, Relais, Sicherungen, Fi-Schalter
- Netzteil, Niederspannung (interne Stromversorgung)

- Fernmeldekabel
- öffentliche Stromversorgung einschließlich Kabel (Niederspannung, Mittelspannung, Hochspannung)

Darüber hinaus kann auch der Verkehrsablauf zu Meldungsausfällen führen (z. B. Umfahren einer Schleife durch den Bus wegen Falschparkern im Schleifenbereich).

Aufgabe des Störmeldesystems ist es, Funktionsstörungen automatisch an die Betriebswerkstatt zu melden. Diese Funktionskontrolle muß sich auch auf die Komponenten des Überwachungssystems selbst (Übertragungsstrecke, Eingabekarte am Störmelde-rechner, ggfs. auch Datenkonzentratoren mit Modem und Ausgabekarte) erstrecken.

Dabei ist jedoch nicht erforderlich, jede einzelne Komponente, wie z. B. jede Antennenschleife, jede Leitung, jedes Modul des Rechnersystems, getrennt zu überwachen. Dies ist auf Grund des damit verbundenen Aufwands auch nicht tragbar. Bei Ausbleiben einer Schleifenmeldung kann durch logische Abfragen, wie z. B.

- erster Meldungsausfall oder mehrere Meldungsausfälle in Folge?
- Meldungsausfall auch an vorherigen/nachfolgenden Schleifen? etc.

die Fehlerursache ausreichend eingegrenzt werden. Für den Verkehrsbetrieb ist neben der räumlichen Lokalisierung eines Fehlers

entscheidend, ob eine Störung in den eigenen Zuständigkeitsbereich fällt und entsprechend den Einsatz des Betriebselektrikers erfordert.

3.5 Konzept der netzweiten dynamischen Fahrgastinformation

Die Konzeption der Fahrgastinformation als Peripheriefunktion des Störmeldesystems ermöglicht es, aktuelle Abfahrtszeitinformationen unter Berücksichtigung etwaiger Fahrplanabweichungen über alle Linien zu geben, die an den Lichtsignalanlagen mit Linienkennung erfaßt werden. Dies ist in Krefeld in großen Teilen des Straßenbahnnetzes gegeben und für das Busnetz in Vorbereitung.

Für den Fahrgast ist es wichtig, Abfahrtszeitinformationen möglichst frühzeitig, d. h. nicht erst an der Haltestelle, sondern z. B. zu Hause oder in Zielgebieten am Ort seiner Aktivitäten, zu bekommen.

Für den Anwendungsfall einer Fahrgastinformation im öffentlichen Raum kommen entsprechend zentrale Punkte mit starken Fußgängerströmen in Betracht. Der im Rahmen des Forschungsvorhabens für den Prototyp vorgesehene Standort in der Fußgängerzone abseits von Haltestellen hat einen hohen Werbeeffekt für den Verkehrsbetrieb und ermöglicht es auch, potentielle Fahrgäste besser zu erreichen. Für den Fahrgast ergibt sich der Vorteil, die Abfahrtszeit bereits vor Erreichen der Haltestelle zu erfahren und so die verbleibende Zeit bis zur Abfahrt seiner Linie

z. B. für Erledigungen besser nutzen zu können.

Im fußläufigen Einzugsbereich des vorgesehenen Standorts verkehren fünf Straßenbahn-/Stadtbahnlinien und 17 Buslinien, die Mehrzahl davon in zwei Richtungen. Insgesamt müssen dem Fahrgast 31 Linien-Richtungen, die von neun verschiedenen Abfahrtspositionen verkehren, angezeigt werden.

Da Linienkennungen in Krefeld netzweit derzeit fast ausschließlich von Straßenbahnlinien übertragen werden, ist vorgesehen, Abweichungen von der planmäßigen Abfahrtszeit in der ersten Ausbaustufe auch nur für Straßenbahnlinien anzuzeigen und für den Busbereich sich auf die Anzeige der fahrplanmäßigen Abfahrtszeit zu beschränken.

Die Installation des Prototyps ist für die zweite Jahreshälfte 1992 vorgesehen.

Literatur:

- [1] R. Grund / H.-O. Masak / D. Bosserhoff, Krefelder Signal-Steuerungsmodell, in: Der Stadtverkehr 2/91
- [2] Schlußbericht TV 8616 3: R. Grund / P. Lindner / W. Reinhardt / D. Bosserhoff / H.-O. Masak, Integrierte ÖV/IV-Beeinflussung von Lichtsignalanlagen mit dem Ziel der optimalen Fahrgastbedienung