

# Verkehrsabhängige, effiziente ÖPNV-Beschleunigung mit planfahrt und Vx-LiSA<sup>®</sup>

## Teil 2\*)

Von Rainer Schneider, Hamburg, und Hans Protschka, Flensburg\*\*)

## Vx-LiSA<sup>®</sup> verkehrsabhängige LSA-Beeinflussung – Kosten und Nutzen – Zusammenfassung

Im ersten Teil lag der Schwerpunkt bei der automatischen Erfassung und Auswertung der Ist-Fahrzeiten, die als Grundlage für eine wirkungsvolle Verstetigung des Fahrtablaufs bzw. ÖPNV-Beschleunigung herangezogen werden. Dies erfolgt mit dem Analysesystem planfahrt der Firma Hamburg-Consult. Planfahrt dient dem Zweck, den Umfang und die Zusammensetzung des Beschleunigungspotenzials möglichst detailliert festzustellen und Einzelmaßnahmen zu bewerten.

Erkenntnisse aus zahlreichen Fahrzeitanalysen belegen eindrucksvoll, dass oftmals die LSA-Beeinflussung den wirkungsvollsten Beitrag zur Beschleunigung liefert. Eine optimale Beeinflussung der LSA-Knoten kann jedoch nicht, wie in heutigen Systemlösungen üblich, mit geschätzten oder statisch ermittelten Fahrzeiten erfolgen, sondern muss sich am fließenden Verkehr und den realen Fahrzeiten orientieren.

Dies wird mit Vx-LiSA erreicht.

Fortsetzung von Teil I, Kapitel 3.

### 3.4 Systemkomponenten

Auf Basis der in Teil I beschriebenen Systemansätze wird mit Vx-LiSA ein Lösungsweg besprochen, bei dem die „Ermitt-

lung der Fahrzeit bis zum LSA-Knoten“ im Fahrzeug erfolgt.

Dabei überträgt der Bordrechner im Funktelegramm die ermittelte **Fahrzeit** und nicht wie bei den derzeitigen Systemen eine Meldepunktnummer (Bild 10).

In der LSA-Anlage empfängt dann ein so genannter Funkrechner das Funktelegramm und leitet die darin enthaltene Fahrzeit plus weiterer Daten direkt an das Vx-LiSA-ÖPNV-Modul weiter. Die LSA-Steuerung kann jetzt mit Hilfe der Fahrzeit-IST-Werte die Steuerung/„GRÜN-Verlängerung“ der Ampelphasen dynamisch und verkehrsgerecht ausführen. Erkennt der Bordrechner anhand eines von ihm laufend zu ermittelnden Geschwindigkeitsprofils, dass er die übermittelte Fahrzeit nicht einhalten kann, überträgt er ein weiteres Telegramm entweder mit der aktualisierten Fahrzeit oder einer besonderen Kennung (z.B. „Stau“).

Bei der Ermittlung der Fahrzeit werden vor allem folgende Parameter berücksichtigt:

- Wegstrecke bis zum LSA-Knoten,
- momentane und vorausschauende Geschwindigkeit,
- Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit der Verkehrssituation.

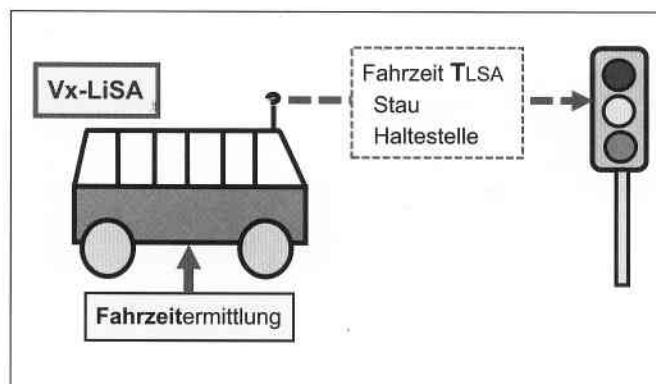


Bild 10: Funkkommunikation mit Vx-LiSA

### 3.4.1 Fahrzeugkomponente

Der im Rahmen eines FuE-Projekts\*\*\*) entwickelte Fahrzeugbordrechner „FBR“ (Bild 11) fußt auf modernster Hardwaretechnologie und verwendet ein echtzeit- und multitaskingfähiges Betriebssystem. Mehrere Schnittstellen ermöglichen eine Anbindung an externe Komponenten, wie beispielsweise an einen Fahrscheindrucker mit IBIS-Schnittstelle. Zur Erfassung der mittels Standortkoordinaten beschriebenen Meldepunkte wird ein GPS-Empfänger neuester Bauart eingesetzt. Seine wichtigsten Merkmale sind vor allem eine hervorragende GPS-Empfangsleistung sowie eine schnelle Akquisitionszeit. Dies garantiert jederzeit einen zuverlässigen Betrieb sowohl in bebauter als auch in dicht bewaldeter Umgebung.



Bild 11: Fahrzeugbordrechner FBR/KSR von der Firma Winvertel GmbH

Ebenfalls integraler Bestandteil des Bordrechners ist ein Datenfunkmodul, bei dem neben einer SW-gesteuerten Umschaltung der Kanäle auch die Sendeleistung mit Hilfe der Software in mehreren Schritten eingestellt werden kann. Damit wird sowohl die in den LSA-Richtlinien genannte Forderung einer Reichweite von „bis zu 500 m“ erfüllt, als auch die von der RegTP gemachte Vorgabe bez. der Sendeleistung von 0,5 W bzw. max. 1 W eingehalten.

\*) Rainer Schneider, Hamburg-Consult GmbH; Hans Protschka, Ingenieurbüro Hans Protschka, Flensburg.

\*\*) Teil 1 ist in „Verkehr und Technik“, Heft 10/2005, erschienen.

\*\*\*) Vx-LiSA wurde in Flensburg im Rahmen des vom BMWA (Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit) geförderten FuE-Programms PRO INNO entwickelt.

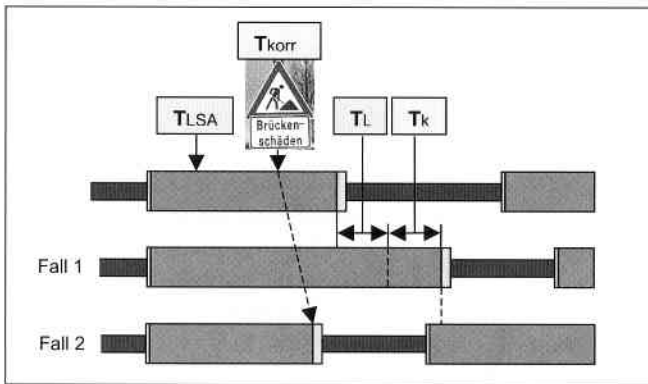


Bild 12: Dynamische Steuerung der Ampelphasen

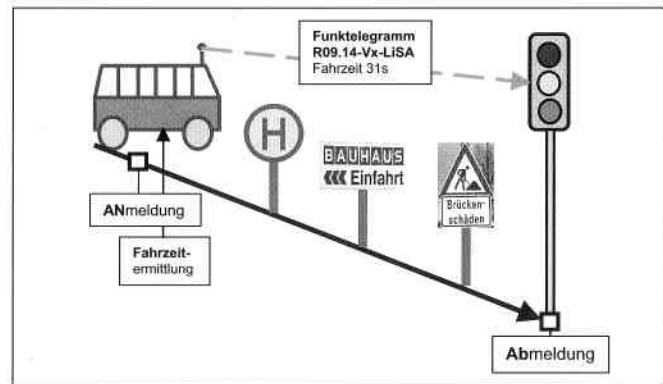


Bild 13: LSA-Beeinflussung mit Vx-LiSA

Zudem kann mit den vorhandenen Möglichkeiten die Sendeeinheit an unterschiedlichen Orten/in verschiedenen Städten auf die dort vorherrschenden Funkgegebenheiten angepasst werden.

Der Bordrechner erfasst die Verkehrssituation vollautomatisch und erkennt, berechnet und überträgt per Funktelegramm u.a.:

- Fahrzeit
- Staumeldung bei einem Halt auf offener Strecke
- Haltestellenmeldung bei einem Halt an einer Haltestelle
- Geschwindigkeitsänderung/Fahrzeitkorrekturen

Hervorzuheben ist jedoch, dass Vx-LiSA in jeden modernen bzw. marktüblichen Bordrechner (dazu zählen auch elektronische Fahrscheindrucker) integriert werden kann, der die dazu erforderlichen Leistungsmerkmale besitzt.

### 3.4.2 LSA-Komponente

Generell ist zu sagen, dass für Vx-LiSA in koordinierten LSA-Anlagen keine zusätzliche Hardware erforderlich ist, da die gleichen Komponenten wie für derzeitige Lösungen eingesetzt werden können. Der Unterschied zwischen den beiden Lösungen liegt vor allem in der Interpretation und Bewertung der im Funktelegramm übertragenen Daten und deren Integration in die LSA-Steuerung.

Der im FuE-Projekt eingesetzte Funkrechner „KSR“ (Kreuzungssteuerrechner) ist bis auf wenige Komponenten baugleich mit dem im vorherigen Kapitel beschriebenen Fahrzeugbordrechner FBR. Er empfängt die Funktelegramme und leitet sie an die LSA-Steuerung weiter. Dies kann je nach LSA-Steuerung/Hersteller entweder parallel oder seriell erfolgen. Alle Ausgangssignale sind galvanisch entkoppelt.

Auch für den KSR gilt, wie zuvor für den FBR: Vx-LiSA kann in jeden vorhandenen Funkrechner integriert werden, der die dazu erforderlichen Merkmale aufweist.

Insgesamt gesehen besteht also die Möglichkeit, Vx-LiSA auf einfache Art und Weise ohne zusätzlichen Hardware-Aufwand in bestehende LSA-Anlagen zu integrieren sowie alte Systeme gleitend auf neue Systeme umzurüsten.

### 3.4.3 Funktelegramm

Basis für das bei Vx-LiSA verwendete Funktelegramm ist das VDV-standardisierte R09.14-Protokoll und Telegrammformat.

Übertragen werden alle vom Vx-LiSA-ÖPNV-Modul zur Generierung der Beeinflussungsparameter benötigten Daten wie beispielsweise Fahrzeit, Priorität, Ein- und Ausfahrtkennung, Kreuzungsadresse, Buskennung sowie Meldungen für Stau und Haltestellen.

Bei Vx-LiSA werden keine Voranmelde-, Hauptanmelde- und Abmelde-Telegramme übertragen, sondern nur die Telegramme für die Anmeldung (mit Fahrzeit) und Abmeldung und, falls erforderlich, weitere Telegramme z.B. für Zeitkorrektur, Stau und Haltestelle.

### 3.4.4 ÖPNV-Modul

Ein ÖPNV-Modul ist ein Software-Programm in der LSA-Steuerung, das die Schnittstelle zwischen dem LSA-Funkrechner und der LSA-Steuerung bildet. Es dient zur Verwaltung, Auswertung und Bewertung der im Funktelegramm übertragenen und vom Funkrechner über die parallele/serielle Schnittstelle an die LSA-Steuerung weitergeleiteten Daten und ermittelt daraus die für die Phasensteuerung erforderlichen Beeinflussungsparameter.

In den heute eingesetzten Beeinflussungssystemen ist die Hauptaufgabe des ÖPNV-Moduls die Ermittlung der Fahrzeit. Sie wird anhand der vom Bus übertragenen Meldepunktnummer, in Abhängigkeit der dazugehörigen Fahrbeziehung und unter Berücksichtigung der Haupt- und Normalverkehrszeiten mit Hilfe von Annahmen,

Prognosen und empirischen Festlegungen ermittelt. Der Programmumfang des Moduls ist entsprechend umfangreich und auch davon abhängig, wie viele Fahrbeziehungen/Meldepunkte, welche Prioritäten und wie viele Folgebusse zu berücksichtigen sind. Außerdem muss bei diesen marktüblichen Systemen das ÖPNV-Modul für jeden LSA-Knoten entwickelt werden!

Bei dem ÖPNV-Modul von Vx-LiSA besteht die Hauptaufgabe lediglich darin, unter Einbeziehung aller(!) Fahrbeziehungen und anhand der von den Fahrzeugen über Funk übertragenen und dem Modul als IST-Wert zur Verfügung gestellten Daten die Fahrzeiten zu managen und abhängig davon die Beeinflussungsparameter zu bestimmen. Aufgrund dieses dynamischen Verhaltens kann die Steuerung der Ampelphasen ebenfalls dynamisch und verkehrsgerecht ausgeführt werden (Bild 12). Dies bringt nicht nur große Vorteile für den ÖPNV, sondern auch für den Individualverkehr (IV).

Im Vergleich zum „heutigen“ ÖPNV-Modul ist der Programmumfang für das Vx-LiSA-ÖPNV-Modul eher gering. Zudem kann das für einen LSA-Knoten entwickelte ÖPNV-Modul mit geringfügigen Änderungen (Adresszuweisungen, etc.) für alle weiteren LSA-Knoten der Stadt bereitgestellt werden.

Vx-LiSA-ÖPNV-Module wurden im Rahmen des o.a. FuE-Projekts für die Programmiersprachen „C“ (Signalbau Huber) und „TL“ (Siemens) entwickelt.

## 3.5 Funktionsweise

Die Funktionsweise und die einzelnen Systemmerkmale lassen sich mit Hilfe von Bild 13, das die Zufahrt eines Busses auf eine LSA-Knoten zeigt, sehr anschaulich beschreiben.

Im Einzelnen sind dies:

### Meldepunkte MP

Meldepunkte wie z.B. An- und Abmeldepunkte werden mit Hilfe von Standortkoordinaten

dinaten beschrieben und können somit an jedem Punkt der Erde festgelegt werden. Folglich ist Vx-LiSA landesweit, bundesweit oder gar weltweit/grenzüberschreitend einsetzbar.

Referenzpunkte und Wegzähler sind nicht erforderlich! Dies gilt auch für die Anbindung der Meldepunkte an Buslinien. Jedem Meldepunkt werden Aktionen und Parameter zugewiesen. Bei der LSA-Beeinflussung (Aktion) sind dies u.a. Kreuzungsadresse, Ein-/Ausfahrt, Sendefrequenz und -leistung, verwendetes Telegrammprotokoll (z.B. R09.14), usw.

Bedingt durch den alleinigen Bezug auf Standortkoordinaten kann jeder LSA-Knoten für sich definiert und die dazugehörigen Parameter allen in Frage kommenden Busbetreibern, Feuerwehren, Rettungsdiensten usw. zur Verfügung gestellt werden – ein sehr wichtiger Punkt in Bezug auf die Einsatzmöglichkeiten. Denn das bedeutet auch, dass z.B. Fahrzeuge in verschiedenen Städten die dort verwendeten Funkfrequenzen und Telegrammprotokolle verwenden können.

#### Fahrzeitermittlung

Die Ermittlung der Fahrzeit erfolgt, wie in Teil I der Publikation bereits ausführlich dargelegt, unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation im Fahrzeug. Anschließend wird sie per Funktelegramm als IST-Wert an die LSA-Steuerung übertragen. Ändert sich, bedingt durch die Verkehrssituation, die berechnete Fahrzeit, wird sie als „korrigierte Fahrzeit“ erneut an die LSA-Anlage übertragen.

#### Bus-Haltestelle

Der Bordrechner erkennt, ob das Fahrzeug an einer Bus-Haltestelle anhält oder nicht. Bei einem Anhalten sendet er eine „HS-Meldung“ (nicht „Tür auf“!) an die LSA-Steuerung. Nach der Weiterfahrt ermittelt der Bordrechner erneut die Fahrzeit und sendet ein Fahrzeitkorrektur-Telegramm (nicht „Tür zu“!). Optional kann das Kriterium „Tür auf/zu“ zusätzlich übertragen werden.

#### Anhalten – z.B. in einem Stau

Nach einem Anhalten auf offener Strecke wird eine Meldung generiert und per Funktelegramm an die LSA-Steuerung übertragen. Bei erneuter Fahrtaufnahme wird abermals die Fahrzeit ermittelt und ein Fahrzeitkorrektur-Telegramm übertragen.

*Beispiel:*

#### **Bauhaus Einfahrt: Verkehrsverdichtung und Stau (Nachweisstrecke)**

An dieser Stelle erfolgte regelmäßig eine Verkehrsverdichtung, die

an bestimmten Tageszeiten zu Staus und/oder stockendem Verkehr führte. Entsprechend verlängerte sich jedes Mal die Fahrzeit. Dies erkannte der Bordrechner automatisch und übertrug bei einer Fahrzeitverlängerung ein Fahrzeitkorrektur-Telegramm, und bei einem Stau eine „Staumeldung“ an die LSA-Steuerung.

#### Änderung der Fahrzeit

Durch die laufende Überprüfung und Ermittlung der Fahrzeit erkennt der Bordrechner, ob die am Anmeldepunkt übertragene Fahrzeit eingehalten wird. Ist dies der Fall, erfolgt keine weitere Telegrammübertragung. Über- oder unterschreitet die Fahrzeit einen definierten „Fahrzeitbereich“, erfolgt eine Fahrzeitkorrektur, die mit Hilfe des Fahrzeitkorrektur-Telegramms übertragen wird.

*Beispiel:*

#### **Bauarbeiten/Brückenschäden: Schritttempo (Nachweisstrecke)**

Ab diesem Schild musste das Fahrzeug mit Schritttempo über die gesamte Baustelle fahren. Dadurch verlängerte sich jedes Mal die Fahrzeit. Dies erkannte der Bordrechner automatisch und übertrug sowohl bei der Verlangsamung der Fahrt (vor der Baustelle) als auch nach der Erhöhung der Geschwindigkeit (hinter der Baustelle) ein Fahrzeitkorrektur-Telegramm an die LSA-Steuerung.

### 3.6 Entwicklung, Nachweis und Erprobung

Vx-LiSA wurde in Flensburg im Rahmen eines FuE-Programms entwickelt.

Für Tests, Funktionsnachweis und Erprobung wurden von der Stadt Flensburg zwei Knotenpunkte mit LSA-Anlagen von Signalbau Huber und Siemens zur Verfügung gestellt. Funktionsnachweis und Erprobung erfolgten vor allem im Linienbetrieb und können als sehr erfolgreich betrachtet werden. Denn während der dokumentierten Erprobung wurde im Linienbetrieb die LSA-Beeinflussung bei 212 Zufahrten in 96,2 % aller Zufahrten nachweislich korrekt ausgeführt.

An der Entwicklung von Vx-LiSA waren maßgeblich beteiligt:

- Ingenieurbüro  
Dipl.-Ing. Hans Protschka,  
Fahrensodde 20, 24944 Flensburg,  
ib.protschka@t-online.de,  
www.ib-protschka.de  
Planung, Systementwicklung, Projektie-  
rung, Patentanmeldung.

- Winvertel GmbH,  
Untere Parkstraße 69, 85540 Haar  
Geschäftsführer: Eduard Wittmann,  
eduardwittmann@aol.com  
Entwicklung des Fahrzeugbordrechners  
FBR und Funkrechners KSR für die LSA-  
Anlage. FBR und KSR waren Basis und  
Bestandteil der Systementwicklung.
- Signalbau Huber, Niederlassung Kiel, mit  
dem Vx-LiSA-ÖPNV-Modul in „C“  
Siemens (Hamburg), mit dem Vx-LiSA-  
ÖPNV-Modul in „TL“  
Entwicklung des ÖPNV-Steuermoduls in  
der jeweiligen Programmiersprache und  
der dynamischen Phasensteuerung im  
Rahmen einer Beauftragung durch die  
Stadt Flensburg.
- AFAG und AKTIV BUS  
Die beiden für den Stadtverkehr Flens-  
burg fahrenden Unternehmen AFAG und  
AKTIV BUS stellten ihre Fahrzeuge zu  
Test-, Nachweis- und Erprobungszwe-  
cken zur Verfügung. Die Zusammenarbeit  
und Unterstützung war sehr lobenswert.

### 3.7 Systemerweiterung Vx-VÜS

Aufgrund der Tatsache, dass LSA-Beeinflussungssysteme nach Vx-LiSA sowohl Fahrzeitdaten als auch Verkehrsflussdaten in den Fahrzeugen ermitteln und der Bordrechner die Daten dann per Funktelegramm an die Steuerung der LSA-Anlagen überträgt, kann ein Vx-LiSA-Beeinflussungssystem als Basis bzw. als Datenlieferant für ein flächenübergreifendes und verkehrsabhängiges Verkehrsüberwachungs- und Verkehrssteuerungssystem (Vx-VÜS) eingesetzt werden, das mit realen, echtzeit- und verkehrssituationsbezogenen Fahrzeit- und Verkehrsflussdaten arbeitet (Bild 14). Das bedeutet:

- Vx-LiSA kann als Datenquelle für Verkehrsinformationen über den "fließenden Verkehr" und über den aktuellen Verkehrsfluss herangezogen werden.
- Beim Anschluss der LSA-Anlage an einen Verkehrsrechner (VRe) können die Vx-LiSA-Daten an diesen weitergeleitet und das Ganze zu einem verkehrsabhängigen und somit dynamisch arbeitenden Verkehrsüberwachungs- und Verkehrssteuerungssystem (Vx-VÜS) erweitert werden.

### 3.8 Patentsituation

Vx-LiSA und Vx-VÜS wurden vom Ing.-Büro Hans Protschka zum Patent angemeldet.

Vx-LiSA ist ein eingetragener Markenname Vx-LiSA®.