# Schlussbericht BMBF-Leitprojekt

# **MOBINET**



Version: 1-2

Ausgabedatum: 30.12.2003

Status: Auslieferung

Datei: MO\_Endbericht-BMBF-GEVAS\_v1-2.doc

#### Erstellt durch

GEVAS software Systementwicklung und Verkehrstechnik GmbH Leuchtenbergring 20, 81677 München, Tel. 089 / 255597 –0, www.gevas.de

#### Autoren:

Herwig Wulffius, Dr. Joachim Mertz Thilo Schön, Michael Ganser

# 0. ALLGEMEIN

# 0.1 Verteiler

Organisation	Name	Email	Vermerk
BMBF	-	-	
TIB	Hannover	tib.uni-hannover.de	
GEVAS	Herwig Wulffius	herwig.wulffius@gevas.de	
GEVAS	Dr. Joachim Mertz	joachim.mertz@gevas.de	
GEVAS	Thilo Schön	thilo.schoen@gevas.de	
GEVAS	Michael Ganser	michael.ganser@gevas.de	

# 0.2 Freigabe

geprüft und freigegeben	Herwig Wulffius	
Datum	30.12.2003	

# 0.3 Änderungsübersicht

Version	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
1-0	01.12.03	J. Mertz	Erstellung
1-1	29.12.03	J. Mertz, H. Wulffius	Überarbeitung
1-2	30.12.03	J. Mertz, H. Wulffius	Schlussfassung

GEVAS software GmbH Seite 2 / 52

# 0.4 Inhalt

0.	Αllǫ	gemei	n		2
	0.5	Abbild	dungen		5
1	Üha	orciob			4
Ι.	UDG	ersicn	ι		0
2.	Allç	gemei	nes unc	d Vorbemerkungen	7
2	MO	RINFI	R∙ Ont	imierung im Hauptstrassennetz	Ω
Ο.				ktur	
	0.1	,		eines	
			_	gslagegslage	
			_	erungen an die Systemarchitektur	
				konzept und Spezifikation	
				Lösungsdesign	
				Kommunikationsarchitektur	
		3.1.5	Entwick	clung und Umsetzung	16
			3.1.5.1	Taktische Datenbank	16
			3.1.5.2	Kommunikationskomponente KomK	17
			3.1.5.3	Umsetzung von SAM-Strategien	18
			3.1.5.4	Umsetzung der MOBINET-Zentralen	20
			3.1.5.5	Einbindung externer Systeme	20
				Schnittstelle zu den ZBR-Detektoren	21
				Schnittstelle zum ZBR zur Umsetzung von LSA- Programmschaltbefehlen	23
				Schnittstelle zum RBL	24
			3.1.5.6	Anwender-Schnittstellen	25
	3.2	Quart	ier-Steue	erung	26
		3.2.1	Allgeme	eines	26
		3.2.2	Ausgan	gslage	26
		3.2.3	Anforde	erungen	27
		3.2.4	Konzep	tion und Entwicklung	29
			3.2.4.1	Übersicht	29
			3.2.4.2	Rahmensteuerung BALANCE	31
			3.2.4.3	EON	33
			3 2 4 1	SEC/SAW	35

			3.2.4.5	QuartierView	36
			3.2.4.6	Externe Schnittstellen	36
		3.2.5	Umsetz	ung und Implementierung	37
			3.2.5.1	Demonstrationsfeld Haidhausen	37
			3.2.5.2	Implementierung im VnetS	38
			3.2.5.3	Simulation EON	4C
			3.2.5.4	Infrastruktur-Maßnahmen	41
			3.2.5.5	Umsetzungshemmnisse	42
4.	МО	BINET	E, Date	enverbund mit MOBINET-Zentrale	43
	4.1	Allger	neines		43
	4.2	Multir	modales	Strategiemodul	43
		4.2.1	Anforde	erungen	43
		4.2.2	Konzep	tion und Entwicklung	44
5.	Zus	amme	enfassu	ıng	46
	5.1	Zusan	nmenfass	sung der Aktivitäten von GEVAS software	46
	5.2	Bewer	rtung, Fo	olgerungen und Ausblick	50
		5.2.1	Systema	architektur	50
		5.2.2	Quartie	r-Steuerung	51
		5.2.3	MOBINE	ET-E	52

# 0.5 Abbildungen

Abbildung 1: Referenzmodell MOBINET	12
Abbildung 2: Systemarchitektur MOBINET B und Übergang zu MOBINET E	13
Abbildung 3: Systemarchitektur VnetS / KomK	15
Abbildung 4: Weitergabe und Auflösung von Strategien	19
Abbildung 5: Schema Systemarchitektur KomR-ZBR	22
Abbildung 6: Systemübersicht KomR-ZBR	24
Abbildung 7: Erweiterung der RBL-Anbindung im Rahmen von MOBINE	T25
Abbildung 8: Skizze der Systemarchitektur der Quartiersteuerung	30
Abbildung 9: Zwei-Ebenen-Konzept von BALANCE	32
Abbildung 10:Aufbau Verkehrsmodell	34
Abbildung 11: Darstellung des mIV in der Oberfläche QuartierView	36
Abbildung 12: Netzumgriff Quartiersteuerung	37
Abbildung 13: Systemübersicht Quartiersteuerung	39
Abbildung 14: Simulation (rechts) mit Ausgaben des EON-Verkehrsmodells	(links)40
Abbildung 15: Übersicht Multimodales Strategiemodul	44
Abbildung 16: Oberfläche Strategiemodul	45
0.6 Tabellen	
Tabelle 1: Aktivitäten von GEVAS software im Rahmen von MOBINET	49

GEVAS software GmbH Seite 5 / 52

# 1. ÜBERSICHT

Kapitel 0	enthält das Inhalts-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis, die verwendeten Begriffe und Abkürzungen, eine Änderungsübersicht und den Verteiler.
Kapitel 1	enthält diese Übersicht
Kapitel 2	enthält eine kurzen Überblick über die Inhalte des Endberichts
Kapitel 3	enthält die Beschreibung der Aktivitäten von GEVAS software im Arbeitsbereich B Optimierung im Hauptstraßennetz
Kapitel 4	enthält die Beschreibung der Aktivitäten von GEVAS software im Arbeitsbereich E Zentrale mit Datenverbund
Kapitel 5	enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und der Beteiligung von GEVAS software an den einzelnen Projektphasen

GEVAS software GmbH Seite 6 / 52

# 2. ALLGEMEINES UND VORBEMERKUNGEN

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Zusammenfassung der Aktivitäten von GEVAS software – Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH, kurz GEVAS software, im Rahmen des BMBF-Leitprojektes MOBINET.

Der Hauptteil dieses Berichts ist das Kapitel 3, die inhaltliche Beschreibung der Arbeiten im MOBINET Arbeitsbereich B "Optimierung im Hauptstraßennetz". Der Schwerpunkt darin lag im Bereich der MOBINET-Systemarchitektur, bei der GEVAS software über alle Phasen des Projektes maßgebliche Beiträge geleistet hat. Hierzu gehören vor allem die Konzeption der Gesamtarchitektur, der Entwurf, die Entwicklung und die Inbetriebnahme der für den Datenverbund notwendigen Kommunikationskomponente KomK, die Umsetzung von Schnittstellen zu externen und zu Bestands-Systemen sowie die Erstellung von Versorgungsschnittstellen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Projektaktivitäten liegt auf dem Demonstrator Quartier-Steuerung, bei dem GEVAS software die Projektleitung inne hatte und bei dem auch der größte Teil der Projektressourcen konzentriert waren. Da das Grundsystem des Demonstrators Quartier-Steuerung auch für alle anderen, städtischen Demonstratoren verwendet worden ist, hat GEVAS software die Einrichtung und Inbetriebnahme von allen VnetS-Grundsystemen geleistet. Die wesentlichen Arbeitsschritte waren beim Demonstrator Quartier-Steuerung die Konzeption, Entwicklung, Implementierung und Verifikation des Systems, die Konzeption des Demonstrators, die verkehrstechnische Planungsarbeiten für die Versorgung der Netzsteuerung und natürlich die Projektleitung für den Demonstrator.

Das Kapitel 4 beinhaltet die geleisteten Arbeiten im Bereich MOBINET-E, MOBINET-Zentrale mit Datenverbund ', bei dem GEVAS software einen verhältnismäßig kleinen Anteil an den Projektressourcen hatte, so dass die Aktivitäten im Vergleich zum Bereich B insgesamt deutlich geringer ausgefallen sind. Mit der Erstellung des Strategiemoduls der MOBINET-Zentrale und der Anbindung des strategischen, städtischen Systems wurde jedoch auch hier ein wichtiger Beitrag zum Gesamtprojekt geleistet.

GEVAS software GmbH Seite 7 / 52

# 3. MOBINET B: OPTIMIERUNG IM HAUPTSTRASSENNETZ

# 3.1 Systemarchitektur

#### 3.1.1 Allgemeines

Der Aufbau einer modularen und offenen Systemarchitektur wurde von den an MOBINET-B beteiligten Partnern als grundlegende Voraussetzung für den Aufbau eines netzübergreifenden Verkehrsmanagements erkannt. Aus diesem Grund wurde mit Projektstart unter der Leitung von GEVAS software eine eigene Arbeitsgruppe "Systemarchitektur und Anwenderschnittstellen" (kurz: AG Systemarchitektur) ins Leben gerufen, um die Aktivitäten im Bereich der Systemarchitektur zu koordinieren. Schwerpunkt der Arbeitsgruppe war vor allem die Konzeption und Spezifikation des gesamten, innerhalb des Leitprojektes aufzubauenden Systems.

Insgesamt gliederten sich die Arbeiten im Bereich der Systemarchitektur in folgende Projektphasen, auf die in den folgenden Kapiteln eingegangen wird:

- Analyse des Status Quo
- Ermittlung der Anforderungen
- Konzeption und Spezifikation
- Entwicklung und Umsetzung

# 3.1.2 Ausgangslage

Bislang konzentrierten sich Forschung und Entwicklung im Wesentlichen auf die Optimierung von einzelnen Verkehrsanlagen. Dem Zusammenhang des Verkehrsnetzes und den damit verbundenen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Abschnitten und Anlagen im Netz wurde lediglich in statischen Ansätzen Rechnung getragen, die jeweils dann ihre Wirksamkeit verlieren, wenn sich entweder die Muster der Verkehrsnachfrage oder die verkehrspolitischen sowie die strategischen Vorgaben ändern. Es gab also ein Defizit hinsichtlich geeigneter strategischer und adaptiver Steuerungsverfahren.

Voraussetzung für die Einführung netzweiter Verfahren zur Steuerung, Modellierung und Analyse des Verkehrs ist eine Systemarchitektur, die eine Zusammenführung der Informationen verschiedener Datenquellen sowie umgekehrt die Verteilung an verschiedene Datensenken zuläßt. Dies war vor MOBINET in München nicht gegeben, obwohl – wie in vielen Großstädten - bereits umfangreiche Investitionen in verkehrstechnische Infrastruktur seit Jahrzehnten getätigt worden waren.

Ein Beispiel hierfür sind verkehrsabhängige LSA<sup>1</sup>-Knotenpunktsteuerungen, für die schon eine Vielzahl von Detektoren vorhanden waren, deren Messwerte aber ausschließlich für

GEVAS software GmbH Seite 8 / 52

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> LSA = Lichtsignalanlage

die jeweiligen lokalen Steuerungen verfügbar waren. Umgekehrt waren die LSA von außen nur für Programmwechselanwahl beeinflußbar, so dass sie nicht wirksam als Aktoren in ein netzweites Gesamtkonzept eingebunden werden konnten. Ähnliches galt für andere Systeme wie z.B. das Rechnergestützte Betriebsleitsystem RBL der Verkehrsbetriebe München, der Zentrale Bedienrechner ZBR der Landeshauptstadt München (LHM), oder auch das Funktionsüberwachungs- und Analyse-System FAS der LHM, das umfangreiche Daten über die Zustände der LSA im Netz sammelt und die Qualitätsanalyse für die ÖPNV-Beschleunigung durchführt. Alle diese Systeme verwalteten ihre Daten lokal und es bestand mangels einer geeigneten Schnittstelle keine Möglichkeit, dass sie durch andere Verfahren oder Systeme genutzt werden konnten.

Die technischen Voraussetzungen für eine übergreifende Überwachung und Steuerung des Verkehrssystems waren also in keiner Weise gegeben. Zusätzlich bestanden auch keine Möglichkeiten, bei der Datenübertragung institutionelle Grenzen beim Übergang zwischen dem städtischen Netz der LHM und dem regionalen Netz des Freistaats Bayern zu überwinden.

Aus technischer Sicht verhinderten bisher verschiedene Ursachen, speziell auch in den bisher realisierten Systemarchitekturen, die Entwicklung und den Einsatz eines durchgängigen Steuerungsansatzes für eine übergreifende, sich auf die aktuelle Verkehrssituation im Netz einstellende Steuerung z.B. zur Umsetzung strategischer, verkehrs- und umweltpolitischer Zielsetzungen.

Insbesondere wurden in der Vergangenheit häufig zentrale, streng hierarchische Architekturen favorisiert. Erfahrungen aus der Softwareentwicklung der letzten Jahre zeigen jedoch, dass verteilte Intelligenz der Komplexität des Verkehrs in seinen Einzelheiten besser gerecht werden kann. Gegen einen zentralen Ansatz sprechen weiterhin die Störanfälligkeit eines zentralen Systems, der Aufwand, alle relevanten Daten an eine Stelle zu übertragen sowie eine mangelnde Modularität, die bewirkt, dass jede räumliche oder inhaltliche Erweiterung des Systems ein Re-Design des Gesamtverfahrens verursacht. Speziell ist auch das Zusammenwirken von Stadt und Land bzw. eine Zuständigkeitsbereiche überspannende Steuerung mit einer streng zentral und hierarchisch gegliederten Architektur nicht möglich. Dies ist aber aufgrund der wachsenden Verkehrsprobleme zwingend erforderlich.

Vor MOBINET stützte sich die Steuerung des Verkehrs innerhalb des Münchener Stadtgebiets vor allem auf lokale LSA-Steuerungen. Die Lichtsignalanlagen waren dabei auf Gebiete aufgeteilt, die jeweils durch eine Zentrale kontrolliert wurden. Die Zentralen waren ihrerseits durch jeweils mit dem Zentralen Bedienrechner (ZBR) verbunden. Insgesamt stellten die Zentralen nur einfache Funktionen zur Steuerung und Überwachung bereit, z.B. die abfrage des Systemzustands der LSA oder manuelle bzw. zeitgesteuerte Signalprogramm-Umschaltungen.

Zur Kommunikation der Zentralen mit den LSA waren Modems installiert, die nur eine sehr geringe Übertragungsrate aufwiesen, die jedoch für die einfachen Funktionen der Zentralen ausreichten. Für die Übertragung von Detektor-Messwerten oder anderen notwendigen Informationen für höherwertige Funktionen (Verkehrsmodellierung, Netzsteuerung etc.) reichten die Übertragungskapazitäten jedoch bei Weitem nicht aus. Weiterhin waren die Geräte in keiner Weise funktionell erweiterbar.

Das vor MOBINET errichtete Verkehrssteuerungssystem war so als typisch für den aktuellen Stand der Systemtechnik in Deutschland anzusehen mit Ausnahme der sogenannten Durchgängigen Versorgungskette vom Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz bis zum LSA-Steuergerät, wo die LHM bereits seit Jahren Vorreiter einer Entwicklung ist, die heute unter dem Namen OCIT-Initiative bekannt geworden ist.

Aus den oben genannten Gründen wurde von der LHM bereits vor MOBINET im durch den Wegzug des alten Flughafens entstandenen Stadtteil Riem, rund um die neue Münchener

GEVAS software GmbH Seite 9 / 52

Messe, ein neues verkehrstechnisches Konzept verfolgt, das VnetS (Verkehrsnetz-Steuerungssystem [1]). Ein VnetS ist dabei ein modernes Client-Server-System mit einem Datenbankserver, einem Kommunikationsrechner zur Anbindung der LSA und einem oder mehreren Applikationsrechnern, die alle mit Standard-Technologie ausgerüstet sind (Industrie-PC's, Ethernet-LAN, Standardbetriebssystem ...). Dieses Konzept wurde in MOBINET beibehalten bzw. erweitert und stellt auch die Basis der neuen Systemarchitektur dar.

## 3.1.3 Anforderungen an die Systemarchitektur

Im MOBINET-Projekt sollte eine Systemarchitektur entworfen und umgesetzt werden, welche die oben genannten Probleme der nur rudimentär vorhandenen Systemintegration löst. Gefordert waren dabei "innovative Datenerfassung und Datenverwaltung, um die auf online Informationen basierenden Steuerungsmodule mit konsistenten Daten zu versorgen". Für die AG Systemarchitektur wurde das Ziel eines Gesamtsystems definiert, welches konsistent, modular aufgebaut, einheitlich bedienbar und einfach wartbar sein soll.

Im Einzelnen wurden folgende zu erfüllende Randbedingungen genannt:

- Modularität der neu zu schaffenden Zentralen: Die verschiedenen für MOBINET zu installierenden Teilnetz-Zentralen (VnetS, Verkehrsnetz-Steuerungssystem) sowie der Verkehrszentralen von Stadt und Land sollten modular aufgebaut sein und eine einheitliche Struktur besitzen.
- Kommunikation der Zentralen:
   Die Zentralen sollten in der Lage sein, untereinander zu kommunizieren und flexibel beliebige Informationen austauschen können.
- Kontinuität des LSA-Basissystems in den VnetS-Zentralen:
   Die Systemarchitektur sollte bzgl. der LSA-Steuerung auf dem Konzept der VnetS-Zentralen vor MOBINET aufbauen und dieses als Basissystem integrieren. Veränderungen des Basissystems sollten vermieden werden und das Basissystem sollte weiterhin grundlegende Funktionen zur Steuerung er angeschlossenen LSA bereitstellen.
- Einbindung von Bestandssystemen:
  Bestehende Systeme sollten so gut wie möglich in die neue Systemarchitektur integriert
  werden. Hierzu gehören das Rechnergestützte Betriebsleitsystem RBL der Verkehrsbetriebe München (Ermittlung von Floating-Car-Data und fahrzeugbezogenen Daten), der
  Zentrale Bedienrechner ZBR (Detektormesswerte und LSA-Zustände) und das technische
  Monitor-System FAS der LHM (LSA-Zustände, Betriebsparameter der ÖPNVBeschleunigung).
- Einbindung von externen Systemen:
  Als externe Systeme sollten die Verkehrsrechner-Zentrale des Freistaats Bayern sowie die Steuerung des neu errichteten Petuel-Tunnels in das MOBINET-System integriert werden. Dies beinhaltet die Kommunikation von Verkehrsdaten, Zustandsdaten und Steuerungsanweisungen. Weiterhin sollte das Umweltmodul der Referats für Gesundheit und Umwelt mit aktuellen Verkehrsdaten zur Emissionsberechnung versorgt werden.
- Ansteuerung neuartiger Informationstafeln

Das neue Verkehrssteuerungssystem sollte in der Lage sein, jederzeit neuartige Informationstafeln anzusteuern, wie sie für die Demonstratoren Ringlnfo, Sektorsteuerung West und ursprünglich auch Quartier-Steuerung vorgesehen waren.

GEVAS software GmbH Seite 10 / 52

- Einheitliche Kartengrundlage: Für alle Demonstratoren im Arbeitsbereich B wurde festgelegt, dass eine einheitliche digitale Karte verwendet wird.
- Verkehrliche Sicherheit der Strategien und Subsidiarität: Eine übergeordnete Hierarchieebene sollte von Implementierungs-Details der jeweils darunter liegenden Ebene abgeschirmt sein. Beispielsweise sollte die Strategische Steuerung SAM in der MOBINET-Zentrale Strategien manuell in den Teilnetzzentralen VnetS schalten können, ohne sich im Einzelnen um die Umsetzung der Maßnahmen kümmern zu müssen.

Zu diesen allgemeinen Forderungen kamen detailliertere Anforderungen, die im Rahmen der MOBINET-Arbeitsgruppe, *Kommunikation und Schnittstellen* erarbeitet wurden. Hierzu zählen insbesondere

- Datensicherheit: Welche Daten dürfen in welchem Umfang von wem verwendet bzw. verändert werden, wo sind Firewalls einzusetzen, wie sind die Zugriffe zu gestalten etc., um die teilweise sensiblen städtischen Daten zu schützen. Hier wurden insbesondere Vorgaben des städtischen Amtes für Informations- und Datenverarbeitung (AfID) umgesetzt.
- Detaillierte Festlegung der logischen und physikalischen Kommunikationsbeziehungen, der voraussichtlichen Datenmengen und der Zugriffszeiten.
- Festlegung der Übertragungsprotokolle und Schnittstellen für die einzelnen Kommunikationsschichten des Systems.

# 3.1.4 Systemkonzept und Spezifikation

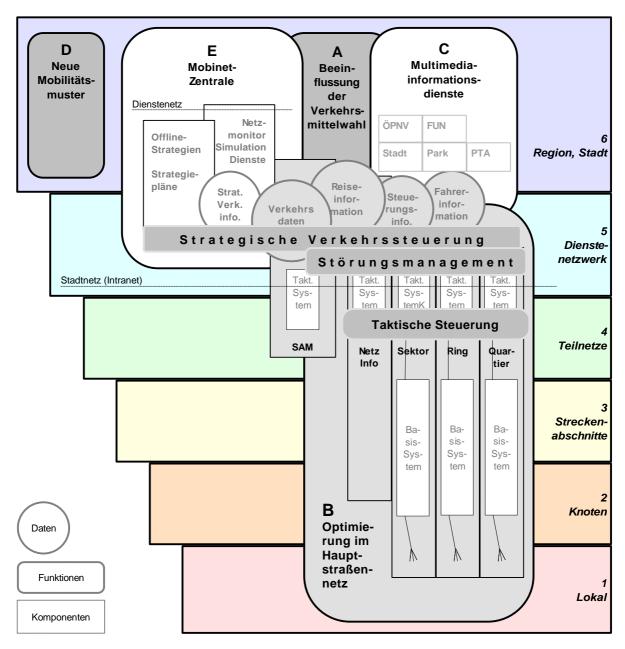
#### 3.1.4.1 Lösungsdesign

Während der Konzeptionsphase wurde festgelegt, dass die neue Systemarchitektur als Client-Server-System verteilt und hierarchisch aufgebaut werden sollte. Die verkehrstechnische Intelligenz sollte dabei so nah wie möglich an das Verkehrsgeschehen herangeführt werden. Die einzelnen Funktionen des Systems wurden dazu in verschiedene Ebenen eingeteilt. Jede Komponente innerhalb dieser Ebenen stellt Dienste und Funktionen für Komponenten der gleichen oder der übergeordneten Ebenen zur Verfügung (Server) und nutzt seinerseits Funktionen von untergeordneten Ebenen (Client).

Das unten abgebildete grafische Referenzmodell enthält eine Übersicht über die verschiedenen Ebenen der Systemarchitektur. Informationsflüsse sind durch sich überlappende Elemente repräsentiert. Das Referenzmodell zeigt auch die Einordnung der Architektur von MOBINET B und seiner Demonstratoren in das Gesamtprojekt. Es diente damit als Ausgangspunkt für die weiteren Architekturüberlegungen.

Wie aus der Grafik ersichtlich ist, erstreckt sich der Wirkungsbereich von MOBINET-B über die Schicht 1 (lokale Sensoren und Aktoren), 2 (Knotenpunkte mit/ohne LSA, Teilstrecken), 3 (Strecken, WWW, Modellierung), 4 (Teilnetze, Gebiets-Zentralen, Netz-Steuerungen ...) bis hin zu den übergeordneten Systemschichten 4 (Dienste) und 5 (Stadt-Land-Kopplung).

GEVAS software GmbH Seite 11 / 52



**Abbildung 1: Referenzmodell MOBINET** 

#### 3.1.4.2 Kommunikationsarchitektur

Die nachstehende Grafik zeigt den Entwurf der physikalischen und der Kommunikationsarchitektur speziell aus Sicht des Arbeitsbereichs B. Die in MOBINET neu hinzugekommenen Komponenten und Schnittstellen sind farbig dargestellt. Bestandssysteme bzw. nicht im Rahmen von MOBINET erstellte Komponenten und Schnittstellen sind grau dargestellt.

GEVAS software GmbH Seite 12 / 52

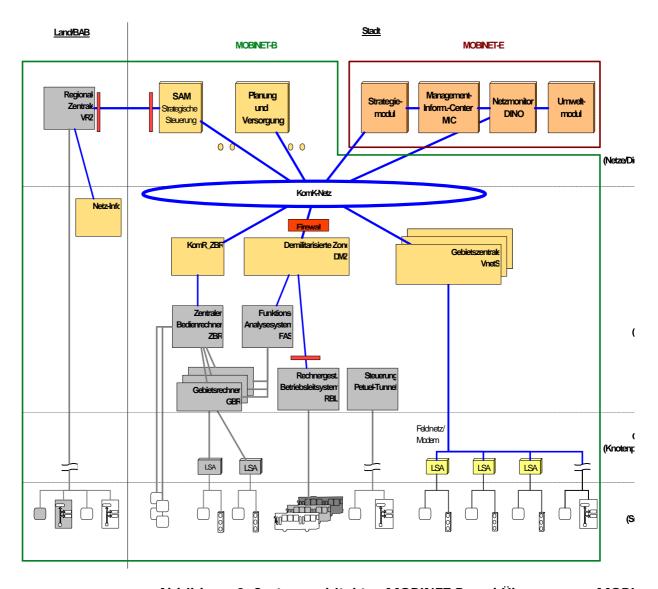


Abbildung 2: Systemarchitektur MOBINET B und Übergang zu MOBI

GEVAS software GmbH Seite 13 / 52

Neben verschiedenen Schnittstellen zu externen Systemen und zum Be standssystem wurde als neuer Ansatz in der Systemarchitektur die so genannte **Kommunikationskomponente** (KomK) eingeführt, welche als Mittelschicht (middleware) eine einheitliche Schnittstelle b ereitstellt zur

- Kommunikation: Jede Komponente im System kann mi t jeder anderen Komponente b eliebige Daten austauschen
- Persistenz: Alle kommunizierten Daten werden auch dauerhaft gespeichert, so dass sie auch zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen werden können.

Die Persistenz wird physikalisch dadurch realisiert, dass in jeder Zentrale (dies sind die innerhalb des Leitprojektes installierte MOBINET-Zentrale sowie drei Teilnetzzentralen VnetS) jeweils eine so genannte Taktische Datenbank (DB  $_{Tak}$ ) implementiert wurde, die diese Daten dauerhaft archiviert. Die Kommunikation skomponente KomK bildet also zusammen mit der zugehörigen DB $_{Tak}$  eine gegenüber dem bisherigen Steuerungssystem neue Kommunikat ionsschicht. Die KomK ist einheitlich im gesamten System und stellt damit eine universelle Schnittstelle dar.

Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen ist der in der nachfolgenden Zeichnung sichtbare Architektur-Entwurf, der die Kommunikationskomponente eingebettet in ein MOBINET-VnetS zeigt.

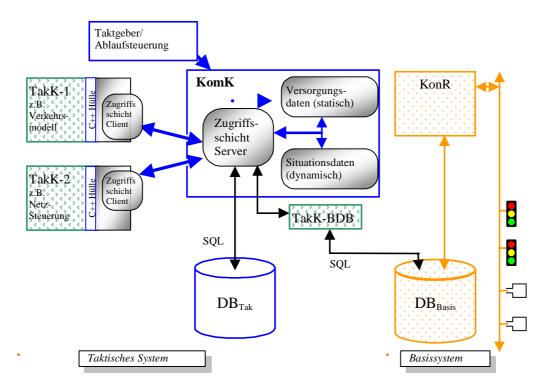


Abbildung 3: Systemarchitektur VnetS / KomK

Die Zeichnung konzentriert sich auf die KomK, so dass die umliegenden Komponenten zum Teil vereinfacht dargestellt sind. Eingebettet ist die oben dargestellte VnetS -Architektur in den größeren Zusammenhang der Architektur von MOBINET B und E, wie sie in der obigen Abbildung 2 gezeigt wird.

GFVAS software GmbH Saite 15 / 52

Die Architektur, die in den beiden vorangegangenen Abbildungen dargestellt wurde , beruht auf folgenden grundsätzlichen Überlegungen zur Kommunikation und Datenhaltung innerhalb einer Zentrale:

- 1. Die Unabhängigkeit des Basissystems vom Taktischen System muss gewährleistet sein. Das Basissystem beinhaltet autonom arbeitende Funktionalitäten zur Kommunikation, Überwachung und Kontrolle der Feldgeräte im zugehörigen Gebiet (z.B. Detektoren, LSA, WWW, .). Es besitzt dazu eine eigene Datenbank DB Basis. Durch das autonom arbeitende Basissystem ist sichergestellt, dass Ausfälle im taktischen System keine Störungen bei den Feldgeräten und bei der grundlegenden Überwachungsfunktion verursachen können.
- 2. Das Taktische System besitzt eine Datenbank DB <sub>Tak</sub> mit einer generischen d.h. flexiblen und anpassungsfähigen Struktur (siehe Kapitel Taktische Datenbank). Darin werden alle Daten gehalten, die für das Taktische System von Bedeutung sind. Dies umfaßt sowohl Versorgungsdaten mit Netzinformationen als auch dynamische Daten wie Messwerte, berechnete Verkehrsdaten, Steuerungsbefehle oder Statusmeldungen. Die DB <sub>Tak</sub> ist so flexibel angelegt, dass sie beliebige, für die Verkehrssteuerung relevante Daten spe ichern kann, ohne in ihrer Struktur verändert we rden zu müssen.
- 3. Der Zugriff auf die DB<sub>Tak</sub> erfolgt allein über die Kommunikationskomponente KomK. Zugriff auf die DB<sub>Basis</sub> haben Komponenten des Basissystems und die KomK. Dies gil t sowohl innerhalb eines VnetS als auch nach außen für andere Systeme im Stadtnetz. Die verkehrstechnischen Applikationen innerhalb des Stadtnetzes brauchen sich deshalb nicht mehr darum zu kümmern, wo die von ihnen benötigten Informationen physik alisch gespeichert sind.
- 4. Die Funktionen der KomK -Schnittstelle umfassen das Abholen und Anliefern von Versorgungsdaten und dynamischen (Situations-)Daten, wobei eine Auswahl der gewünschten Daten nach verschiedenen Kriterien getroffen werden kann. Die KomK übernimmt Datenbankzugriffe, Weiterleitung von Anfragen an andere VnetS und die Pufferung der Daten für performantere Zugriffe.
- 5. Die Verkehrsmodellierung, -optimierung und -steuerung der Demonstratoren findet in den Taktischen Komponenten TakK statt. Diese kommuniz ieren ausschließlich über die KomK. Das gleiche gilt für Visualisierungskomp onenten.

## 3.1.5 Entwicklung und Umsetzung

#### 3.1.5.1 Taktische Datenbank

Zu Beginn des Projektes stellte sich die Anforderung, eine Datenbank bereitzustellen, die als zentrale Anlaufstelle und Date nablage für eine Vielzahl von Einzelkomponenten (Date naufbereitung, Steuerung, Visualisierung, Versorgung) dienen kann, die sich praktisch alle selber noch in der Entwicklung oder sogar erst im Planungsstadium befinden und die eine große Anzahl unterschied licher Daten mit unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Au flösung bereitstellen und ben ötigen.

Nach dem klassischen Ansatz des Datenbank -Entwurfs würde für jede Gruppe von Daten eine eigene Tabelle in der Datenbank definiert werden, mit speziellen Fel dern und eigenen, im Programmcode oder in Datenbankprozeduren definierten Zugriffsmechanismen. Jede (zukünftige) Änderung der benötigten Datenarten in einem der auf die Datenbank zugre ifenden Programme macht dann eine Änderung der Datenbank erforderlich, d eren Auswir-

CFVAS coftware CmbH Saite 16 / 52

kungen auf die anderen Bestandteile des Programmsystems wiederum überprüft werden müssen. Weiterhin kann die Anzeige historischer Daten durch inzwischen erfolgte Date n-bankänderungen verhindert oder zumindest erschwert werden.

Aus diesen Gründen wurde in MOBINET eine neue Strategie verfolgt, die eine sehr einfach strukturierte und universell verwendbare Datenbank beinhaltet, die gegenüber inhaltlichen Änderungen weitgehend offen ist.

In den Datenbanktabellen ist dabei nur noch die elementare Struk tur der Daten abgebildet. Es gibt Kanten (auf denen die Karte basiert), sonstige Versorgungselemente aller Art, Versorgungsdaten und Situationsdaten (aktuelle Daten, Messwerte, berechnete und Steuerungsdaten). Diese vier elementaren Tabellen werden ergänzt durch Subtabellen für zusammengehörige Daten, Beziehungstabellen und Metatabellen.

# 3.1.5.2 Kommunikationskomponente KomK

Wie bereits beschrieben stellt die Kommunikationskomponente KomK den verkehrstechn ischen Applikationen der taktischen und strategischen Ebenen alle Funktionen zum Lesen, Schreiben, Verteilen und Archivieren von Daten zur Verfügung. Es war zunächst geplant, zur Umsetzung der Kommunikationskomponente die Middleware CORBA  $^2$  einzusetzen, die aus softwaretechnischer Sicht komfortable Möglichkeiten zur Nutzung von im Netz vertei Iten Funktionen bietet und weltweit dahingehend standardisiert ist, dass es eine Vielzahl von Anbietern von Entwicklungssy stemen und Laufzeitkernen für CORBA gibt .

Im Projektverlauf stellte sich allerdings heraus, dass das verwen dete CORBA-System VisiBroker des Herstellers Borland dem laufenden Dauerbetrieb nicht gewachsen war. VisiBroker wurde ursprünglich ausgewählt als Produkt eines großen, weltweit agierenden Herstellers. In anfänglichen Tests unter kontrollierten Bedingungen liefen die CORBA-Aufrufe auch gut und performant.

Das spezielle Einsatzprofil des Projektes mit einer Vielzahl von Clients und Servern mit jeweils beidseitigem Datenaustausch und der Kombination von Datenübertragungen mit großen Datenmengen (Versorgungsdat en in der Größenordnung von 50 MB mussten übertragen werden) einerseits und einer Vielzahl von kleinen bis mittleren Anfragen und Rück-meldungen bezüglich der dynamischen Daten war jedoch offenbar nicht mit den Interna des VisiBroker verträglich. Im laufend en Betrieb mit 4 Servern (jeweils ein KomK-Server bei den drei in MOBINET aufgebauten VnetS und in der MOBINET -Zentrale), einer Vielzahl von Clients und einigen Millionen neuen Datensätzen pro Tag kam es immer wieder zu ungewollten Abbrüchen und Blockaden des Programms, aus dem Systemzustand nicht erklärl ichen CORBA-Fehlermeldungen und darüber hinaus zu einem enormen Verbrauch an Speicher und Systemressourcen, der aus den von GEVAS software entwickelten Programmanteilen allein nicht erklärbar w aren.

Verschlimmert wurden die Fehler dadurch, dass ein Blockieren oder der Absturz eines Programms offenbar das CORBA-System auf dem entsprechenden Rechner kompromittierte und damit einen Neustart aller Komponenten des lokalen Netzes, oft sogar entsprechende Rechnerneustarts erforderlich machte. Die mit großem Aufwand betriebene Fehlersuche unter Zuhilfenahmen entsprechender Tools und unter Beratung durch externe Fachleute inklusive Berater von Borland selbst, sowie der Upgrade auf eine neuere Ver sion des VisiBroker noch im Frühjahr 2003 führten nicht zu einer Verbesserung des unzulänglichen Zustands.

-

CFVAS software CmbH Saite 17 / 52

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> CORBA = Common Object Request Broker Architecture

Letztlich musste der CORBA -Teil des Kommunikationssystems für untauglich erklärt und die Datenübertragung durch eine Alternativlösung ausgetauscht we rden. Hierfür wurde die Übertragung aller Anfragen und Daten in Binärdateien über das Windows -SMB-Protokoll in entsprechend reservierte Verzeichnisse gewählt. In mehreren Schritten wurden alle CORBA - Aufrufe komplett durch das neue Verfahren ersetzt. Im Erg ebnis zeigte sich sehr schnell e ine gravierend verbesserte Systemstabilität und Zuverlässi gkeit bei der Datenübertragung.

Das neue Verfahren bringt zwar teilweise auch Nachteile, z.B. mussten verschiedene Fun ktionen erstellt werden, die vorher von CORBA mit seiner Standardfunktionalität bereitgestellt wurden. Nachdem ein guter Teil dieser Funktionen jedoch auch nicht vollständig zuverlässig gearbeitet haben und dadurch sehr viel Code zum Umgehen und Abfangen der CORBA-Probleme entstanden war, hält sich dieser Nachteil in engen Grenzen. Des Weiteren mussten leichte Zeitverzögerungen in der Kommunikation in Kauf genommen werden.

Von Vorteil ist die durch das neue Verfahren entstandene , fast völlige Entkopplung al ler miteinander kommunizierenden Komponenten, die im Falle eines Fehlers einer Kompone nte nicht mehr zu technischen Folgefehlern anderer Programme führen kann. Auch kann ein Client z.B. weiterhin Daten schreiben, wenn der Server zeitweise nicht verfügbar i st. Diese Daten werden beim nächsten Start des Servers nachgearbeitet und in die Datenbank geschrieben. Eine deutlich schnellere Reaktionszeit ergab sich beim Anmelden von Clients beim Server, eine Funktion, die mit der früheren CORBA -Lösung z.T. bis zu ei ner Minute dauerte, ohne dass dabei nennenswerte Datenmengen übertragen wurden.

#### 3.1.5.3 Umsetzung von SAM-Strategien

Die nachfolgende Abbildung 4 stellt die Erzeugung und Weitergabe von Strategieanford erungen, manuellen Eingriffen und Ma ßnahmen taktischer Komponenten über die verschi edenen Ebenen des Systems bis zur Befehlsausführung auf der lokalen Ebene dar. Damit werden die Zusammenhänge zwischen strategischer, taktischer und lokaler Ebene bei der Befehlsweitergabe und Befehlsausführun g deutlich.

Der SAM-Benutzer, ausgestattet mit den entsprechenden Rechten, hat als Steuerungsmöglichkeit die Aktivierung von SAM -Strategien. Das kleinste Element einer solchen Strat egie ist eine Maßnahme, die wiederum eine von einer Unterzentrale VnetS angebotene Strategie für das zugehörige Teilnetz darstellt. Diese bestehen ihrerseits aus beliebig vielen Aktionen, die an Applikationen des zugehörigen VnetS (z.B. LSA -Netzsteuerung BALANCE, WWW - Alternativroutensteuerung, Ramp-Metering) oder an die Aktoren im Netz (z.B. LSA, WWW) weitergeleitet und dort ausgeführt werden können.

GEVAS software CmhH Saite 18 / 52

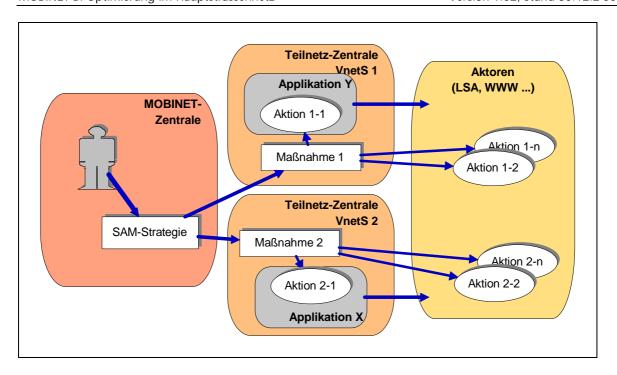


Abbildung 4: Weitergabe und Auflösung von Strategien

Entscheidend ist, dass sich das netzübergreifende Modul SAM nicht um Details der Implementierung der Strategie in einem Teilnetz kümmern muss, da die Versorgung der Teilnetz-Strategien (Maßnahmen) auf Ebene des zugehörigen VnetS erfolgt. Der SAM-Benutzer kann damit aus einer Zusamm enstellung von Maßnahmen eine SAM-Strategie erstellen und diese aktivieren ohne sich um die genaue Umsetzung der Maßnahmen an den jeweiligen VnetS kümmern zu müssen.

Beispielsweise könnte eine SAM -Strategie darin bestehen, in zwei Teilnetzen jeweils eine VnetS-Strategie A (z.B. Priorisierung Strecke X) bzw. B (z.B. Priorisierung Strecke Y) aufzur ufen. Strategie A könnte sich mit einer Erhöhung der LSA -Freigabezeiten auf der bevorzugten Richtung begnügen, während es die lokalen Verkehrsverhältnisse bei Strategie B erfordern, dass zusätzlich noch die Umlaufzeit erhöht wird. Aus Sicht von SAM ist jedoch nur entscheidend, dass die Strecken mehr Leistungsfähigkeit erhalten.

Der Aufruf durch SAM ist jedoch nicht die einzige Möglichkeit, Strategien (bzw. Maßna hmen) auf der taktischen Ebene anzustoßen. Anhand von zuvor versorgten Regeln können vielmehr bestimmte Verkehrssituationen im VnetS -Teilnetz erkannt und die zugeordneten lokalen Maßnahmen aufgerufen werden. Dies erfolgt durch die automatisch ablaufende Komponente SFC/SAW (Situationserkennung mit Fuzzy -Control und Strategi eauswahl).

Für die Auflösung der Maßnahmen in einzelne Aktionen ist an jedem VnetS eine spezielle Komponente, das Befehlsausführungsmodul (BAM) implementiert. Ebenfalls im BAM umgesetzt werden die von den taktischen Applikationen angeforderten Aktionen (z.B. Programmumschaltung einer LSA durch Netzsteuerung BALANCE) sowie der Abgleich von Prioritäten bei parallelem Zugriff von verschiedenen Maßnamen auf einen Aktor. Aus den Aktionen werden damit Befehle für die im VnetS-Teilnetz vorhandenen Aktoren (z.B. LSA, WWW, ...). Das BAM ist die einzige Stelle, an der konkrete Befehle an die Geräte ausgelöst werden. Diese Befehle werden in die Basisdatenbank geschrieben und durch den Kontrol Irechner verarbeitet.

CFVAS coftware CmbH Saite 10 / 52

## 3.1.5.4 Umsetzung der MOBINET-Zentralen

Basierend auf der neuen Systemarchitektur wurden in MOBINET vier Zentralen aufgebaut: Die MOBINET-Zentrale (Verkehrszentrale München VZM) in den Räumlichkeiten des Zentr alen Bedienrechners ZBR und drei Teilnetzzentra len VnetS in verschiedenen Bereichen des Stadtgebietes.

Die einzelnen VnetS bestehen dabei aus folgenden Softwarekomponenten und Hardwar eeinheiten:

### Basissystem

- Ein Kommunikationsrechner: Abwicklung der Kommunikation mit den lokalen Feldgeräten im zugehörigen Teilnetz (LSA, Informationstafeln, WWW ...) per Modem sowie zur Bereitstellung der grundlegenden Funktionalität zur Steuerung und Überw achung der angeschlossenen Geräte.
- Ein *Datenbankserver* mit der Datenbank DB<sub>Basis</sub> zur Archivierung der im Basissystem auflaufenden dynamischen Daten sowie zum Speichern der Versorgung des Basiss ystems.

#### Taktisches System

- Ein *Datenbankserver* mit der taktischen Datenbank DB <sub>TAK</sub> und der Kommunikation skomponente KomK. Weiterhin auf diesem Rechner installiert werden die Ablaufsteuerung AST zur zeitlichen Synchronisation und Überwachung der Prozesse und Applikat ionen innerhalb des VnetS sowie die Komponente TakK -BDB, die die Übertragung der Daten zwischen dem Taktischen System und dem Basissystem abwickelt, d.h. die Übertragung von Detektordaten und grundlegenden LSA -Zustandsdaten in das Taktische System und in umgekehrter Richtung die Übertragung von Steuerungsbefehlen in das Basissystem.
- Ein *Taktischer Rechner* für die Grundkomponenten des Taktischen Systems. Grundko mponenten sind das Modul TakK -KPM zur Auswertung detaillierter Detektor und Zustandsdaten der LSA (sog. KPM -Telegramme), die Komponente TakK -TGR zur Ermittlung der geschalteten Grünzeiten der LSA, das Befehlsausführungsmodul BAM zur Erze ugung, Kontrolle un d Weiterleitung von Schaltbefehlen sowie die Komponente SFC/SAW zur Umsetzung lokaler Strategien und Maßnahmen. Je nach Ausführung des VnetSkönnen auf dem Taktischen Rechner auch verkehrstechnische Applikationen installiert werden.
- Optional weitere Taktische Rechner für die verkehrstechnischen Applikationen des VnetS.

Die MOBINET-Zentrale ist genauso aufgebaut, nur fehlt hier das Basissystem, da von hier aus zunächst keine Geräte direkt gesteuert werden. Statt dessen ist in der MOBINET - Zentrale eine Einbi ndung des Altsystems ZBR umgesetzt (siehe hierzu auch das nachfo I-genden Kapitel 3.1.5.5).

#### 3.1.5.5 Einbindung externer Systeme

Eine der wesentlichen Aufgaben in MOBINET bestand darin, vorhandene Systeme soweit wie möglich in die neue Sy stemarchitektur einzubinden, um vorhandene Investitionen sicherzustellen. Hierzu war eine Vielzahl von externen Schnittstellen bereitzustellen:

 Schnittstelle zu den Detektoren des alten Zentralen Bedienrechners (ZBR) der Lande shauptstadt München

CFVAS software CmbH Saite 20 / 52

- Schnittstelle zu den Umsetzung von Programmschaltbefehlen und LSA -Zuständen des ZBR
- Schnittstelle zum Rechnergestützten Betriebsleitsystem (RBL) der Verkehrsbetriebe der Stadtwerke-München
- Schnittstelle zur Verkehrsrechenzentrale der Autobahndirektion Südba yern
- Schnittstelle zur Leitzentrale Petueltunnel

Im Folgenden werden die Schnittstellenkomponenten näher beschrieben, die von GEVAS software entwickelt wurden. Dies sind die ersten vier Punkte in obiger Aufzä hlung.

Wichtig ist dabei, dass die Anbindung der Alt-Systeme nicht durch gänzlich proprietäre Schnittstellen-"Konstruktionen" erfolgte, sondern dass überall Kommunikationsrechner mit KomK-Datenverbundeigenschaften aufgebaut worden sind, so dass auch in Zukunft eine Erweiterung des Gesamtsystems mittels dieser Standardkomponenten möglich ist.

An dieser Stelle sei darauf hingeweisen, dass die entwickleten Techniken und systemarchitektonischen Ansätze ihre Weiterverwendung innerhalb der OCIT-Intiative zur Standardisierung von Schnittstellen im Verkehrsm anagement- und Verkehrssteuerungssystem finden werden, da GEVAS software dort mit der Leitung der entsprechenden Arbeitsgruppe "Datenverbund" bedacht worden ist.

#### Schnittstelle zu den ZBR-Detektoren

Ähnlich wie die Möglichkeiten des Altsystems Zentraler Bedienrechner (ZBR, Hersteller Siemens) durch Umsetzung von Schaltbefehlen genutzt wurden (siehe unten, Kapitel 0), erfolgte auch eine Anbindung der am ZBR verfügbaren Detektoren. Dieses Kapitel gibt einen Einblick in den Aufbau und die Architektur der dafür entwickelten Schnittstelle (im Folgenden taktische Komponente ZBR, kurz TakK ZBR).

Der ZBR wurde im Rahmen des Projekts MOBINET um den so genannten Kommunikation srechner-ZBR (KomR-ZBR) erweitert, um die Daten der im Stadtgebi et verteilten freien Detektoren parallel zum Altbestandssystem abgreifen und auswerten zu können. Die vorra ngige Funktion des KomR-ZBR ist die Abtastung der analogen Detektor -Rohsignale, deren signaltechnische Wandlung, die anschließende datentechnische A uswertung zu Verkehrskenngrößen und deren Konvertierung in das Datenmodell und die Datenstruktur der MOBINET-Welt.

Die Stadt München verfügte bereits vor Projektbeginn über ein ausgebautes Netz von fre ien Messquerschnitten an vielen wichtigen Straßenverbi ndungen. Die Kabel von diesen ca. 380 Messschleifen, den so genannten ZBR -Detektoren, laufen physikalisch im Keller des Zentralen Bedienrechners (ZBR) des Polizeipräsidiums München auf. Im Rahmen von MOBINET sind weitere Messquerschnitte im Stadtgebiet auf gebaut worden, deren Kommunikationsverbindungen auch in den ZBR -Rechnerraum verlegt wurden. Die Signale di eser Messschleifen sollten für weitere Anwendungen, die in MOBINET entwickelt wurden, verfügbar gemacht werden. Die folgende Abbildung zeigt schematis ch die Systemarchite ktur des KomR-ZBR.

GEVAS software CmhH Saite 21 / 52

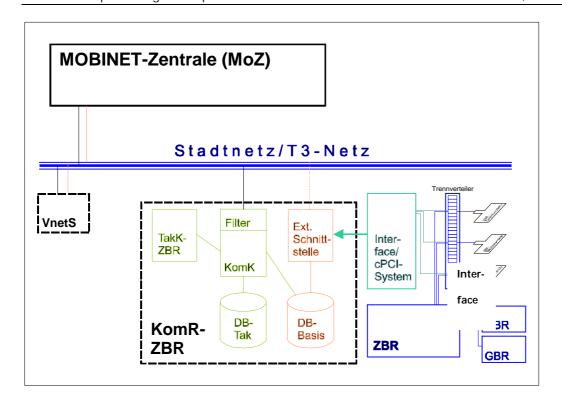


Abbildung 5: Schema Systemarchitektur KomR-ZBR

Die Basis der Architektur für den KomR -ZBR ist der Systemarchitektur der Tei Inetzzentralen VnetS angeglichen (vergleiche Abbildung 3). Wie in einem VnetS stellt auch hier die Komunikationskomponente KomK eine netzwerkweite Kommunikation sicher, so dass die Daten aus dem KomR -ZBR von beliebigen anderen Applikationen verwendet werden können.

Beim Aufbau des KomR-ZBR wurde darauf geachtet, dass die Aufgaben

- Auflegen des Signals (Eingangsklemmenblock im Interface),
- Signalabtastung im Interface und
- Veredelung der Daten und Einspeisung ins MOBINET -Netz

klar getrennt sind. So stellt das Interfa ce durch den eingebauten PC eine eigenständige Einheit dar, die auch ohne KomR -ZBR sinnvoll genutzt werden kann. Auf der anderen Seite kann der KomR-ZBR aufgrund seiner VnetS-Funktionalitäten auch als Plattform für künftige verkehrstechnische Anwendungen in den Räumlichkeiten der Polizei dienen. Der gesonde rte Eingangsklemmenblock stellt sicher, dass Schäden, die durch die 60V -Seite des Systems hervorgerufen werden, stets nur eine Eingangskarte und nicht das Interface selbst betre ffen.

Fahrzeuge, die den Schleifenbereich eines ZBR -Detektors überfahren, lösen einen analogen Impuls auf. Die Impulsdauer ist abhängig vom Zeitraum, in dem sich das Fahrzeug im Erfassungsbereich der Schleifen befindet. Die Rohsignale werden über Modems zu -60V-Stromimpulsen vor Ort gewandelt. Diese Signale erreichen über Kabelverbindungen den ZBR-Rechnerraum im Keller des Polizeipräsidiums. Teilweise werden Signale über Multiplexer (ETG) gebündelt. Die -60V-Stromimpulse werden in einem intelligenten Interface - System (SPS) parallel zum 'alten' ZBR -System abgetastet, in digitale Signale umgewandelt und als Rohdaten in eine Datenbank des KomR -ZBR abgelegt.

GEVAS software CmhH Saite 22 / 52

Die Auswerte-Komponente TakK\_ZBR hat die Aufgabe, definierte Verkehrskenngrößen aus den Rohdaten zu berechnen und in standardisierte n Datenformaten für die Verwendung in den Applikationen zur Verkehrssteuerung und -information weiterzugeben. Die aus den Rohdaten berechneten Verkehrskenngrößen sind dabei

- die aggregierte Verkehrsstärke [Fz/h],
- der aggregierte Belegungsgrad [] und
- die aggregierte Geschwindigkeit [km/h].

Die Werte werden jeweils alle 5 Minuten erzeugt. Die Berechnung der Geschwindigkeiten erfolgt bei Doppelschleifen aus der zeitlichen Differenz der Eingangssignale der Detekt oren, bei Einfachschleifen anhand der Belegun gsdauern bzw. der Längen der Detektor-Impulse. Die Genauigkeit der letzteren Auswertung ist naturgemäß begrenzt, aufgrund der langen Signallaufzeiten und der daraus folgenden Dispersion des Signals sind oft jedoch auch die aus den Doppelschleifen gewonnene n Geschwindigkeiten relativ ungenau.

#### Schnittstelle zum ZBR zur Umsetzung von LSA-Programmschaltbefehlen.

Der Zentrale Bedienrechner (ZBR) der Landeshauptstadt München ist ein Prozessrechner, von dem aus einfache Überwachungsaufgaben und Schalteingriffe f ür LSA getätigt werden können. Dies betrifft die Anlagen, die noch nicht in die neue Systemarchitektur eingebunden sind, d.h. die noch nicht einer VnetS -Zentrale hängen.

Da es nicht möglich war, die die neue Systemarchitektur flächendeckend für die ca. 11 00 LSA in München einzuführen, andererseits aber verkehrstechnische Applikationen einen Zugriff auf das Alt-System benötigten, wurde eine Schnittstelle zur Umsetzung der Schaltbefehle realisiert. Hierdurch ist es möglich, dass Applikationen des MOBINET -Systems den Systemstatus der LSA im Altsystem abfragen können bzw. Programmumschaltungen vornehmen.

Der ZBR selbst ist ein in sich geschlossenes System, das als externe Schnittstellen nur über Anschlüsse für zeichenorientierte Terminals verfügt. Die einzige Möglichkeit Betriebsdaten aus dem ZBR abzurufen, bzw. Steuerungsbefehle einzugeben war deshalb die Emulation eines Bedienterminals durch einen externen Rechner (Terminal -Emulation). Zur Seite der MOBINET-Systeme hin wurde eine Schnittstelle zum Auslesen von Steuerungsbefehlen bzw. zum Schreiben von Zustandsdaten aus bzw. in die KomK entwickelt (X -ZBR-LSA).

Insgesamt wird dadurch erreicht, dass sich der KomR -ZBR für Komponenten des MOBINET-Systems wie ein "normales" VnetS mit LSA und freien Messquerschnitte in darstellt. Gegenüber einem "echten" VnetS ist der Funktionsumfang aufgrund der weniger leistungsfähigen Schnittstelle zwischen ZBR und LZA reduziert.

Das folgende Bild zeigt einen Überblick über den KomR -ZBR. Die farbig hinterlegten Teile wurden für die Einrichtung der Terminal -Emulation entwickelt (vollfarbig) bzw. angepasst (schraffiert).

CFVAS coftware CmbH Saite 23 / 52

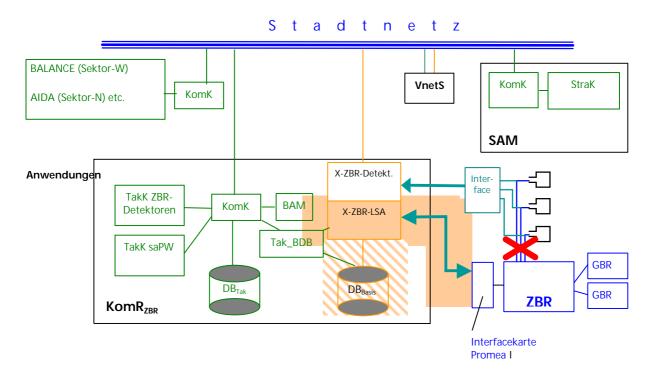


Abbildung 6: Systemübersicht KomR-ZBR

Im Einzelnen hat die Terminal -Emulation folgende Funktionen:

- Schnittstelle MOBINET System (KomK) → ZBR:
   Auslesen der LSA-bezogene Statusdaten aus dem ZBR (LSA Nummer, ZBR-Gruppen-Nummer, Signalprogramm Nummer des aktuell laufenden Programms, Umlaufzeit des aktuell laufenden Programms, Programmart, Betriebsart.
- Schnittstelle ZBR → MOBINET-System (KomK):
   Die Terminal-Emulation liest Befehle für Programmumschaltungen aus der KomK des
   MOBINET-Systems aus und übersetzt sie in entsprechende ZBR -Schaltbefehle. Entspre chend der Philosophie des ZBR beziehen sich die Programm -Schaltbefehle dabei immer
   auf LSA-Gruppen.

Die Komponente X-ZBR-LSA führt die oben beschriebenen Schritte zyklisch aus. Der Bea rbeitungszyklus liegt bei 5 Minuten.

#### Schnittstelle zum RBL

Als weitere Schnittstelle zu einem externen System wurde das Rechnergestützte Betrieb sleitsystem (RBL) der Stadtwerke-München-Verkehrsbetriebe mit dem MOBINET-System verbunden. Das RBL dient dabei als Datenlieferant für fahrzeugbezogene Daten des ÖPNV. Die Daten wurden bisher schon an die elektronische Datenauskunft EFA gesendet, so dass eine Schnittstelle zur Verfügung stand.

Für MOBINET wurden Inhalt und Umfang der ausgegebenen Daten erweitert. Weiterhin wurde eine Komponente erstellt, die die für die MOBINET -Systeme nicht relevanten Daten

CFVAS coftware CmbH Saite 24 / 52

ausfiltert (Datenweiche). Es wurde festgelegt, dass die RBL -Daten zur Ermittlung von Flo ating-Car-Data (FCD) sowie als Zusatzinformation bei der ÖPNV -Priorisierung durch die LSA - Steuerung EON verwendet werden.

Die relevanten Daten werden in Form von Telegrammen per FTP in das MOBINET -System übertragen, wo sie in die KomK e ingespielt werden und damit stadtweit zur Verfügung stehen. Zur Wahrung der Systemsicherheit sowohl des Netzes der Stadtwerke, als auch der Landeshauptstadt München wurden entsprechende Firewalls eingesetzt. Die untenstehe nde Abbildung zeigt einen Überblick über die RBL-Anbindung im Rahmen von MOBINET.

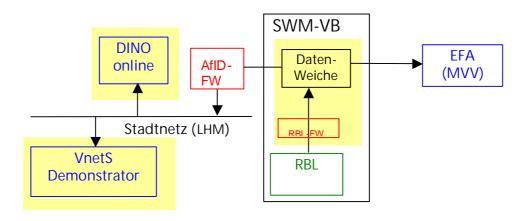


Abbildung 7: Erweiterung der RBL-Anbindung im Rahmen von MOBINET

#### 3.1.5.6 Anwender-Schnittstellen

Für die neue Systemarchitektur wurden Oberflächen entwickelt, die eine übergreifende Versorgung der verkehrstechnischen Applikationen emöglichen. Dies sind

- Die Komponente AddEle zur Grundversorgung verkehrstechnischer Einrichtungen im Netz (WWW, LSA, Detektoren, Zentralen ...) und zur Aufteilung des Gesamtnetzes in Steuerungsbereiche (Sub-Netze).
- Eine Erweiterung des Verkehrsingenieur Arbeitsplatzes *CROSSIG* zur Versorgung der LSA-bezogenen Daten im Netz der Landeshauptstadt München (Signalgruppen, Festzeit-Programme, Phasenübergänge, Kalibrierungsparameter ...).
- Die Oberfläche *NONSTOP-Edit* zum Editieren der Netzkarten und zur Verortung der verkehrstechnischen Steuerungseinrichtungen.

Bei der Entwicklung der Oberflächen wurde vor allem darauf geachtet, dass Redundanzen in der Datenversorgung ausgeschlossen sind, so dass jedes Datum nur an einer Stelle im Versorgungsablauf eingepflegt werden kann. Weiterhin wurde —wann immer dies möglich war —vorhandene Daten eingebunden , um Fehler bei der Neuversorgung zu vermeiden. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von vorhandenen Daten des Verkeh rsingenieur-Arbeitsplatzes CROSSIG.

Vom im Unterauftrag arbeitenden Partner gevas humberg&partner —Ingenieurgesellschaft für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik GmbH (Vorgänger -Firma zu GEVAS software) sind im Rahmen der Projektarbeiten alle verkehrstechnischen Projektierungen und Versorgungen übernommen worden, die zur Vor -Ort-Realisierung der Quartier - und der Sektorsteuerung notwendig waren.

CFVAS coftware CmbH Saite 25 / 52

# 3.2 Quartier-Steuerung

# 3.2.1 Allgemeines

Die Quartier-Steuerung stellt in MOBINET -B die innerste räumliche Gliederung im vierstufigen Konzept zur Steuerung des Straßenverkehrs im Ballungsraum dar. Unter einem Quartier wird hier ein strukturell zusammenhängendes, innerstädtisches Gebiet verstanden. Ein solches Stadtviertel, zeichnet sich dadurch aus, dass ein teilweise hohes Verkehrsaufkommen auf einem begrenzten Straßenraum abgewickelt werden muss und dass eine Vermischung von verschiedenen Verkehrsarten vorliegt.

Im Gegensatz zu den vorgelagerten Demonstratoren Netz -Info, Sektor-Steuerung und Ring-Steuerung ist es daher im Quartier nicht möglich , vorrangig nur die Haupt -Verkehrsströme des motorisierten Individualverkehrs (mIV) zu betrachten. Vielmehr ist eine Integration aller Verkehrsarten erforderlich, d.h. neben dem mIV vor allem der öffentlichen Verkehr (ÖPNV), aber auch den nicht -motorisierten Individualverkehr, also Fußgänger und Ra dfahrer.

Insgesamt gliederten sich die Arbeiten im Bereich der Quartier -Steuerung in folgende Projektphasen, auf die in den folgenden Kapiteln eingegangen wird:

- Analyse des Status Quo
- Ermittlung der Anforderungen
- Konzeption und Entwicklung
- Implementierung und Umsetzung im Demonstrationsfeld Haidhausen

## 3.2.2 Ausgangslage

Der Stand der Technik vor dem Projektbeginn von MOBINET war eine im Wesentlichen lok ale und nicht integrierte Arbeitsweise der S teuerungseinrichtungen, wie sie auch in and eren deutschen Städten vorliegt, und wie sie außerhalb der Gebiete der MOBINET - Demonstratoren auch in München i mmer noch gegeben ist:

- Knotenpunkte und lokale Steuerung:
   Die Steuerung des Verkehrsaufkommens innerh alb von städtischen Quartieren erfolgt vor allem durch dezentral arbeitende Knotenpunktsteuerungen. Hier werden mikrosk opische, regelbasierte Verfahren eingesetzt. Weiterhin sind teilweise auch noch Festzeitsteuerungen älterer Bauart im Einsatz. Die Koordination der einzelnen Knotenpunktsteuerungen untereinander erfolgt durch Offline geplante Grüne Wellen und in einigen wenigen Fällen durch Kopplung mit Hilfe von so genannten Steuermarken, die zum Stauraumschutz bei eng zusammen liegenden Knotenpunkten dien en.
- Netzsteuerung und Zentrale:
   Die LSA in der Landeshauptstadt München sind mehreren Gebieten zugeordnet, die jeweils einen eigenen zentralen Verkehrsrechner haben. Die se Gebietszentralen bzw. Gebietsrechner (GBR) haben vor Projektbeginn vor allem kontrol lierende, überwachende und protokollierende Funktionen. Weiterhin erfolgt hier die Programmumschaltung und Synchronisation der angeschlossenen LSA anhand vorgegebener Tagestabellen. Die Gebietsrechner haben damit keine echte Steuerungsintelligenz für das zugehörige Stra-

GFVAS coftware GmbH Saite 26 / 52

Bennetz, wie z.B. verkehrsabhängige Koordinierung der Anlagen oder verkehrsabhä ngige Signalprogrammwahl (siehe auch Kapitel 3.1.2). Ausnahme macht die so genannte TASS-Steuerung, eine gebietsübergreifende verkehrsa bhängige Programmauswahl, die jedoch keine besondere Bedeutung inne hatte.

- Kommunikationssystem und Schnittstellen:
  Eine Kommunikation findet in der städtischen Verkehrssteuerung vor allem zwischen den LSA und dem Gebietsrechner (GBR) statt. Hierbei werden bestimmte Statusdaten und Betriebsparameter der Anlage an den jeweiligen GBR übertragen. Umgekehrt we rden Kontrollbefehle gesendet. Die Datenübertragung erfolgt vor allem auf ehemals zur Signalgruppen-Fernsteuerung verwendeten Stromkabeln, die in Sterntop ologie zwischen dem GBR und den LSA verlegt sind. Mit dem vorhandenen System können nur geringe Datenmengen übertragen werden (ca. 300 Bit/s), wobei die Daten nicht in Echtzeit, sondern einmal je Umlauf ve rsendet werden (siehe auch Kapitel 3.1.2).
- Detektion, Verkehrserfassung und Messwertverarbeitung: Der Individualverkehr wird an vielen Knotenpunkten durch Induktionsschleifen erfasst, die im Sinne einer Zeitlückensteuerung relativ nahe an der Haltlinie verlegt sind. Die Detektordaten werden nur lokal in der LSA verwendet und sind nicht für andere Applik ationen verfügbar. Daneben gibt es auf den wichtigsten Hauptverkehrsstraßen Messquerschnitte mit Zählschleifen des Zentralen Bedienrechners (ZBR). Letztere sind teilweise mit Doppelschleifen ausgerüstet, um auf ausgesuchten Streckenabschnitten neben Verkehrszählungen auch Geschwindigkeiten und Belegungen zu ermitteln. Eine Auswertung der Schleifendaten war vor MOBINET jedoch nur am ZBR möglich, andere Applikationen konnten nicht darauf zugreifen. Eine weitergehende Verarbeitung der Detektormesswerte zu höherwertigen verkehrlichen Kenngrößen (Verkehrsbeziehungen, Reisezeiten etc.) wurde vor MOBINET nicht durchgeführt.
- Der ÖPNV wird in München wie in vielen anderen deutschen Städten bevorrechtigt. Diese Priorisierung wird lokal an den Knotenpunkten umgesetzt und es findet nur begrenzte oder keine Interaktion zwischen den einzelnen LSA statt. Die Detektion des ÖPNV erfolgt über Funkan und abmeldungen der Fahrzeuge an den LSA. Hieraus können auch fahrzeugbezogene Daten wie Position, Linie oder Kurs gewonnen werden. Die Zuverlässigkeit des Funkmeldesystems ist in der Praxis begrenzt, so dass in der Vergangenheit Maßnahmen für das Störungsmanagement getroffen wurden. Daneben senden die ÖPNV-Fahrzeuge zyklisch ihre aktuelle Position und Zustandsdaten (Identifikation, Fahrplanlage, teilweise Besetzung) an das rechnergestützte Betriebsleitsystem (RBL) der Stadtwerke München, Verkehrsbetriebe. Durch das Funktions überwachungs- und Analysesystem FAS und das RBL stehen umfangreiche Methoden zur weiteren Verarbeitung der Messwerte zur Verfügung.
- Nichtmotorisierter IV:
  Eine Detektion von Radfahrern und Fußgängern findet augenblicklich nicht statt. Falls
  Verkehrskenngrößen über diese Verkehrsarten benötigt werden, müssen diese durch
  manuelle Zählungen ermittelt werden.

## 3.2.3 Anforderungen

Als Schwachstellen der Situation vor MOBINET wurden folgende Punkte ausgemacht:

- 1. Motorisierter Individualverkehr:
  - Die Koordinierung der Knoten punktsteuerungen erfolgt vor Beginn von MOBINET anhand von Zeittabellen, was oft nicht den tatsächlichen Verkehrsverhältnissen en t-

CFVAS software CmbH Saite 27 / 52

spricht. Das Gleiche gilt für die in den Rahmendaten der Signalprogramme festgelegten Freigabezeiten.

• Die mIV-Detektion liefert augenblicklich nur die Messwerte, die von regelbasierten mikroskopischen Steuerungen benötigt werden. Weitergehende Messewerte (Zäh Iwerte, Belegungsgrad, evtl. Geschwindigkeiten) werden nicht ermittelt bzw. stehen einer Gebietssteuerung nicht zur Verfügung.

#### 2. ÖPNV:

- Es entstehen vermeidbare Behinderungen von ÖPNV -Fahrzeugen durch den Individualverkehr und durch andere ÖPNV -Fahrzeuge.
- Durch die rein lokale Umsetzung der ÖV -Priorisierung in den Knotenpunktsteueru ngen werden die verkehrstechnischen Zusammenhän ge im Netz nicht berücksichtigt.
- Die lokalen LSA -Steuerungen verwenden Offline ermittelte, feste Prognoseparam eter (z.B. Fahrzeiten für den ÖV) für die einzelnen Signalprogramme. Diese erfahren aber zum Teil deutliche Schwankungen aber auch systematische V eränderungen über die Laufzeiten der Signalpr ogramme.
- Die Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs werden zwar durch das RBL und die Fun kmeldungen an die LSA -Steuerungen gut erfasst, beide Systeme sind jedoch in sich abgeschlossen und ihre Daten können augenbli cklich nicht zusammengeführt we rden. Insbesondere fehlt eine Schnittstelle der Verkehrssteuerung zu den RBL -Daten.

#### 3. Nicht-motorisierter Individualverkehr:

 Eine Erfassung von Fußgängern und Radfahrern erfolgt nicht, entsprechend auch keine verkehrsabhängige Berücksichtigung dieser Verkehrsarten in der LSA -Steuerung.

#### 4. Sonstiges:

Das Kommunikationssystem i m Stadtteil Haidhausen (Demonstrationsgebiet Quartier-Steuerung) hat eine zu geringe Leistungsfähigkeit für die Umsetzung der oben dargestellten Ziele und ist nicht flexibel genug für eine Erweiterung der Verkehr steuerung.

Als übergeordnete Projektziele und dazugehörige Maßnahmen wurden für die Quartier - Steuerung festgelegt:

- 1. Motorisierter Individualverkehr:
  - Verflüssigung des motorisierten Individualverkehrs, dadurch Verringerung von Stau, Senkung von Lärm und Abgasen
    - → verbesserte Koordinierung und Grünzeitverteilung

#### 2. ÖPNV:

- Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl zugunsten des öffentlichen Verkehrs und die damit verbundene Reduzierung des Anteils des motorisierten Individualverkehrs
   → weitere Verbesserung der ÖPNV-Beschleunigung
- Akzeptanzsteigerung der ÖPNV-Beschleunigung bei Nicht -Nutzern des ÖPNV
   → bedarfsgerechtere Eingriffe des ÖPNV durch Anpassung an die Verkehrssituation
   → Berücksichtigung der individuellen Fahrplanlage der ÖPNV-Fahrzeuge
- 3. Nicht-motorisierter Individualverkehr:

GFVAS coftware GmhH Saite 28 / 52

• Erfassung und Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern in der verkehrsabhängigen LSA-Steuerung.

# 4. Sonstiges:

gien.

- Die Vorgaben der Querschnittsgruppen von MOBINET -B sind umzusetzen, dies betrifft insbesondere die Ergebnisse der Gruppe *Systemarchitektur* und *Kommunikation und Schnittstellen.*
- Umsetzung verkehrs- und umweltpolitischer Vorgaben; optional direkte Berücksic htigung von Umweltmesswerten in der Ste uerung
   → Flexible Anpassung der Steuerung an neue Zielvorgaben durch Veränderung e ines Performance Index im laufenden Betrieb durch vorgegebene, aufrufbare Strat e-
- Die ursprünglich auch für das Quartier Haidhausen angedachten Informationstafeln mit Routenempfehlungen innerhalb d es Stadtteils wurden für den konkreten A nwendungsfall aufgrund mangelnder Finanzierung zurückgestellt.

Folgende Rahmenbedingungen für die technische Umsetzung wurden festgelegt:

- Das schon vor MOBINET erarbeitete, modul are Verkehrszentralen-Konzept des VnetS (Verkehrsnetz-Steuerungssystem), das zum ersten mal im Gebiet der Messe München-Riem ab 1997 eingesetzt wurde, sollte auch die Basis sein für die Umsetzung der in der Quartier-Steuerung zu erstellenden Systemfunktionen.
- Bei den lokalen Knotenpunktsteuerungen war der zu Projektbeginn realisierte Stand der Technik zugrunde zu legen. Das Gleiche galt für die Schnittstellen zwischen dem VnetS und den LSA-Steuergeräten.
- Die Vorgaben der Querschnittsgruppen von MOBINET -B sollten umgesetzt werden. Dies betrifft insbesondere die Ergebnisse der Gruppen *Systemarchitektur* sowie *Kommunikation und Schnittstellen* (siehe Kapitel 3.1).

# 3.2.4 Konzeption und Entwicklung

#### 3.2.4.1 Übersicht

Als Steuerungskonzept wurde konsequent der Ansatz der verkehrsadaptiven LSA - Netzsteuerung verfolgt. Für die Quartiersteuerung sind zwei verschiedene LSA - Netzsteuerungen vorgesehen:

- Die Netzsteuerung **Balance** (<u>Balancing Adaptive Network Control Method</u>) arbeitet mit einem Zeithorizont von 5 -15 Minuten. Dadurch ist es möglich, die Verkehrssteuerung an längerfristige Schwankungen anzupassen. Die in Balance verwendeten Optimierungsverfahren bauen auf einem makroskopischen Verkehrsmodell auf d.h. es werden gemittelte Messwerte als Eingangsgrößen verwendet. Balance steuert nicht direkt die einzelnen Knotenpunkte, sondern koordiniert die lokalen Steuerungen im Netz durch Anpassung eines Steuerungsrahmens (Rahmensteuerung). Dieser beläßt den einzelnen lokalen Steuerungen Fr eiheiten zur Anpassung an kurzfristige Schwankungen (Kapitel 3.2.4.2).
- Um Bussen und Bahnen Vorrang vor dem IV geben zu können, müssen diese als Einze Ifahrzeuge erfasst und bedient werden. Hierzu wurden bisher ausschließlich ver kehrsab-

CFVAS coftware CmbH Saite 20 / 52

hängige Knotenpunkt-Steuerungen eingesetzt, die hinreichend schnell auf die ÖPNV - Anforderungen reagieren können. Bei Steuerungen dieser Art wird der Verkehr nur I okal erfasst und die Interaktion zwischen den einzelnen Verkehrsarten wird nicht berüc ksichtigt. Die in MOBINET neu entwickelte **EON** (Ereignisorientierte Netzsteuerung) modelliert dagegen die Auswirkungen von LSA -Schaltbefehlen in einem größeren Netzbereich für einen erweiterten Entscheidungshorizont von ca. 100 Sekunden. EON ist ebenfalls ein verkehrsadaptives Verfahren, das jedoch —im Gegensatz zu BALANCE —den Verkehrs auf einzelne Fahrzeuge genau auflöst. Dieser mikroskopische Ansatz ermöglicht eine integrierte Bedienung aller Verkehrsarten (Kapitel 3.2.4.3).

Die untenstehende Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Systemarchitektur der Qua rtiersteuerung. Die einzelnen Komponenten sind entsprechend den allgemeinen Vorgaben des MOBINET Arbeitsbereiches B ist in verschiedene Steuerun gsebenen untergliedert (siehe hierzu auch Kapitel 3.1). Die Quartier-Steuerung nutzt dabei als *taktisches System* die Erfassungsstellen und Steuerungsfunktionalität der lokalen Ebene und stellt seinerseits eine Schnittstelle mit Diensten für die übergeordnete strategische Ebene zur Verfügung. We iterhin stehen die von der Quartier -Steuerung erzeugten Daten anderen Systemen der takt ischen Ebene zur Verfügung.

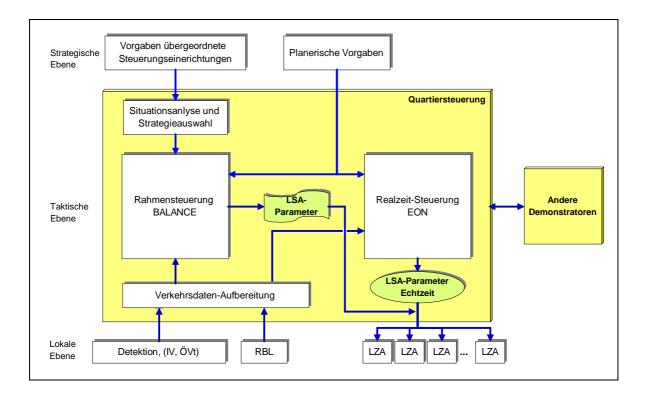


Abbildung 8: Skizze der Systemarchitektur der Quartiersteuerung

Zusätzlich zu den adaptiven Verfahren wurde in der Quartiersteuerung auch ein regelb asiertes Verfahren zur Umsetzung von Strategien implementiert, das SFC/SAW (Situation sanalyse mit Fuzzy -Control und Strategieauswahl, Kapitel 3.2.4.4). Mit dieser Komponente können für das zugehörige Steuerungsgebiet vordefinierte Situationen erkannt und zug ehörige Steuerungsmaßnahmen geschaltet werden. Weiterhin kann auf diese weise die

CFVAS coftware CmbH Saite 30 / 52

Quartiersteuerung in die übergeordnete strategische Steuerung eingebunden werden (si ehe hierzu auch Kapitel 3.1.5).

Die ursprünglich Idee, ergänzend grafische Informationstafeln im Demonstrationsfeld Haidhausen einzusetzen, wurde aufgegeben. Gege n die Umsetzung sprachen beim konkreten Anwendungsfall der hohe Investitionsaufwand bei nicht ausreichender Finanzierung , technische Schwierigkeiten, eine ungesicherte verkehrstechnische Wirkung sowie Gründe der Stadtgestaltung.

Ebenso konnte die Erfassun g von Fußgängern und Radfahrern nicht implementiert werden. Die wesentlichen Gründe hierfür waren das Ausscheiden des verantwortlichen Projektpar tners (Fa. INIT) sowie Schwierigkeiten bei der Festlegung von geeigneten Standorten für die Sensoren.

## 3.2.4.2 Rahmensteuerung BALANCE

Die verkehrsadaptive Netzsteuerung BALANCE (BALancing Adaptive Network Control m Ethod) wurde ursprünglich am Fachgebiet Verkehrstechnik und -Planung der Technischen Universität München entwickelt und bereits vor MOBINET in Forschungsprojekten getestet. Der Einsatz der Netzsteuerung ermöglicht vor allem die Minimierung von Verlustzeiten und Staus des Individualverkehrs in hoch ausgelasteten Straßennetzen mit Hilfe einer verbesse reten Steuerung von Lichtsignalanlagen.

Die o.g. Anforderungen werden mit Hilfe des so genannten verkehrsadaptiven Steuerung sansatzes umgesetzt, bei dem die eingehenden Messwerte von Detektoren zunächst gesammelt und durch ein Verkehrsmodell die aktuelle Verkehrssituation dargestellt wird. Darauf baut eine Optimie rung auf, welche die vorhandenen Stellgrößen fortlaufend a npaßt. Im Gegensatz dazu arbeiten konventionelle Steuerungsverfahren nur an einzelnen Knotenpunkten, ohne Betrachtung des Netzzusammenhangs. Weiterhin werden die Steuerungsgrößen nicht optimiert, so ndern durch einfache vorgegebene Steuerungsanweisu ngen angepasst.

Im Wesentlichen arbeitet BALANCE ähnlich wie ein verkehrstechnischer Planer, allerdings auf Basis aktueller und umfassender Verkehrsinformationen. Die Verkehrsplanung wird damit von technischen Details bei der Umsetzung entlastet und kann sich verstärkt um die Defin ition von Inhalten und Zielen der Steuerung kümmern. Durch die Verkehrsmodellierung findet außerdem eine fortlaufende Rückmeldung über den aktuellen Verkehrszustand statt, so dass in der Verkehrsplanung eine neue Qualität erreichbar wird.

BALANCE ist ein makroskopisches Verfahren, d.h. die Verkehrskenngrößen werden über einen längeren Zeitraum (ca. 15 min) aggregiert und intern als Mittelwerte dargestellt. Um trotzdem auch auf kurzfristige Änderungen im Verkehrsablauf reagieren zu können, wird die Steuerungsfunktionalität hierarchisch auf zwei Ebenen verteilt (siehe Abbildung unten):

CFVAS coftware CmbH Saite 31 / 52

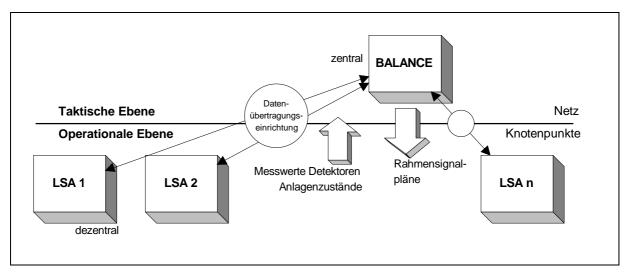


Abbildung 9: Zwei-Ebenen-Konzept von BALANCE

- Auf lokaler Ebene am Knote npunkt reagiert eine konventionelle verkehrsabhängige Steuerung auf kurzfristige Anforderungsveränderungen im Verkehrsablauf, wie sie z.B. durch stochastische Einflüsse oder durch ÖV -Priorisierung auftreten können. Prinzipiell kann hier eine beliebige Steu erung verwendet werden, sofern sie über eine entspr echende Schnittstelle zur Aufnahme der von BALANCE erzeugten Parameter eingerichtet verfügt.
- Auf der taktischen Ebene des LSA-Netzes arbeitet der eigentliche BALANCE-Algorithmus und deckt den mittel - bis langfristigen Bereich (5-15 min) der verkehrsabhängigen Steuerung ab. Hierdurch werden abhängig von den aktuellen Verkehrsverhältnissen die U mlaufzeiten im Netz, die Grünzeiten der einzelnen Signalgruppen an den Knotenpun kten sowie die Koordinierung der LS A untereinander verändert. BALANCE gibt dabei den Knotenpunkten Rahmensignalpläne vor. Ein Rahmensignalplan legt für die einzelnen Phasen der lokalen Steuerung feste und variable Bereiche fest.

Innerhalb der variablen Bereiche können sich die Knotenpunkts teuerungen anhand ihrer lokalen Detektion dem aktuellen Verkehr anpassen. Falls am Knotenpunkt keine verkehr sabhängige Steuerung vorhanden ist können die Rahmensignalpläne sogar direkt als Festzeitprogramm ausgeführt werden. Ein Balance-System kann dabei ein Teilnetz von mehr eren hundert Knotenpunkten steuern, die wiederum in Steuerungsgruppen aufgeteilt werden können.

Der Wirkungsablauf des Balance-Steuerungssystems kann im Wesentlichen in vier Funkt ionsgruppen eingeteilt werden:

- Erfassung und Analyse des aktuellen Verkehrszustands
   Für das aktuelle Berechnungsintervall wird der Verkehr im Steuerungsbereich über D etektoren erfasst.

GEVAS software CmhH Saite 32 / 52

- Prognose und Bewertung der Alternativen
  Mit Hilfe eines Wirkungsmodells werd en die Auswirkungen von Steuerungsalternativen
  für den nächsten Zeitschritt prognostiziert und durch eine vorgegebene Zielfunktion
  bewertet. Als relevante Wirkungen gehen hier gewichtete Fahrzeug -Wartezeiten, Fahrzeug-Halte bzw. Stops und Rückstaulängen ei n. Die Steuerung kann durch einfaches
  Ändern der Parameter der Zielfunktion an neue Erfo rdernisse angepasst werden.

Wie bereits oben erwähnt wurde BALANCE bereits vor MOBINET entwickelt und getestet. Die wesentlichen Entwicklungsarbeiten an BALANCE im Rahmen des Projektes MOBINET waren die Anpassung an die neue Systemarchitektur, die Verbesser ung der Optimierung der Umlaufzeiten sowie eine Erweiterung des Verkehrsmodells auf Basis von mikroskopischen Detektordaten, die eine genauere Ermittlung der aktuellen Staulängen und anderer Verkehrskenngrößen ermöglicht.

#### 3.2.4.3 EON

Die Ereignisorientierte Netzs teuerung EON ist die zweite verkehrsadaptive Komponente der Quartiersteuerung und wurde im Rahmen von MOBINET vollständig neu entwickelt.

EON ermöglicht eine integrierte Verkehrs - und Wirkungsmodellierung in LSA -Netzen für alle Verkehrsarten insbesondere mIV und ÖPNV. Da beim ÖPNV kein kontinuierlicher Verkehrsstrom besteht, sondern die Fahrzeuge sporadisch auftreten (Ereignisse) kann in EON im Gegensatz zu Balance keine makroskopische Modellierung des Verkehrs erfolgen, vielmehr muss das Modell in Echtzeit (Reaktionszeit 1-5 sec) und mit feiner Auflösung arbeiten. Diese Komponente stellt deshalb erhöhte Anforderungen an die Schnittstellen zu den LSA und zu den Erfassungseinrichtungen und erfordert auch eine leistungsstarke PCHardware, da sowohl die Modell ierung selbst als auch die Kommunikation zwischen EON und den LSA in Echtzeit erfolgt und damit zeitkritisch ist.

Entsprechend dem adaptiven Steuerungsansatz besteht EON im Wesentlichen aus zwei Komponenten:

- ein Verkehrs- und Wirkungsmodell zur räumlich zeitlichen Zuordnung der eingehenden Anforderungen und zur Ermittlung des Einflusses einer Steuerungsentscheidung auf den Verkehrsablauf
- ein Steuerungsmodell zum Abbilden der Steuerungseinrichtungen im Netz und zur Erzeugung der Steuerungsparameter für die LSA

EON arbeitet insgesamt in einem zeitlichen Rahmen von ca. 100 sec (Prognosehorizont) und entsprechend dem geforderten Realzeitbetrieb mit sekündlichen Berechnungsschriten. Die Modelle sind durchgängig für eine integrierte (multimodale) Bearbeitung der Anforderungen aller Verkehrsarten ausgelegt.

CFVAS coftware CmbH Saite 33 / 53

Das EON-Verkehrsmodell ist aus folgenden Objekten aufgebaut (siehe Abbildung 10):

- Eine Strecke zwischen zwei Knotenpunkten wird als *Kante* in einem Netzgraph repräsentiert. Eine Kante enthält ein oder mehrere *Zufahrten* zu dem Knotenpunkt am Ende der Kante.
- Einer Zufahrt Zufahrten wird eine *Queue* zugeordnet, die einen Verkehrsstrom auf der Kante repräsentiert. Eine *Queue* ist eine verkehrsstrombezogene Anforderungsschlange, durch welche die Anforderungen zeitlich in Entfernung zur Haltelinie des Hauptsignals geordnet werden. Jede Queue hat genau eine Hauptsignalgruppe durch die sie geste uert wird. Optional kann eine Queue außerdem eine Hilfssignal und/oder ein Vorsignal haben. *Queues* sind definiert durch die Sättigungsverkehrsstärke [Fz/sec], die Anzahl der Spuren, die zulässige Geschwindigkeit [km/h] und den Typ (IV, ÖV, Rad/Fußgänger). Eine Queue ist unterteilt in ein oder me hrere *Sub-Queues*.
- Eine Sub-Queue erzeugt die Anforderungen in einem zeitlichen Teilbereich einer Queue und wird neben diesem Bereich definiert durch seine Länge [m] und die zugeordneten Detektoren bzw. Meldepunktpaare, über die die Anforderungen eingehen. Jede Sub Queue hat nur maximal einen Messquerschn itt bzw. MPP am (zeitlichen) Anfang der Struktur.

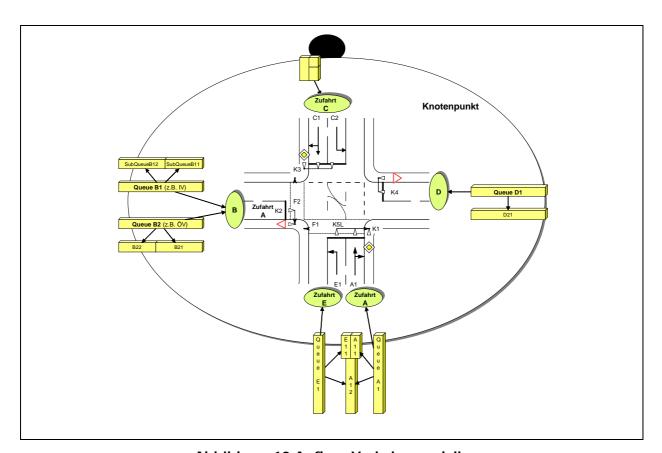


Abbildung 10:Aufbau Verkehrsmodell

Das *Steuerungsmodell* beinhaltet eine Definition der verfügbaren Steuerungseinrichtungen (LSA, Signalgruppen, Phasen, Phasenübergänge etc.) und der Rahmenbedingungen der Lokalen LSA-Steuerungen im Netz. Es erzeugt darauf aufbauend mit den übertragenen dynamischen Zustandsdaten eine Darstellung des aktuellen Systemzustands der LSA und die Steuerungsbefehle zu deren Beeinflussung.

GEVAS software CmhH Saite 3/1/52

EON erhält von den LSA sekündlich folgende Zustandsdaten:

- das Signalprogramm (Index, Länge Umlauf [sec])
- die aktuelle Phase (Index)
- Zustand aller Phasenübergänge (gestartet/nicht gestartet, Laufzeit, bestätigt durch LSA -Feedback)
- Zustand aller IV Detektoren und ÖPNV Meldepunkte

Daraus werden mit Hilfe der Versorgungsdaten zusätzlich die Zustände der Signalgruppen berechnet.

EON beeinflusst vor allem ÖPNV -Ströme auf gemischten ÖPNV/mIV -Spuren. Ähnlich wie bei BALANCE werden dabei lokale Parameter der LSA -Steuerung angepasst, hier allerdings sekündlich. Die beeinflussten Parameter sind die sog. Vorlaufzeiten für die ÖV -Fahrzeuge, d.h. die Zeitpunkte, wann ein ÖPNV -Fahrzeug ab einer Anmeldung an einem Funk - Meldepunkt an der LSA Freigabe erhält.

Die Vorlaufzeiten werden anh and der Positionen der ÖPNV -Fahrzeuge und der mIV - Fahrzeuge zwischen ihnen und den Haltelinien der LSA erzeugt. Zusätzlich geht in die B erechnung des Vorlaufs die Fahrplanlage und der Besetzungsgrad der Fahrzeuge ein, die aus dem RBL gemeldet wird. Eine Si gnalgruppe, mit der ein ÖPNV -Fahrzeug bedient wird, schaltet dabei umso früher auf Freigabe, je mehr mIV -Fahrzeuge vor dem ÖPNV ist bzw. je größer seine durch das RBL gemeldete Verspätung ist.

#### 3.2.4.4 SFC/SAW

Die Situationserkennung und Strategieauswahl (SFC/SAW) ist ein Werkzeug zur automat ischen Identifikation definierter verkehrlicher Situationen und ihrer Behandlung durch vorgegebene Strategien. Beispielsweise könnte bei einem kritischen Verkehrszustand auf einem bestimmten Streckenabschnitt ein anderes Signal programm an den LSA geschaltet werden, oder die Zielfunktion der Netzsteuerung BALANCE wird dahingehend verändert, dass auf dem Streckenabschnitt mehr Freigabe erzeugt wird.

SFC/SAW ist eine sinnvolle Ergänzung zu den adaptiven Komponenten der Quartierste uerung. Hierdurch besteht für den Benutzer die Möglichkeit aus einzelnen Kenngrößen des Verkehrsablaufs Szenarien bzw. Situationen zu erstellen und dazu eine geeignete Strategie zu definieren. Eine Situation besteht aus einer Menge von logischen Bedingunge n, die durch entsprechende logische Operatoren miteina nder verknüpft sind.

Zu jeder Situation gibt es eine Strategie, die bei Auftreten der Situation automatisch akt iviert wird. Eine Strategie besteht wiederum aus einer Menge von einzelnen Maßnahmen zur Beeinflussung von Steuerungskomponenten. Über diesen Mechanismus erfolgt weite rhin die Ankopplung der Quartiersteuerung an das übergeordnete Strategiemanagement SAM (siehe auch Kapitel 3.1.5).

Das Auftreten einer SAM -Strategie wird dabei als Situation betrachtet, zu dem lokal für das Steuerungsgebiet der Quartiersteuerung eine entsprechende Strategie aufgerufen wird. Auf diese Weise wird die übergeordnete Strategische Steuerung von den Details der Quartiersteuerung entkoppelt, was die strategische Steuerung des Gesamtnetzes erheblich vereinfacht. Voraussetzung für diesen Mechanismus ist, das die entsprechende Strategie für das Gebiet der Quartiersteuerung versorgt ist.

CFVAS coftware CmbH Saite 35 / 52

#### 3.2.4.5 QuartierView

Die Oberfläche QuartierView wurde neu entwickelt und stellt eine wesentliche Erweiterung der bisher eingesetzten Oberflächen zur Verkehrs -Visualisierung dar. Die Entwicklung der Oberfläche wurde im Zusammenhang mit der grundlegenden Überarbeitung der gesamten VnetS-Anwenderschnittstelle durchgeführt.

Neu ist, dass die Daten nicht mehr nur umlaufbezogen angezeigt werden, sondern dass ein Teil der vom EON-Verkehrsmodell berechneten Daten in Echtzeit dargestellt werden, wobei hier nicht von harter Echtzeit gesprochen werden kann, da sich je nach Datenaufkomm en einige Sekunden Verzögerung ergeben können. Angezeigt werden die IV -Staulängen vor den Signalgruppen der LSA sowie die Positionen der ÖV -Fahrzeuge im Netz (siehe unte nstehende Abbildung). Weiterhin werden die vom EON -Steuerungsmodell berechneten Grünzeiten dargestellt. Insgesamt wird so ein schneller und hochaktueller Überblick über das aktuelle Verkehrsgeschehen ermöglicht.

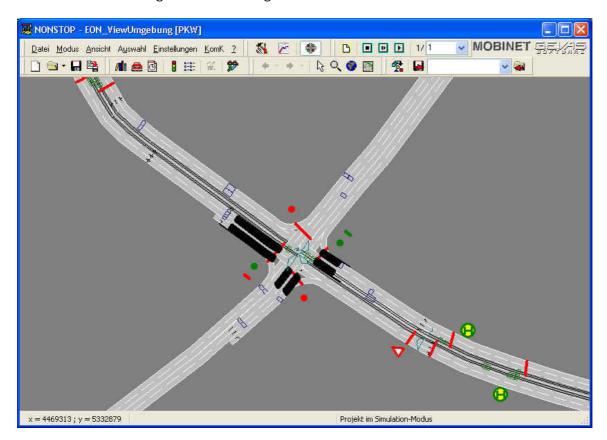


Abbildung 11: Darstellung des mIV in der Oberfläche QuartierView

#### 3.2.4.6 Externe Schnittstellen

Die Quartiersteuerung beinhaltet folgende Schnittstellen zu externen Systemen:

- RBL-Schnittstelle:
   Die Anbindung des RBL ermöglicht die Berücksichtigung von fahrzeugbezogenen Daten (Verspätung und Besetzungsgrad) in der Steuerung. Entspre chend müssen diese Daten vom RBL online bereitgestellt und ins VnetS übertragen werden.
- Andere Zentralen:
   Zur Zeit findet kein Datenaustausch mit anderen VnetS der LH -München statt.

GEVAS software CmhH Saite 36 / 52

- Lokale LSA-Steuerungen:

Als lokale Steuerung kommen bei den LSA der TREND S-Kern in der Version 4.2 zum Ei nsatz, der bereits auch in der Messestadt Riem eingesetzt wurde. Anders als die übrigen Komponenten des VnetS erfolgt die Kommunikation hier über den so genannten Ster nkoppler-Mechanismus, der eine schnelle Datenübertragung mit Latenzzeiten von wen igen Sekunden ermöglicht.

### 3.2.5 Umsetzung und Implementierung

#### 3.2.5.1 Demonstrationsfeld Haidhausen

Die untenstehende Abbildung 12 zeigt den Netzumgriff der MOBINET Quartier -Steuerung im Münchner Stadtteil Haidhausen mit Teilen der umliegenden Stadtviertel. Insgesamt beinhaltet das Versuchsfeld 24 LSA, wobei 5 davon nur Detektor -Werte und ÖPNV-Meldungen liefern und ansonsten nicht durch die Netzsteuerung beeinflusst werden können.

Im Quartier Haidhausen herrscht s tarke Konkurrenz zwischen den Verkehrsteilnehmern, sowohl verschiedener als auch gleicher Verkehrsart. Haidhausen ist als ein innerstädtisches und gewachsenes Stadtviertel geprägt durch eine dichte Bebauung und einen begrenzten Straßenraum. Es bestehen und tangentiale und radiale, sich kreuzende Hauptverbindungen des mIV mit hohem Verkehrsaufkommen sowie hoch belastete Knotenpunkte mit kompl exen Verkehrsabläufen. Es besteht ein umfangreiches Angebot an verschiedenen Arten des öffentlichen Verkehrs, insbesondere wird das Quartier durch mehrere Straßenbahn - und Buslinien erschlossen, die eine netzart ige Verflechtung aufweisen.

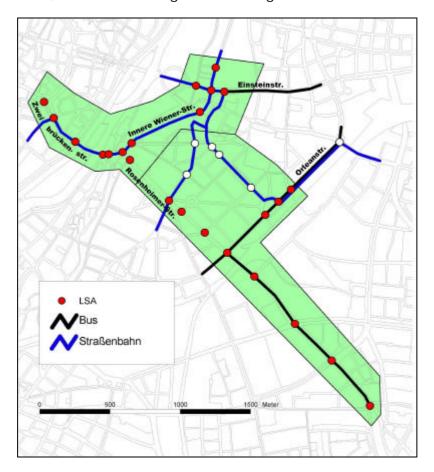


Abbildung 12: Netzumgriff Quartiersteuerung

CFVAS coftware CmbH Saite 37 / 52

Durch die häufig gemeinsame Nutzung des Straßenra ums durch mIV und ÖPNV ohne a bgegrenzte Spuren für Busse und Straßenbahnen ist die wechselseitige Beeinflussung z.B. bei ÖPNV-Priorisierung nicht einfach in den Griff zu bekommen. Es kommt zu häufigen g egenseitigen Behinderungen der einzelnen Verkehrsarten vor allem durch konkurrierende Anforderungen zwischen ÖPNV und mIV um Freigabezeiten am Knotenpunkt.

Oft wird dabei die Koordinierung der LSA stark gestört, was durch Brüche in der Grünen Welle zu zusätzlichen Lärm - und Abgasemissionen führt. Bedingt dur ch die hohe ÖPNV - Dichte entstehen aber auch Verlustzeiten für die ÖPNV -Fahrzeuge bei Konkurrenzsituati onen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen untereinander. Durch die dichte Bebauung ergibt sich außerdem ein hohes Verlustzeiten für die ÖPNV - Fahrzeuge bei Konkurrenzsituationen die GPNV - Fahrzeuge b

## 3.2.5.2 Implementierung im VnetS

Plattform für die Implementierung der Quartier-Steuerung ist die Gebietszentrale VnetS Haidhausen, das von der Landeshauptstadt München im Projekt MOBINET als Ersatz für die bisherige Gebietszentrale a ufgebaut wurde. Ein VnetS besteht aus einem Datenbankserver, einem Kommunikationsrechner sowie ein oder mehreren Rechnern für die verkehrstechn ischen Applikationen. Es werden dabei konventionelle Industrie -PC's unter dem Betriebssystem Windows eingesetzt, die mit einem lokalen Netz verbunden sind. Das ganze System findet in einem 19'' -Schrank Platz. Die LSA im Steuerungsbereich des VnetS werden per Modem oder über einen standardisierten Feldbus a ngebunden.

Die untenstehende Abbildung stellt schematisch d ie logische Systemarchitektur des Strat egierechners der Quartiersteuerung dar, d.h. seine Software -Komponenten und seine exte rnen Schnittstellen.

GEVAS software CmhH Saite 38 / 52

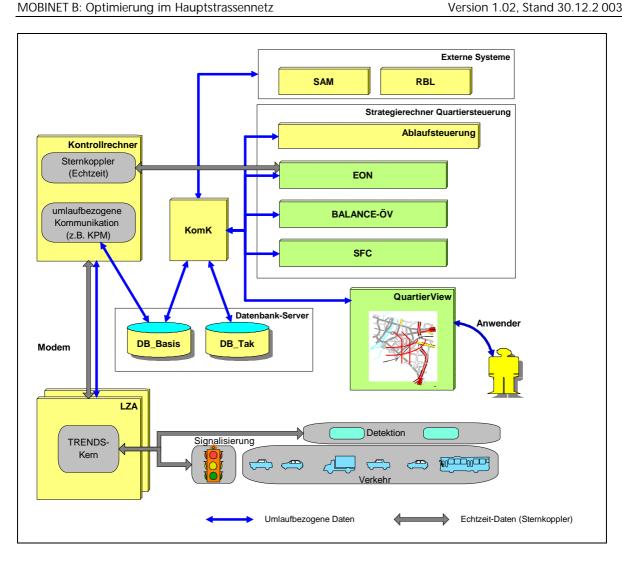


Abbildung 13: Systemübersicht Quartiersteuerung

Die obige Darstellung beinhaltet neben den verkehrstechnischen Komponenten der Quartiersteuerung (EON, BALANCE und SFC) auch einige grundsätzliche Software -Komponenten, die in jeder MOBINET-Zentrale installiert sind. Dies ist die Ablaufsteuerung zum geregelten Starten, Beenden und Überwachen der Prozesse, die Kommunikationskomponente KomK zum stadtweiten Datenaustausch zwischen Systemkomponenten sowie die lokale Date nbank. Nicht dargestellt sind weitere Komponenten zur Vorverarbeitung von Messwerten und Statusdaten. Weiterhin installiert ist der sog. Kontrollrechner, der die Kommunikation zu den LSA und Detektoren im zugehörigen Netz bereitstellt.

Für die Ereignisorientierte Netzsteuerung EON mit ihren besonderen Anforderungen an das Kommunikationssystem (Echtzeitdate n) war zusätzlich ein zweiter Weg zur Datenübertr agung einzurichten. Es wurde dabei auf den sog. Sternkoppler -Mechanismus des Kontrol Irechners zugegriffen, der ursprünglich zum schnellen Austausch von Steuerbefehlen zw ischen LSA eingerichtet wurde und der für ein begrenztes Datenaufkommen eine sekündlich ablaufende Datenübertragung ermöglicht. EON wird dabei wie eine LSA in den Sternkop pler integriert. Alle anderen Übertragungsvorgänge zwischen der Zentrale und den LSA e rfolgen dagegen nur einmal pro Umlauf.

Saita 20 / 52 GEVAS software GmhH

#### 3.2.5.3 Simulation EON

Das EON System wurde für Tests in das Simulationssystem NONSTOP eingebunden. Mit Hilfe von NONSTOP wurden dabei folgende Systemkomponenten realitätsnah abgebildet:

- die mIV-Detektoren
- die ÖPNV-Funkmeldepunkte
- die vollständigen, vor Ort ins tallierten Knotenpunktsteuerungen durch Einbindung des lokalen Steuerungssystems TRENDS-Kern
- der Übertragungsmechanismus (Sternkoppler)
- die für EON benötigten VnetS Komponenten (Datenversorgung und Übertragungskomponente KomK)
- und natürlich der Verkehrs selbst (ÖPNV und mIV)

Die Tests waren technischer Natur, d.h. es erfolgte in der Simulation eine Kontrolle der Stabilität des Systems, des Laufzeitverhaltens und der Gültigkeit der Resultate. Letzteres beinhaltete z.B. eine Kalibrierung und Überprüf ung des Verkehrsmodells von EON, jedoch keine Kontrolle der verkehrstechnischen Wirksamkeit.

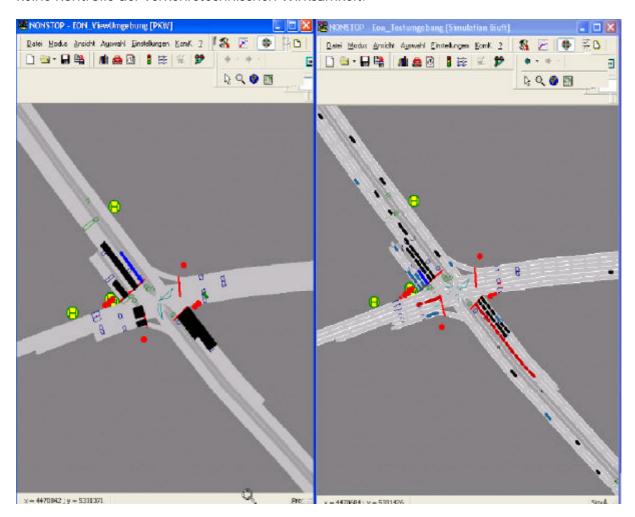


Abbildung 14: Simulation (rechts) mit Ausgaben des EON-Verkehrsmodells (links)

GEVAS software CmhH Saite 40 / 52

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass das System bei funktionierender technischer Umgebung stabil und performant funktioniert und dass die Verkehrsmodellierung den realen Verkehr hinreichend genau abbildet.

#### 3.2.5.4 Infrastruktur-Maßnahmen

Die folgende Tabelle fasst die für die Quartier -Steuerung vorgenommenen Erweiterungen an der verkehrstechnische Infrastruktur zusammen:

Maßnahme	Beschreibung
LSA-Steuergeräte	Die vorhandenen Steuergeräte waren vor MOBINET nicht in der Lage, Detektordaten und Systemzustände zu übertragen und mussten des halb erweitert werden. Insgesamt beinhaltet das Demonstrationsgebiet der Quartiersteuerung 25 LSA., die ganz oder teilweise an die neue Systemarchitektur angepasst wurden
	Davon sind 5 LSA sog. Satellitenanlagen d.h. sie können nicht gesteuert werden, liefern aber Detektordaten.
	Von den 19 LSA, die von seiten der Zentrale gesteuert we rden können wurden 14 Anlagen aufgerüstet, während 5 LSA - Steuergeräte ausgetauscht werden mussten. Die vorhand enen Außenanlagen konnten dabei jedoch zum größten Teil weiter verwendet werden.
	Die lokalen LSA -Steuerung wurden jeweils überplant, um sie den Anforderungen der Netzsteuerung anzupassen.
Detektoren	Es wurde darauf geachtet, dass die vorhandenen Detektoren der lokalen verkehrsabhängigen LSA -Steuerungen auch für die Netzsteuerung verwendet werden konnten. Es mussten deshalb nur an wenigen Stellen Detektoren nachgerüstet werden, so dass 25 neue Induktionsschleifen verlegt wurden. Die übrigen ca. 230 Detektoren konnten aus dem Bestand übernommen werden.
Kommunikation	Auch bei der Kommunikation der Zentrale mit den LSA - Steuergeräten wurde soweit wie möglich auf den Bestand z urückgegriffen. Insbesondere sollte vermieden werden, dass neue Übertragungsleitungen verlegt werden müssen. Alle rdings sind zwischen LSA und Zentrale ke ine Nachrichtenkabel, sondern Stromkabel verlegt, die technisch wenig geei gnet sind zur Nachrichtenübertragung. Es wurden deshalb spezielle Modems eingesetzt, die in der Lage sind, auf den vorhandenen Kabeln eine hinreichende Übertragungsleistung zu ermöglichen (9600 Bit/s, vollduplex)
Zentrale	Für die Quartier-Steuerung und für den Demonstrator Ring - Steuerung wurde eine gemeinsame Gebietszentrale VnetS mit insgesamt 6 Industrie -PC's und einem lokalen Netzwerk eingerichtet.

GFVAS coftware GmbH Saite 41 / 52

### 3.2.5.5 Umsetzungshemmnisse

Bei der Implementierung der Quartier - Steuerung gab es verschiedene Schwierigkeiten, die einen bestimmenden Einfluss auf die Umsetzung hatten.

Dies waren organisatorische und finanzielle Probleme, die bewirkten, dass die Umsetzung insgesamt erst sehr spät begonnen w erden konnte. Als wichtiger Punkt ist hierfür zu ne nnen, dass die Kosten für die im vorigen Kapitel beschriebenen Maßnahmen zur Anpassung der Infrastruktur vom zuständigen Fachamt der LHM, dem Baureferat T3, mehrfach nach oben korrigiert wurden, so dass ei nerseits der Umgriff des Demonstrationsfeldes angepasst werden musste und andererseits neue Mittel zur Finanzierung bereitgestellt werden mussten. Dies bewirkte, dass erst zu einem relativ späten Projektstand genau bekannt war, wie das Demonstrationsfeld im Einzelnen aussah (Verzögerungszeitraum ca. 1 Jahr).

Noch bedeutender wirkten sich technische Probleme aus. Insbesondere die Verzögerungen bei der Umsetzung der neuen MOBINET -Systemarchitektur (siehe hierzu auch Kapitel 3.1.5.2) bewirkten eine nachhaltige Verschleppung der Arbeiten an der Quartier -Steuerung sowie erheblich Zusatzaufwände. Diese technischen Probleme sind von den Herstellern der Signaltechnik verursacht worden, die in direktem Auftragsverhältnis zum Baureferat st anden.

Ein weiterer wesentlicher Problemschwerpunkt war die Echtzeit -Kommunikation mit dem Sternkoppler-Mechanismus, der für die Netzsteuerung EON genutzt werden sollte. Die hier aufgetretenen Schwierigkeiten hinsichtlich des Übertragungsverhaltens und gro b fehlerhafte Nachrichteninhalte bei LSA bestimmter Signalbaufirmen waren so schwerwiegend, dass sie bis zum Projektende nicht mehr gelöst werden konnten und der Feldversuch für EON deshalb in MOBINET nicht mehr durchgeführt werden konnte. Die Landeshaupts tadt München hat jedoch nachdrücklich ihr Interesse an dieser Entwicklung bekundet, so dass dies voraussichtlich im nächsten Jahr 2004 nachgeholt werden kann

GEVAS software CmhH Saite 42 / 52

# 4. MOBINET E, DATENVERBUND MIT MOBINET-ZENTRALE

# 4.1 Allgemeines

Im Arbeitsbereich MOBINET-E war GEVAS software mit vergleichsweise wenig Ressourcen ausgestattet. Dennoch konnte mit der Erstellung des so genannten multimodalen Strat egiemoduls der MOBINET-Zentrale ein wesentlicher Beitrag zu den Projektzielen des Arbeit sbereichs geleistet werden. Das Modul wird im folgenden Kapitel beschrieben.

Weiterhin war GEVAS software an der Konzeption des Gesamtsystems beteiligt, insbesondere was die Schnittstellen zu den Aktivitäten im Arbeitsbereich B anbelangt.

## 4.2 Multimodales Strategiemodul

## 4.2.1 Anforderungen

Wiederkehrende problematische Situationen, auf die verschiedene Systeme in unter - schiedlichen Zuständigkeitsbereichen geschlossen reagieren sollen, erfordern, dass die en t-sprechenden Maßnahmen vorweg abgestimmt werden. Hierzu wird in der MOBINET - Zentrale ein multimodale s Strategiemodul eingerichtet, in dem exemplarische Situationen mit Strategien versorgt werden.

Auf Grundlage zahlreicher Abstimmungsgespräche wurde ein Lastenheft für das Strate - giemodul erarbeitet, das inhaltlich sowohl mit den Entscheidungsträgern als auch mit den Entwicklern abgestimmt wurde. Darin werden zunächst die Zuständigkeiten im Ballungs - raum München dargestellt und die verfügbaren Systeme mit den jeweils verfügbaren Daten und aktivierbaren Maßnahmen erläutert. Darauf basierend erfolgt die Entw icklung machbarer exemplarischer Strategien.

Insgesamt wurden gemeinsam mit den Entscheidungsträgern folgende problematische Situationen identifiziert, die im Strategiemodul zu berücksichtigen sind:

- Großräumige Störung Innenstadt
- Prognostizierte großräumi ge Störung Innenstadt
- Unerwartete lokale Störung (mehrere Typen)
- Geplante Ereignisse (mehrere Typen)
- Umweltbezogene Strategien (mehrere Typen)
- Ungünstige Witterung und
- ÖPNV-Störung.

CFVAS coftware CmbH Saite 42 / 52

## 4.2.2 Konzeption und Entwicklung

Zur Versorgung dieser Situationen im Strategi emodul gehört einerseits eine Situationser - kennung, andererseits ein Maßnahmenbündel für die angeschlossenen Systeme, das bei Eintritt der Situation anzustoßen ist. Da von einem Maßnahmenbündel meist Systeme in unterschiedlichen Zuständigkeitsbereichen bet roffen sind, ist es essentiell wichtig, die Ab - stimmung der Maßnahmen nicht im Regelbetrieb sondern bereits vorweg organisatorisch herbeizuführen.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Funktionsweise des Strategiemoduls.

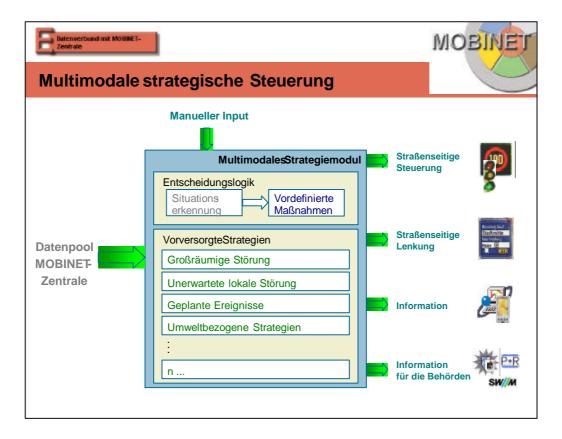


Abbildung 15: Übersicht Multimodales Strategiemodul

Auf der Datengrundlage der MOBINET - Bediener sowie der Polizei erfolgt eine Analyse des Verkehrs und die Erkennung von Situ ationen, für die Strategien versorgt wurden. Bei Erkennung einer Situation werden die vordefinierten Maßnahmen angestoßen.

Aus den exemplarisch erarbeiteten Strategiebeispielen konnten Anforderungen bezüglich des Implementierungsrahmens für das Strategiemodul erarbe itet werden. Die Definition e iner Strategie umfaßt neben der Liste der damit verbundenen Maßnahmen (ggf. mit Bedingungen zur Aktivierung) auch eine Festlegungen möglicher Strategiezu stände, und die Regeln zum Schalten dieser Zustände (Situationserkennung).

Eine Strategie kann sich in verschiedenen Zuständen, aber gleichzeitig immer nur genau in einem, befinden, wobei es formell auch den Initialzustand "Strategie nicht notwendig" gibt.

GFVAS coftware GmbH Saite 44 / 52

Zur Laufzeit findet für alle hinterlegten Strategien eine zyklische Prüfung der Regeln für die Situationserkennung statt. Das Zutreffen einer Regel bedeutet für die entsprechende Strategie einen Zustandswechsel (z.B. aus den Initialzustand in einen aktiven Zustand, der Maßnahmen bedingt). Dieses Zustandsmanagement stellt den Laufzeit-Kern des Strategiemoduls dar.

Bestimmten Zuständen sind bestimmte Maßnahmenbündel zugeordnet. Den Strategien stehen folgende Maßnahmenarten zur Verfügung:

- Steuerung
- Straßenseitige Empfehlung und Information
- Information der Verkehrsteilnehmer (Info-Dienste, MOBINET-Internet-Seiten etc.)
- Informationsweitergabe an die Systeme (z. B. Polizei, PLS, SAM ...).

Diese Maßnahmen werden von verschiedenen angeschlossenen Systemen ausgeführt. Das Strategiemodul fordert die Aktivierung dieser Maßnahmen dort an . Je nach System gesta Itet sich dabei die Kommunikation unterschiedlich.

Als wichtigste Systeme sind hier der Strategiemanager des Arbeitsbereichs B (SAM) und die Internetdienste zur Informationsverbreitung, wie sie durch den Arbeitbereich C betreut werden, zu nennen. SAM erlaubt den (in entsprechende SAM -Strategien gekapselten) Zugriff auf die Aktoren der Demonstratoren und damit straßenseitige Maßnahmen. Die I nternetdienste stellen eine wesentliche Möglichkeit zur Informationsverbreitung dar. Mit diesen Systemen wurden entsprechende Vereinbarungen getroffen.

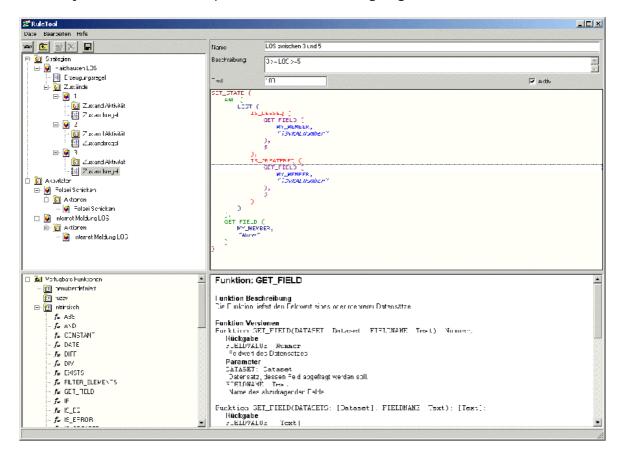


Abbildung 16: Oberfläche Strategiemodul

GEVAS software GmbH Saite 45 / 52

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

# 5.1 Zusammenfassung der Aktivitäten von GEVAS software

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Aktivitäten v on GEVAS in chronolog ischer Reihenfolge zusammengefasst. Aufgeführt sind nur Arbeiten, an denen GEVAS maßgeblich, federführend oder ausschließlich beteiligt war.

Als fortlaufende Aktivitäten leistete GEVAS weiterhin die Leitung der MOBINET -AG *Quartier-Steuerung* und die Koordination der Leitung MOBINET -AG *Systemarchitektur und Anwender-Schnittstellen*. GEVAS war darüber hinaus an allen maßgeblichen Arbeitsgruppen im Bereich B beteiligt. Besonders hervorzuheben sind dabei die Arbeitsgruppe *Kommunikation und Schnittstellen* sowie die Arbeitsgruppe *Strategische Steuerung*.

Beschreibung der Aktivität	Abschluss
Initialisierung der Arbeitsgruppen <i>Quartier-Steuerung</i> und <i>Systemarchitektur</i> : Definition der Ziele, Klärung der Veran twortlichkeiten, Aufgabenbereiche, Zeit planung	12/1998
Anforderungsdefinition der MOBINET-Systemarchitektur: Anforderung der Demonstratoren Quartier/Sektor/Ring/Netz - Info, betrieblich Aspekte, technische Ausgangsbasis und Rahmenbedingungen	03/1998
Grobspezifikation der MOBINET-Systemarchitektur: Festlegung der einzelnen Schichten der Architektur (Layer), Nomenklatur, erste Festlegung der Funktionalität der einze I- nen Komponenten, grobe Definition der internen und exte r- nen Schnittstellen, digitale Karten -Grundlage, Analyse der benötigten Komponenten	06/1999
Bestandsaufnahme der vorhandenen verkehrstechnischen Infrastruktur im Bereich der Quartier -Steuerung: Steuergerä- te Detektoren, Kommunikationsleitungen, Signalisierung, lokale Steuerungen etc.	04/1999
Ist-Analyse des Verkehrsablaufs im Ber eich der Quartier- Steuerung, darauf aufbauend erster Entwurf des Demons t- rationsfeldes Haidhausen mit umliegenden Stadtteilen.	04/1999
Grobspezifikation der Quartier -Steuerung: Festlegung der Funktionalität der einzelnen Komponenten auf taktischer und lokaler Ebene, grobe Definition der internen und exte r- nen Schnittstellen, Festlegung der technischen Rahmenb e- dingungen	06/1999

CFVAS coftware CmbH Saite 46 / 52

	1
Grobspezifikation der Wirkungsweise der Strategischen Steuerung: Schnittstelle zum Arbeitsbereich E, Design und Schnittstellen der Z entralen	06/1999
Definition des Netzmodells von MOBINET	08/1999
Anforderungsanalyse für die Radfahrer/Fußgänger -Detektion	10/1999
Entwurf für die graphischen Informationstafeln der Qua rtier-Steuerung	10/1999
Detaillierte Ausarbeitung der Systemarchitek tur der MOBINET-Zentrale und der VnetS-Zentralen	10/1999
AG Kommunikation und Schnittstellen: Analyse der erforde r- lichen Kommunikationsvo rgänge, State-of-the-Art-Analyse vorhandener Weitverkehrsnetze und Feldbus -Systeme	10/1999
Feinspezifikation der Import-Schnittstelle des RBL -Moduls zur Kopplung des Rechnergestützten Betriebsleitsystems der Stadtwerke München an die MOBINET -Systemarchitektur	11/1999
Entwurf der Einbindung der Systeme des Bereichs B in die Systeme des Arbeitsbereichs E, Grobkonzept Stra tegiemodul	11/1999
Auswahl von CORBA als Middleware für die Kommunikat i- onsvorgänge in MOBINET	11/1999
Verfeinertes Konzeption der Quartier -Steuerung: Detailli erung der Funktionalität der einzelnen Komponenten sowie ihrer Schnittstellen. Erste Festlegung der verwendeten Algorithmen und Verfahren.	12/1999
Erste Konzeption des KomR -ZBR zur Ankopplung von Dete ktoren des ZBR an die MOBINET -Systemarchitektur.	12/1999
Erste Kostenschätzung für die verkehrstechnische Infrastru ktur der Quartier-Steuerung im Demonstrationsfeld Haidhausen, daraufhin Anpassung des Netzumgriffs in Abstimmung mit den Projektpartnern.	12/1999
Erarbeitung des Styleguides für das Projekt MOBINET, in dem die Richtlinien, Festlegungen und Vorlagen für das o p- tische und bedientechnische Ers cheinungsbild der im Ra h- men des Projektes erstellten Software zusammengefasst sind	03/2000
Festlegung der externen Schnittstellen und der verwendeten Übertragungsprotokolle der Quartier-Steuerung, insbeson- dere des Sternkoppler-Mechanismus	03/2000
Konzeption des Systems zur Kopplung des Rechnergestüt z- ten Betriebsleitsystems der Stadtwerke München an die MOBINET-Systemarchitektur, Erarbeitung der Unterlagen zur Vergabe	03/2000
Grobspezifikation des KomR-ZBR	04/2000

CEVAS coftware CmhH

Entwurf der Kommunikationskomponente Ko mK: Grob- Design, Datenobjekte, Schnittstellen	06/2000
Mitarbeit bei der Fertigstellung des Endberichts der AG Kommunikation und Schnittstellen	06/2000
Vorbereitung Testinstallation zur Fußgänger -Detektion	06/2000
Verfeinerte Planung der verkehrstechnisc hen Infrastruktur der Quartier-Steuerung im Demonstrationsfeld Haidhausen auf Basis neuerer Kostenschätzungen, Einbeziehung der Rosenheimer-Straße in das Demonstrationsfeld	06/2000
Feinspezifikation der MOBINET-Systemarchitektur: Festlegung der Funktion alität der einzelnen Komponenten, Definition der internen und externen Schnittstellen insbes. Zum Bereich E, Festlegung der Datenbankstrukturen, Lokal i- sierung der Komponenten in den Zentralen	07/2000
Testinstallation für ein CORBA -System zur Genehmigung des Einsatzes von CORBA im Stadtnetz der Landeshauptstadt München	07/2000
Erster Prototyp der Kommunikationskomponente KomK	07/2000
Erstellung eines Anforderungskatalogs der VnetS (Hardware und Software) als Grundlage für die Ausschreibung der Ze ntralen.	09/2000
Erstellung der Ausschreibungsunterlagen für den KomR -ZBR	09/2000
Erstellung Finanzierungskonzept und Lastenheft der RBL - Schnittstelle	10/2000
Erstellung eines Konzepts zur Ermittlung der Zustände von Anlagen des Altsystems über eine Schnittstell e zum ZBR (Terminal-Emulation)	12/2000
Erstellung der Entwicklungsdokumente Pflichtenheft und Systemdesign der Quartier-Steuerung	11/2000
Design des Systems zur Ermittlung der Zustände von Anl agen des Altsystems über eine Schnittstelle zum ZBR (Term inal-Emulation)	03/2001
Fertigstellung der Planung der verkehrstechnischen Infr a- struktur der Quartier-Steuerung und des Netzumgriffs im Demonstrationsfeld Haidhausen, Verbesserung der Koste n- schätzung, Entscheidung der LHM gegen eine Aufstellung von Informationstafeln	03/2001
Auslieferung der Alpha-Version der Kommunikationsko m- ponente KomK, Support der Entwickler bei der Einbindung der KomK in ihre Systeme	04/2001
Anpassung der Programmschnittstelle der KomK in Zusa m- menarbeit mit den Systementwicklern in MOBIN ET-B	09/2001

CEVAS coftware CmhH

Entwicklung der Datenbankschnittstelle TakK_BDB zur Kop plung von Basisdatenbank und Taktischer Datenbank der VnetS-Zentralen	10/2001
Ausschreibung der VnetS-Zentralen	10/2001
Fertigstellung der internen Algorithmen der Netzsteuerung EON	11/2001
Anpassung des Simulationssystems NONSTOP an die Quartiersteuerung	11/2001
Entwicklung eines Versorgungseditors für die Taktische D atenbank der VnetS-Zentralen	12/2001
Submission der Basissystems des KomR -ZBR	12/2001
Feldversuchsplanung der Quartie r-Steuerung	12/2001
Abschluss der Methodenentwicklung bei der Netzsteuerung BALANCE, Beginn der technischen Tests	04/2002
Planung der lokalen LSA -Steuerungen im Quartier Haidha u- sen zur Anpassung an die Netzsteuerung	06/2002
Inbetriebnahme der KomK auf C ORBA-Basis	08/2002
Entwicklung und Implementierung der Versorgungsoberfl ächen der MOBINET-Systemarchitektur	09/2002
Inbetriebnahme des Moduls zur Anbindung der Detektord aten des ZBR in der MOBINET-Zentrale	09/2002
Entwicklung und Implementierung der int ernen Komponenten des VnetS zur Steuerung des Ablaufs und zur Aufbere itung von Detektor- und Zustands-Daten (AST, TakK_TGR, TakK_KPM, TakK_BDB, TakK_KPM-FTP)	10/2002
Entwicklung des Moduls zur Anbindung der RBL -Daten der Stadtwerke München	12/2002
Abschluss der Methodenentwicklung bei der Netzsteuerung EON, Beginn der technischen Tests	04/2003
Umfangreiche Tests und Problembehebungen an der Ko m- munikationskomponente KomK führen aufgrund von Mä n- geln der verwendeten Middleware CORBA zu keinem a b- schließenden Ergebnis. Als Folge wird ein Redesign der i n- ternen Kommunikationsvorgänge der KomK vo rgenommen.	06/2003
Inbetriebnahme der KomK mit dem neuen Design (ohne CORBA)	08/2003
Inbetriebnahme des Moduls zur Anbindung der RBL -Daten der Stadtwerke München	09/2003
Erneute Inbetriebnahme der VnetS-Zentralen mit allen dazugehörigen Komponenten auf Basis der neuen KomK	10/2003
Erstellung der Schluß - und Endberichte	12/2003

Tabelle 1: Aktivitäten von GEVAS software im Rahmen von MOBINET

CEVAS coffware CmhH

## 5.2 Bewertung, Folgerungen und Ausblick

## 5.2.1 Systemarchitektur

Von Projektbeginn an war den beteiligten Partnern bewußt, dass der Aufbau einer vol I-ständig neuen Systemarchitektur für die Verkehrssteuerung eine komplexe und anspruch svolle Aufgabe darstellt. Trotz so rgfältiger Vorbereitung und Planung der Architektur und der zu ihrer Umsetzung notwendigen Aktivitäten wurde der Implementierungsaufwand jedoch zum Teil deutlich unterschätzt, so dass die Umsetzung insgesamt sehr viel mehr Zeit und Ressourcen in Anspruch genommen hat, als ursprünglich geplant.

Gründe hierfür waren vor allem, dass im Projektverlauf eine Vielzahl von technischen Problemen gelöst werden mussten, die anfangs nicht oder zumindest nicht vollständig bekannt waren oder sein konnten. Hier ist insbe sondere die Kommunikationskomponente KomK zu nennen, bei der sich der Einsatz der Middleware CORBA erst bei der Inbetrie bnahme als nicht zielführend herausgestellt hat, so dass zu einem sehr späten Zeitpunkt im Projekta blauf ein Re-Design der Software erforderlich war. Da die gesamte Architektur darauf au fbaut war, wurde auch die Entwicklung der anderen Systemkomponenten stark verzögert. Weitere wesentliche Gründe für die Verzögerungen waren organisatorischer Natur: Bedingt durch die gegenüber der Planung deutlich höheren Kosten für die steuerungstechnische Infrastruktur (Rechner, Modems, Detektoren, LSA -Steuergeräte ...) mussten einerseits technische Ersatzlösungen zur Kostenersparnis erarbeitet und andererseits neue Mittel der LHM zur Finanzierung bereitge stellt werden, so dass mit der Umsetzung der Systema rchitektur insgesamt erst spät begonnen werden konnte.

Trotzdem konnten die anfangs gestellten Projektziele im Wesentlichen erreicht und in ein igen Anwendungsbereichen teilweise sogar übertroffen werden. Um das Ausmaß des von den Projektpartnern erarbeiteten Fortschritts zu verdeutlichen werden nachfolgend —ohne Anspruch auf Vollständigkeit —einige Merkmale der Systemarchitektur zusammeng efasst.

- Überwindung institutioneller Grenzen: Im Rahmen des Projek tes wurde ein System geschaffen, das einen Austausch von Verkehrsdaten über verschiedene Referate der Stadt und zwischen Stadt und Land ermöglicht. Dies war einerseits ein technisches Problem, aber vor allem haben die beteiligten Öffentlichen Aufgabenträger durch die Schaffung der dazu notwendigen organisator ischen und rechtlichen Voraussetzungen eine gewaltige Aufgabe bewältigt.
- Zentralen:
  Innerhalb von MOBINET wurden vier Verkehrszentralen geschaffen, an der die neue Systemarchitektur implementiert wurde. Jede Zentrale besteht dabei aus mehreren Rechnern und einem lokalen Netz. Die Zentralen selbst sind untereinander mit Hilfe eines Weitverkehrsnetzes (WAN) verbunden und sind durch ihr modulares Konzept prinzipiell beliebig erweiterbar.
- Zentrale und einheitliche Versorgung: Die verkehrstechnischen Applikationen k\u00f6nnen auf Grundlage des einheitlichen Net z-modells der KomK mit gemeinsamen Versorgungstools zentral versorgt werden. Die eingespielten oder ver\u00e4nderten Daten werden automa tisch und transparent f\u00fcr den B enutzer an die Applikationen bzw. die betroffenen Zentralen weitergereicht. Wenn be ispielsweise ein neuer Messquerschnitt auf einer Stra\u00dfe installiert wird, muss dieser nicht in jeder einzelnen Applikation eingepflegt werden, sondern die neuen Detektoren sind Teil des Netzmodells, das von allen MOBINET -Applikationen verwendet wird so

CFVAS coftware CmbH Saite 50 / 52

dass die zugehörigen Daten automatisch allen Applikationen zugute kommen, die auf diesem Netzbereich arbeiten.

- Austausch beliebiger Verkehrsdaten:
  Alle im System erzeugten Daten angefangen von einfachen Detektor -Messwerten bis hin zu aufbereiteten Modelldaten der Applikationen können beliebig im gesamten städtischen Netz abgerufen werden. Die einzelnen Applikationen müssen sich dabei nicht darum kümmern, wo die Daten physikalisch tatsächlich abgelegt werden.
- Flexibilität: Durch den generischen Ansatz der KomK können beliebige Arten von Versorgungsd aten und dynamischen Daten angelegt werden, ohne dass eine Änderung des Systems erforderlich wäre. Eine neue Datenart benötigt lediglich einen Eintrag in dem Datenk atalog der KomK (sog. Metadaten). Die Anpassungen können dabei im laufenden Betrieb erfolgen. Auf diese Weise können problemlos neue Anwendungen zum System hinz ugefügt werden.
- Einbindung von Bestandssystemen:
   Durch die Schaffung von Schnittstellen konnten bestehende Systeme in die neue Arch itektur eingebunden und deren Daten damit erstmalig allgemein verfügbar gemacht werden. Ein Beispiel hierfür ist der Zentrale Bedienrechner ZBR, dessen Dete ktoren bisher nur am ZBR selbst ausgewertet wurden, währen sie nun durch mehrere Applikati onen im gesamten Stadtnetz verwendet werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass trotz aller Schwierigkeiten im Rahmen des Projektes eine Systemarchitektur entst anden ist, die in technischer Hinsicht und auch b ezüglich der Kooperation der beteiligten öffentlichen Institutionen neue Maßstäbe setzt und die auch im internationalen Vergleich herausragend ist. Die Ergebnisse und Erfahrungen sind bereits in die OCIT-Intiative zur Schaffung sta ndardisierter Schnittstellen im gesamten Verkehrsmanagement- und Verkehrssteuerungssystem eingeflossen.

Die Arbeiten sind dabei noch keineswegs abgeschlossen, vielmehr werden in den komme nden Jahren voraussichtlich noch einige Änder ungen erfolgen, um das System zu optimi eren, funktionell zu erweitern und an die praktischen Anforderungen der Betreiber anzupa ssen. Die wesentlichen technischen und organisatorischen Durchbrüche hin zu einer offenen und flexiblen Architektur für verkehrst echnische Anwendungen konnten jedoch innerhalb von MOBINET geleistet werden.

### 5.2.2 Quartier-Steuerung

Gemessen an den ursprünglichen Projektzielen müssen die Ergebnisse des Demonstrators Quartier-Steuerung durchaus kritisch betrachtet werden: Die Informationsta feln und die Sensoren zur Erfassung des nicht -motorisierten Individualverkehrs konnten aus den beschriebenen Gründen nicht umgesetzt werden, insbesondere weil im Demonstrationsfeld keine geeigneten Standorte gefunden werden konnten. Weiterhin konnte die Ereignisorientierte Netzsteuerung EON vor allem aufgrund technischer Schwierigkeiten bei der Datene rfassung und -übertragung nicht mehr in Betrieb gehen. Insgesamt waren die Projektziele hier offensichtlich zu ambitioniert.

Auf der anderen Seite wurde ein System geschaffen, dass einen erheblichen Fortschritt da rstellt, wenn man es mit dem Status vor Projektbeginn vergleicht: Die Daten jedes Detektors im Testfeld und die Zustände aller Geräte stehen in sehr detaillierter Form zur Verfügung und können von allen verkehrstechnischen Applikationen der Landeshauptstadt München

GFVAS software GmbH Saite 51 / 52

genutzt werden. Umgekehrt können von einer beliebigen Stelle im Netz der Stadt Schaltbefehle für die Aktoren in Haidhausen gesendet werden.

Die Quartier-Steuerung selbst stellt mit der adaptiven Netzsteuerung BALANCE und dem regelbasierten Tool SFC/SAW zwei mächtige Steuerungswerkzeuge bereit, die in der Lage sind, den Verkehrsablauf deutlich zu verbessern und mit denen auf effektive und unmitte Ibare Weise verkehrspolitische Ziels etzungen umgesetzt werden können. Auch die Arbeiten an EON waren nicht umsonst, da die damit gewonnenen Erfahrungen sowie die in MOBINET erstellte Software in andere Projekte und Applikationen einfließen können.

#### 5.2.3 MOBINET-E

Im Arbeitsbereich MOBINET-E war GEVAS software mit vergleichsweise wenig Ressourcen ausgestattet. Dennoch konnte mit der Erstellung des multimodalen Strategiemoduls der MOBINET-Zentrale ein wesentlicher Beitrag zu den Projektzielen des Arbeitsbereichs gelei stet werden. Weiterhin war GEVAS software an der Konzeption des Gesamtsystems bete iligt, insbesondere was die Schnittstellen zu den Aktivitäten im Arbeitsbereich B anbelangt.

Das Strategiemodul ermöglicht Erkennung von verkehrlichen Situationen (Szenarien) und die Definition von zugehör igen Strategien als automatische Reaktion darauf. Die für den Betreiber wesentlichen Situationen wurden in zahlreichen Abstimmungsgesprächen ermi ttelt und in einem Lastenheft zusammengestellt. Hierbei wurden zunächst die Zuständigke iten im Ballungs raum München dargestellt und die verfügbaren Systeme mit den jeweils verfügbaren Daten und aktivierbaren Maßnahmen erläutert. Darauf basierend erfolgte die Entwicklung mach barer exemplarischer Situationen mit den entsprechenden Strategien, die wiederum aus einem Bündel von Maßnahmen bestehen.

Zur Versorgung der Situationen und der Strategien im Strategiemodul wurde eine eigene Oberfläche erarbeitet, die auf einer flexiblen Skript -Sprache beruht, die ebenfalls eigens für Das Strategiemodul entwickelt wurde.

Das Strategiemodul selbst überprüft zur Laufzeit zyklisch, ob die hinterlegten Situationen eingetreten sind. Bestimmten Verkehrszuständen sind dann Strategien zugeordnet, die vordefinierte Maßnahmenbündel auslösen. Dabei stehen steuernde Maßnahmen (LSA, WWW etc.) oder Maßnahmen zur Verkehrsinformation zur Verfügung (straßenseitig und im Internet für Verkehrsteilnehmer, aber auch für die betroffenen Behörden). Die wichtig sten angebundenen Systeme sind dabei der Strategiemanager des MOBINET -Arbeitsbereichs B (SAM) und die Internetdienste zur Informationsverbreitung (MOBINET -Arbeitbereich C.

München, 30. Dezember 2003

### **GEVAS** software

Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH

CFVAS coftware CmbH Saite 52 / 52

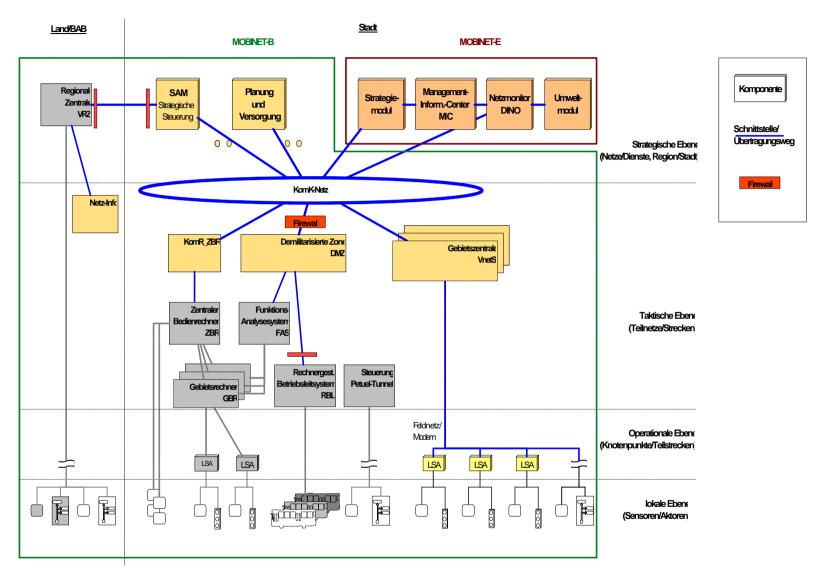


Abbildung 2: Systemarchitektur MOBINET B und Übergang zu MOBINET E

GEVAS software GmbH Seite 13 / 52

### **Berichtsblatt**

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart	
	Schlussbericht	
3a. Titel des Berichts Schlussbericht zum Leitprojekt MOBINET, Bereiche B+E: Optimierung im Hauptstraßennetz + Datenverbund mit MOBINET -Zentrale Projektbeteiligung der GEVAS software GmbH, München		
3b. Titel der Publikation		
<ul> <li>4a. Autoren des Berichts</li> <li>Wulffius Herwig, DiplMath.</li> <li>Mertz Dr. Joachim, DiplInf.</li> <li>Krahl Michael, DiplPhys.</li> </ul>	5 Abschlussdatum des Vorhabens 31. Juli 2003	
4b. Autoren der Publikation	Veröffentlichungsdatum     Form der P ublikation	
8. Durchführende Institution	Berichtsnummer Durchführende Institution	
GEVAS software Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH Leuchtenbergring 20 85 677 München	10. Förderkennzeichen  19B98 18G/6  11a. Seitenanzahl Bericht  52  11b. Seitenanzahl Publikation	
13. Fördernde Institution	12. Literaturangaben	
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMB+F) 53 170 Bonn	14. Tabellen  1 15. Abbildungen  16	
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei		

# 18. Kurzfassung

Der vorliegende Schlussbericht umfasst die Arbeiten von GEVAS software GmbH als Konsortialpartner im Leitprojekt MOBINET, das in der Zeit vom 1. September 1998 bis 31. Juli 2003 (59 Monate) in München durchgeführt worden ist, und als Mitgl ied verschiedener Arbeitsgruppen innerhalb der beiden Arbeitsbereiche B (Optimierung im Hauptstraßennetz) und E (Datenverbund mit MOBINET-Zentrale).

Zielsetzung des **Arbeitsbereiches B** ist die Entwicklung und Implementierung so genannter Demonstratoren gew esen, die beispielhaft die charakteristischen Bereiche verkehrlicher Aufgabenstellung in einer Großstadt mit umgebenden Ballungsraum behandeln:

Demonstrator

NetzInfo dynamische Verkehrsinformation auf dem Autobahnring im Osten der

Landeshauptstadt

Demonstrator

**Sektorsteuerung** Alternativroutensteuerung der in die Stadt einfahrenden Verkehre

Demonstrator

**Ringsteuerung** Steuerung des Verkehrs auf der wichtigsten Ringstraße der Stadt mit

begleitenden Maßnahmen wie dynamische Zuflusssteuerung, und

Fahrspurzuweisung, Verkehrsinformation durch grafische Anzeigetafeln s owie

adaptive Lichtsi gnalsteuerung

Demonstrator

Quartiersteuerung Optimierung des Verkehrs in innerstädtischen Stadtbereichen durch adaptive

Rahmensteuerung des mIV und ereignisorientier te Netzsteuerung unter

besonderer Berücksichtung der Belange des Oberflächen-ÖPNV

Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeiten von GEVAS software im MOBINET -Arbeitsbereich B war dabei der Demonstrator Quartiersteuerung, bei dem GEVAS software die Projektleitun g inne hatte.

Aufgabe des **Arbeitsbereiches E** ist es u.a. gewesen, eine Verkehrs managementzentrale einzurichten, die die folgenden Merkmale besitzt:

- Datenaustausch mit den vom Freistaat Bayern betriebenen Verkehrrechnerzentralen für die Autobahnen für die Zusammenführung von städtischen und Autobahn -Daten zur Anzeige der verkehrlichen Situation auf der NetzInfo -Tafel
- o dynamische Verkehrsmodellierung des Hauptstraßennetzes Münchens mit Visualisierung
- o automatisiertes Strategiemanagement in der Verkehrszentra le
- strategischer Leitstand zum manuellen Eingriff auf die Systemen der Steuerungsebene bei besonderen Situationen

GEVAS software hat im Rahmen von MOBINET (Forschungsprojekt) und im Auftrag der Landeshauptstadt München die folgenden Arbeiten für Spezifika tion, Implementierung, Systemintegration, Inbetriebnahme und Testbetrieb durchg eführt:

- generelle Entwicklung der Systemarchitektur für das Verbundsystem
- generische, verteilte Datenbank zur Haltung aller Versorgungs und Situationsdaten im städtischen Gesamtsystem
- verkehrsadaptive Netzsteuerung BALANCE (Weiterentwicklung für den Datenverbund) in den Demonstratoren Quartier, Sektor West und Ringsteuerung
- o ereignisorientierte Netzsteuerung EON für den Demonstrator Quartier
- o Bedien- und Visualisierungsoberflächen
- Kommunikationskomponente KomK als verkehrstechnische Middleware im Stadtnetz zur flexiblen und zeitnahen Verteilung von Situations - und Versorgungsdaten
- Aufbau der Strategierechner und der Kommunikationsrechner in den VnetS -Zentralen der Demonstratoren Q uartier, Sektor West und Nord.
- o Einbindung des Demonstrators Ringsteuerung in das VnetS Quartier
- Anbindung des Altsystems "Zentrale Bedienrechner ZBR" zur Verfügbarmachung von ca. 400 Detektoren im gesamten Stadtgebiet
- Anbindung des Rechnergestützten Betriebs-Leitsystems RBL der Verkehrsbetriebe SWM zur Verfügbarmachung der Fahrplanlage der Straßenbahnen und Busse für die ereignisorientie rte Netzsteuerung
- Ansteuerung des Altsystems ZBR für die makroskopische Programmschaltung mittels
   Netzsteuerung sowie zur Übertragung der Zustände aller LSA im Stadtgebiet, die nicht an eine VnetS-Zentrale angebunden sind (ca. 900 LSA)
- Anbindung des Umweltmoduls zur dynamischen Ermittlung von verkehrsbedingten Emi ssionen für das städtische Referat für Umwelt und G esundheit
- Modul zum Strategiemanagement für die MOBINET -Zentrale

Diese Aufzählung zeigt auf, welchen bemerkenswerten Umfang die Arbeiten in den Arbeit sbereichen B und E erreicht haben. Das Ziel des Leitprojektes, durch konkrete Umsetzung neuer Verkehrstechnik aufzuzeigen, wie unter Einbeziehung bestehender Systeme und E rrichtung neuer Systeme ein Verkehrssteuerungs- und -managementsystem entstehen kann, ist so erreicht worden. Die Landeshauptstadt hat bereits in der politischen Ebene beschlo ssen, die innerhalb MOBIN ET entstandenen Systeme in den Regelbetrieb zu übernehmen und auf ihnen weiter aufzuba uen.

Als besonderer Erfolg kann der in den Regelbetrieb übernommenen Datenverbund innerhalb aller Teilsysteme der Stadt (Kommunikationskomponente KomK) und im Zusamme nwirken mit den Erfassungssystemen der Autobahnen bezeichnet werden.

An dieser Stelle sei aber auch auf negative Punkte im Projektverlauf eingegangen. Bereits im Anfangsstadium des Leitprojektes hat sich gezeigt, dass die Detailplanung und Beschaffung der MOBINET-Infrastruktur mit erheblichen Problemen und Verzögerungen verbunden war. Aus diesem Grunde musste GEVAS software in ihrer Rolle als Verantwortliche für die Sy stemarchitektur und für den Demonstrator Quartiersteuerung sehr viel Aufwand in die Koord inierung und das Controlling der Beschaffungsmaßnahmen einbringen. Als technisches Pro blem hat sich im Projektverlauf herausgestellt, dass die Middleware CORBA, die u rsprünglich für die Kommunikationskomponente KomK stadtweit ve rwendet werden sollte, die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen konnte und durch einen anderen Mechanismus ersetzt werden musste, so dass eine aufwändige Neuentwicklung erforderlich war. Als besonders kritisch hat sich weiterhin heraus gestellt, dass der wichtigste Lieferant der Lichtsignalanlagen die geforderten Aufgaben in Bezug auf die neuen

Kommunikationseigenschaften ve rspätet oder gar nicht erfüllt hat. Trotz intensiver Bemühungen der Landeshauptstadt München ist es deshalb nicht gelungen, innerhalb des Zeitrahmens von M OBINET die Voraussetzungen für die Inbetriebnahme der Ereignisorientierten Netzsteuerung EON im Demonstrationsgebiet Haidhausen zu schaffen, weil der sekundenscharfe Austausch von Situationsdaten einerseits und Steuerungsdaten and ererseits von den Lichtsig nalanlagen bislang nicht erfüllt werden konnte. EON wird daher vo raussichtlich erst im ersten Quartal 2004 in den Vor -Ort-Betrieb gehen können.

Zusammenfassend ist im Hinblick auf die Ergebnisse in den Arbeitsbereichen B und E fes tzustellen, dass

- die an GEVAS software gegebenen Aufgaben weitestgehend erfüllt worden sind und eine Vielzahl von zusätzlichen Aufgaben, die bei der Definition der Projektinhalte im Jahre 1998 noch nicht bekannt waren, ebenfalls erledigt werden kon nten;
- die Grundidee des Leitprojektes realisiert worden ist, beispielhaft ein stadtweites Verkehrssteuerungs- und -managementsystem aufzubauen, das bestehende Alttechnik i ntegriert und neu entwickelte Teilsysteme und Komponenten zur Basis der sukzessiven Weiteraufbau macht:
- der bis in den Regelbetrieb geführte Datenverbund wichtige Erkenntnisse aufgezeigt hat, wie und mit welchen Softwaretechniken mit der sehr großen Zahl an dynamischen Verkehrsdaten in einer Stadt umgegangen werden muss;
- o die innerhalb des Leitprojektes MOBINET weiter en twickelten und für den Datenverbund ausgebauten Verkehrsnetz-Steuerungssysteme VnetS, in München für die nächste G eneration des Gesamtsystems verwendet werden;
- o die entstandene MOBINET-Zentrale von der Landeshauptstadt als Kern eines umfasse nden Verkehrsmanagementsystems ausgebaut wird.

### 19. Schlagwörter

- o Adaptive Netzsteuerung für Lichtsignalanlagen
- Ereignisorientierte, adaptive Netzsteuerung für den Ausgleich ÖPNV und IV
- Verkehrsmodellierung
- o RBL-Daten für Echtzeit-Steuerungsaufgaben
- stadtweiter Datenverbund für Situations und Versorgungsdaten im Verkehrssteuerungssystem
- generische Datenbank für georeferenzierte Datenquellen wie z.B. Detektoren
- Anbindung von bestehender Alttechnik
- Strategiemanagement in der MOBINET -Zentrale

20. Verlag	21. Preis

### **Document Control Sheet**

4 IODN IOON	O. Turne of Depart	
1. ISBN or ISSN	2. Type of Report	
	Final report	
3a. Report Title Final report of the MOBINET leader -project, areas B+E: Optimisation of the main street network + data interconnectivity with MOBINET -Central Project participation of the fir m GEVAS software GmbH, Munich		
3b. Title of Publication		
4a. Authors of the Report  O Wulffius Herwig, DiplMath.	5 End of Project	
<ul><li>Mertz Dr. Joachim, DiplInf.</li><li>Krahl Michael, DiplPhys.</li></ul>	31. Juli 2003	
4b. Authors of the Publication	6. Publication Date	
	7. Form of Publication	
8. Performing Organization	9. Originator's Report No.	
GEVAS software	40. Deference No	
Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH	10. Reference No. 19B98 18G/6	
Leuchtenbergring 20	11a. No. of Pages Report	
85 677 München	52	
	11b. No. of Pages Publication	
	0	
13. Sponsoring Agency	12. No. of References	
, ,	1	
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft,	14. No. of Tables	
Forschung und Technologie (BMB+F)	1	
53 170 Bonn	15. No. of Figures 16	
16. Supplementary Notes		
17. Presented at		
18. Abstract		
This final report covers the completed project work of the MOBINET leader-project, completed in Munich July 2003 (59 months) and as a member of various of the main street network) and E (Data interconnection)	in the period between 1 September 1998 and 31 workg roups within the work -areas B (optimisation	

of the main street network) and E (Data interconnectivity with MOBINET -Central)

Objective of the work-area B was the development and implementation of so called demonstrators, that would exemplify the characteri stic task of the area in a big city with surrounding metropilation area:

Demonstrator

Dynamic traffic information on the eastern part of the city ring -road NetzInfo

Demonstrator

Sektorsteuerung Alternative route control of traffic travelling into the city Demonstrator

**Ringsteuerung** Control of the traffic on the most important ring -road of the city with

accompanying measures such as dynamic inflow control, traffic lane allocation, traffic information using graphical displays, as well as traffic ligh t control

Demonstrator

Quartiersteuerung Optimisation of the traffic in inner -city areas through adaptive frame control of

the mIV and event -oriented network control taking into consideration the needs

of the of the surface public transport system

A particular focal point of GEVAS software in the MOBINET work -area B was the demonstrator Quartiersteuerung, where GEVAS software was the internal project lead.

The task of **work-area E** was, among others, the establisment / installation of a traffic control c entre, that would possess the following characteristics:

- Data exchange with the Bavarian state collective traffic computing centres for the motorways, to enable the consolidation of city and motorway data for display of traffic situation on the Netzinfo display
- O Dynamic traffic modelling of the Munich main street network with visualisation
- Automatic strategy management in the traffic centres
- Strategic control centre to enable manual intervention in the control -level systems in special situations

GEVAS soft ware, within the scope of MOBINET (research project) and commissioned by the City of Munich, completed the following tasks for the specification, implementation, systems -integration, initiation and trial operation:

- General development of the system archit ecture of the interconnected system
- Generic, distributed database for the storage of all supply and dynamic data in the city -wide system
- Traffic adaptive network control program BALANCE (further development) in the demo -elements
   Quartier, Sektor West and R ingsteuerung
- o Event-oriented network control EON for the demo -element Quartier
- Graphical user interfaces including visualisation
- Development of communications component KomK as a traffic specific Middleware in the city network, for the flexible and speedy d istribution of dynamic and supply data
- Setup of the strategy and communications computers in the VnetS -Centres of the demonstrators Quartier, Sektor West und Nord
- o Integration of the demonstrator Ringsteuerung in the VnetS Quartier
- Integration of the legacy system "Zentrale Bedienrechner ZBR" (Central Operations Computer) to make available approx. 400 traffic detectors in the complete city
- o Integration of the "Rechnergestützten Betriebs -Leitsystems" RBL (Computer assisted operational routing system) of the or ganisation Stadtwerke München SWM (Public utilities) to make available the timetableing system of the trams and busses for the event -oriented network control
- Control of the legacy system ZBR to enable macroscopic switching of traffic programs through network control as well as the transfer of the status of all the traffic lights in the city not connected to a VnetS centre (approx. 900)
- o Integration of the environmental module for the dynamic determination of traffic based emissions (for the city Department of Environment and Health)
- Module for strategy management for MOBINET Central.

This list highlights the noteworthy extent the work in the work -areas B and E has reached. The goal of the leader- project has been achieved: specifically how through concrete r ealisation of new traffic technology, the integration of existing systems and the construction of new systems a traffic control and management system can be realised. The city of Munich has already decided, on the political level, to bring the systems into operation and to further develop and build on them.

The Data-network (interconnectivity) system can be recognised as a particular success. This system has been brought into regular operation within all subsystems of the city (KomK) and is integrated with the data-gathering systems of the Motorways.

At this point a number of negative points must also be outlined.

Already in the initial stages of the project considerable problems and delays became obvious, which were connected to the detailed planning and sourcing of the MOBINET Infrastructure. As a result of this, GEVAS software, being responsible for system architecture and the demonstrator Quartier - Steuerung had to expend much effort in coordinating and controlling the outsourcing. In addition, the Middleware CORBA, which was to be originally used in the component KomK, could not conform to set requirements and had to be replaced with an alternative technology in the course of the project, which required a significant redevelopment effort. In addition, the delay in delivery or, in some cases, non-delivery of important communications specifications from the Traffic Signal Contractor was especially critical. Despite the extensive efforts of the City of Munich, it was not possible to commence operation of the Event-oriented Network Control System EON in the demonstration area of Haidhausen, within the timeframe of the MOBINET set out. The second -exact accuracy exchange of dynamic data and control data from the traffic lights, has up to now not been achieved. EON will be therefore, it is estimated, in the first quarter of 2004 begin in the field operation.

In summary, with regard to the results in the areas B and E, it is established that:

- The GEVAS software tasks were to the largest extent satisfied and a large number of additional tasks which had not been envisaged at the time of specification in 1998
- The basic idea of the project was realised: a prototype city -wide traffic control and management system, that integrated existing legacy systems and newly enabling further development
- The data-interconnectivity network programming effort has brought some important insights to light: how and with which software techniques the huge amount of dynamic traffic data in a city can be handled
- The Traffic network control system VnetS which has been further developed for the MOBINET project will be used as the next generation and expanded to include the complete system
- The developed MOBINET-Central of the city will be used as the core system and will be expanded to comprise an all -encompassing traffic management system.

### 19. Keywords

- o Adaptive network control of traffic lights
- Event-oriented adaptive network control for the balance / equalisation of public transport and individual traffic
- Traffic modelling
- o data for realtime control tasks
- City-wide data interconnectivity for dynamic and supply data in a traffic control system
- o Generic database for geo -referenced data sources such as detectors
- Connection of existing legacy systems
- Strategy management in MOBINET -Central

20. Publisher	21. Price

Berichtsblatt MOBINET englisch\_031229 EN.doc