

Forschungsinitiative INVENT

Intelligenter Verkehr und
Nutzergerechte Technik

Schlussbericht

Öffentlicher Teil I und II

**Beitrag des
Zwendungsempfängers:**

**ifak e. V. Magdeburg
Steinfeldstr. 3 (IGZ)
39179 Barleben**

zu den Teilprojekten:

**NIV – Netzausgleich Individual-
verkehr**

Laufzeit:

01.06.2001 - 30.09.2005

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem
Förderkennzeichen 19P1071M gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

gefördert vom



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Barleben, 30.03.2006

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung	1
1.1	Motivation und Aufgabenstellung	1
1.2	Voraussetzungen zum Vorhaben	4
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	5
1.3.1	Planungshilfe Balkenplan	5
1.3.2	AP 3100: Dynamische Verkehrslage in Verkehrsnetzen	6
1.3.3	AP 3300: Dynamische Umweltinformationen	6
1.3.4	AP 5000: Strategie und Management	8
1.3.5	AP 6200: Testfeld Magdeburg	9
1.3.6	AP 6300: Evaluierung	11
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand	12
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	14
2	Bestandsaufnahme und Anforderungsanalyse	15
2.1	Erste Bestandsaufnahme im Testfeld Magdeburg	15
2.1.1	Testfeldumgriff - Verkehrsnetz MIV	15
2.1.2	Verkehrsnetz ÖV	17
2.1.3	Rechnergestütztes Betriebsleitsystem der MVB	17
2.1.4	Lichtsignalanlagen	18
2.1.5	Parkleitsystem	19
2.1.6	Erfassungssysteme - Innerorts	20

2.1.7	Erfassungssysteme - Außerorts	22
2.1.8	Informationssysteme	24
2.1.9	Politisch-administrative Rahmenbedingungen	25
3	Strategie- und Umsetzungskonzept im Testfeld.....	26
3.1	Strategiekonzept Magdeburg – Öffentliche Hand.....	26
3.1.1	Strategieforum Magdeburg.....	26
3.1.2	Beispielszenario "Großbaustelle Universitätsplatz"	27
3.2	Strategiemanagementkonzept Magdeburg	30
3.2.1	Rahmenbedingungen und Akteure.....	30
3.2.2	Planungs-, Entscheidungs- und Betriebsprozesse.....	31
	<i>Ereigniskategorie "Großveranstaltung"</i>	<i>34</i>
	<i>Ereigniskategorie "Überregionale Umleitung"</i>	<i>36</i>
3.3	Weitere Umsetzungskonzepte für das Testfeld Magdeburg.....	37
3.3.1	Wissensbasen Verkehrslage, -prognose und Umwelt.....	37
3.3.2	Verteiltes Strategiemanagement.....	38
4	Systemintegration im Testfeld Magdeburg	41
4.1	Systemarchitektur und Umsetzung.....	41
4.2	Technische Infrastruktur und Datenserver	44
4.3	Erfassung und Bereitstellung von Verkehrskenngrößen	46
4.4	Erfassung und Bereitstellung von Umweltinformationen	50
4.4.1	Fahrzeuggestützte Umweltanalytik	50
4.4.2	Kleinräumige stationäre Umweltinformationen	51

4.4.2.1	LÜSA-Umweltmessstationen in Magdeburg.....	51
4.4.2.2	Prototyp für einen verteilten funkgestützten Umweltsensor	53
4.4.3	Verkehrslärm als möglicher Indikator für das Verkehrsaufkommen	62
4.5	Implementierung der Wissensbasen im Testfeld Magdeburg.....	65
4.5.1	Verfahren und Modelle im Testfeld	65
4.5.2	Untersuchung von Methoden und Verfahren zur Datenfusion	67
4.5.3	Beschreibung der Standardganglinien	68
4.6	Integration der Strategien im Testfeld Magdeburg	69
4.6.1	Datenmodell „Störfallstrategie“	69
4.6.2	Datenmodell „Baustelle“	70
4.6.3	Spezifikation des gemeinsamen Strategielayers.....	70
4.6.4	Prototypische Implementierung des Strategielayers	72
4.7	Datenaustauschformate für Rohdaten und Strategielayer.....	73
4.7.1	Voraussetzungen und Randbedingungen	73
4.7.2	Beschreibung der Parameter	75
4.7.3	Import- und Exportformate	77
4.7.4	Implementierung der Webservices im Testfeld Magdeburg	77
4.7.5	Testapplikation für Webservices	79
5	Evaluierung im Testfeld Magdeburg.....	81
5.1	Evaluierung und Bewertung	81
5.2	Bewertungsplan.....	83
5.2.1	Bewertungssystem.....	83

5.2.2	Bewertungskategorien	83
5.2.2.1	Kontext der Bewertung	83
5.2.2.2	Kategorien der Bewertung	83
5.2.3	Bewertungskriterien	84
5.2.3.1	Bewertung der technischen Funktions- und Leistungsfähigkeit	84
5.2.3.2	Verkehrliche Bewertung	86
5.2.3.3	Experimentsteuerung	87
5.2.4	Verkehrliche Bewertungsszenarien	89
5.2.5	Ermittlung der Reisezeiten je Relation und Routen mittels Testfeldrouter	92
5.2.6	Anforderung von Wegepunkten über Routing-Frontend.....	96
5.2.7	Testfeldbefahrungen	98
6	Zusammenfassung und Ausblick	105
7	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	107
7.1	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit.....	107
7.2	Bekannt gewordener Fortschritt bei anderen Stellen.....	107
7.3	Erfolgte Veröffentlichungen	108
7.3.1	Fachvorträge, Kongresse	108
7.3.2	Fachzeitschriften	109
7.3.3	Monografien	110
7.3.4	Ausstellungen, Workshops und Messen	110
8	Quellenangaben	111

A.1	Datenblätter Technisch-Funktionale Bewertung.....	112
A.2	Datenblätter Verkehrliche Bewertung.....	125
A.3	Formatdefinitionen für Datenimport und -export.....	131
A.4	Tabellen	135
A.5	Zusätzliche Abbildungen	139

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strategisches Vorzugsnetz der Landeshauptstadt Magdeburg	16
Abbildung 2: Georeferenzierte Lichtsignalanlagen im Testfeld Magdeburg (Auszug)19	
Abbildung 3: Dynamische Restplatzanzeige des Parkleitsystems Magdeburg.....	20
Abbildung 4: Verkehrslagekameras und Strategiedetektoren mit Funkstation.....	21
Abbildung 5: Lage der Messquerschnitte der SBA an der BAB A2 (Ausschnitt).....	22
Abbildung 6: Wechselverkehrszeichen der SBA an der BAB 2	23
Abbildung 7: Standorte der frei programmierbaren Verkehrsinformationstafeln	24
Abbildung 8: Umgriff der Beispielstrategie.....	27
Abbildung 9: Teilspernung Bauphase 1.....	28
Abbildung 10: Teilspernung Bauphase 2.....	28
Abbildung 11: Offiziell ausgewiesene Umleitungsstrecken.....	29
Abbildung 12: Nicht ausgewiesene Umleitungsstrecken	30
Abbildung 13: Informations- und Datenflüsse der Ereigniskategorie Großbaustelle..	33
Abbildung 14: Informations- und Datenflüsse der Kategorie "Großveranstaltung"	35
Abbildung 15: Informations- und Datenflüsse der Kategorie "Überregionale Umleitung"	36
Abbildung 16: Erstes System- und Schnittstellenkonzept für die Wissensbasen in Magdeburg	38
Abbildung 17: Umsetzungsvorschlag für ein verteiltes Strategiemangement	39
Abbildung 18: Systemarchitektur im Testfeld Magdeburg	42
Abbildung 19: Verteilte Datenserver im Testfeld Magdeburg.....	44

Abbildung 20: ISDN-Router des ifak zur Datenanbindung an die SBA der UZ Börde	48
Abbildung 21: Online-Erfassung von Baustellen und Umleitungsempfehlungen	49
Abbildung 22: Automatische Generierung von XTM und Ermittlung von Restkapazitäten.....	50
Abbildung 23: Mehrkomponenten-Messstation der LÜSA am Damaschkeplatz Magdeburg	52
Abbildung 24: Anbindung der Umfeldsensoren an das Funkkamarasystem	54
Abbildung 25: Platinendesign der Prozessorplatine für das Universalinterface	54
Abbildung 26: Blockschaltbild Universalinterface mit angeschlossenen Sensoren....	55
Abbildung 27: Prototyp des universellen Umweltsensors des ifak.....	57
Abbildung 28: Typische Montageanordnung einer Funkstation mit Umfeld-Sensor ..	58
Abbildung 29: Beispielanordnung von zwei Mikrofonen quer zur Richtungsfahrbahn	62
Abbildung 30: Amplitudendiagramm einzelner einander folgender Fahrzeuge	63
Abbildung 31: Amplitudendiagramm mehrerer einander folgender Fahrzeuge.....	64
Abbildung 32: Amplitudendiagramm langsam fahrender oder stehender Fahrzeuge	64
Abbildung 33: Web-Applikation des ifak zur Erstellung typisierter Ganglinien	69
Abbildung 34: Ausschnitt aus der XML-Datei für den Strategielayer Magdeburg	73
Abbildung 35: Testprogramm für den Webservice im Testfeld Magdeburg	80
Abbildung 36: Testfeldumgriff in Magdeburg	82
Abbildung 37: Start- und Zielpunkte für die verkehrliche Bewertung im Vorzugsnetz	91
Abbildung 38: Testfeldrouter des ifak Magdeburg	93
Abbildung 39: Testroutenverläufe (Übersicht)	95

Abbildung 40: Vergleich der Testroutenverläufe im GIS (Ausschnitt)	96
Abbildung 41: Wegepunkte einer Baustellen-Umleitungsstrecke im Vorzugsnetz.....	97
Abbildung 42: Routenverläufe der Testfahrten Veranstaltungsverkehr	99
Abbildung 43: Auswertung der FCD-Messfahrten im Testfeld Magdeburg	101
Abbildung 44: Weg-Zeit-Diagramm der Testfeldbefahrung	102
Abbildung 45: Einfahrt der FCD-Messfahrzeuge in das Zielgebiet	103
Abbildung 46: Ankunft des „INVENT-Fahrzeugs“ am Zielpunkt.....	104
Abbildung 47: Verkehrslagebilder von den Umleitungsstrecken am Universitätsplatz Magdeburg	139
Abbildung 48: Aktuelle Verkehrslagebilder im Internetportal movi.de des ifak.....	140
Abbildung 49: Bedienstation der SBA der BAB 2 in der Unterzentrale Börde.....	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Balkenplan des Antragstellers ifak	5
Tabelle 2: Prinzipielle Struktur eines Steuerbytes im Übertragungsprotokoll (nach TLS).....	56
Tabelle 3: Bedeutung der verschiedenen Funktionscodes	57
Tabelle 4: Grenzwerte für Gaskonzentrationen von CO und NO _x	60
Tabelle 5: Messanordnungen für die Schallmessung im Straßenraum (Auszug)	63
Tabelle 6: Ebenen der XML-Struktur für den gemeinsamen Strategielayer.....	71
Tabelle 7: Attribute der Links – Informationen des Strategielayers Magdeburg.....	72
Tabelle 8: Einträge für den XML-Abfragefilter.....	76
Tabelle 9: Zusätzliche Einträge für den Abfragefilter des Webservices im Testfeld Magdeburg	79
Tabelle 10: Falldefinitionen für die Experimentsteuerung.....	88
Tabelle 11: Verortung der Start- und Zielpunkte im Testfeld Magdeburg	89
Tabelle 12: Matrix der Start-/Ziel-Beziehungen im Testfeld Magdeburg.....	92
Tabelle 13: Testfahrten Veranstaltungsverkehr Bördelandhalle	98
Tabelle 14: Reisezeiten für die Testfahrten Veranstaltungsverkehr Bördehalle	100
Tabelle 15: Beteiligung öffentlicher Stellen an strategierelevanten Maßnahmen	135
Tabelle 16: Pinbelegung für den Prozessorkern des Universalinterfaces.....	136
Tabelle 17: Kurz- und Langtelegramme und Kurzquittungen des Sensor-Protokolls	136
Tabelle 18: Messanordnungen für die Schallmessung im Straßenraum	138

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
ASDA	Automatische Staudynamikanalyse
BAB	Bundesautobahn
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
DAB	Digital Audio Broadcast – Digitaler Rundfunk
FCD	Floating Car Data
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FOTO	Forecasting Of Traffic Objects
GIS	Geografisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System
I ² C	serieller Zweidrahtbus
INVENT	Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik
IR	Infrarot
ISM	Industrial-Scientific-Medical, lizenzfreies Funkband
JPEG	Joint Photographic Expert Group
LÜSA	Luftüberwachung Sachsen-Anhalt
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MVB	Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH
NIV	Netzausgleich Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
PIR	Passiv-Infrarot
SMS	Short Message Service
SOAP	Simple Object Access Protocol
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTA	Urban Traffic Assistant
WAP	Wireless Application Protokoll
WWW	World Wide Web
XFCD	eXtended Floating Car Data
XML	eXtensible Markup Language

1 Kurzdarstellung

1.1 Motivation und Aufgabenstellung

Im Zeitraum von 2001-2005 war das Institut für Automation und Kommunikation e. V. Magdeburg (ifak) Forschungspartner in der BMBF-Initiative *INVENT Verkehrsmanagement 2010*. Ein Ziel der 24 Partner aus Industrie und Forschung der Forschungsinitiative INVENT war es, intelligente Wege durch den Verkehr zu finden, an verstopften Straßen und an Baustellen vorbei. Zusammen mit Verkehrsexperten namhafter Unternehmen und der Landeshauptstadt Magdeburg forschte das ifak im Teilprojekt *NIV – Netzausgleich Individualverkehr* an Lösungen, um Straßennetze in Städten zu entlasten, Staus zu reduzieren und Fahrer schneller und sicherer ans Ziel zu bringen.

Eine Schlüsselstellung nehmen hierbei auch zukünftig moderne Navigationssysteme ein. Durch individuelle Informationsbereitstellung und dynamische Navigation kann der Verkehr besser als heute auf das zur Verfügung stehende Hauptstraßennetz verteilt und so die Gesamtleistungsfähigkeit zumindest partiell gesteigert werden. Vor allem aber sollen so die Folgen von Staus und Überlastungen im Verkehrsnetz gemildert und soweit wie möglich vermieden werden. Hierzu hat das Teilprojekt Netzausgleich Individualverkehr neue Zielführungssysteme entwickelt, die auch als dritte Generation von Navigationssystemen bezeichnet werden. Sie basieren auf dem Zusammenspiel zwischen dem Bordnavigationssystem des Fahrzeugs und einem zentralen Informationsdienst.

Da das zukünftige Verkehrsgeschehen gleichzeitig durch individuell und kollektiv wirkende Systeme beeinflusst wird, die sich in ihren Wirkungen ergänzen oder aber auch behindern können, wurden bei der Umsetzung der Forschungsergebnisse im Teilprojekt NIV sowohl die Belange der privaten Dienstleister für Navigationssysteme als auch die gemeinnützigen Anordnungen und Vorgaben der Öffentlichen Hand sowie die aktuelle Verkehrslage gleichberechtigt betrachtet. Damit wurden der Wunsch nach größtmöglicher Mobilität und der Schutz der Umwelt und der Anwohner in Wohngebieten in Einklang gebracht.

Die in INVENT entwickelte dynamische individuelle Zielführung erfordert detaillierte Daten und Informationen zur aktuellen Verkehrs- und Umweltlage und zu lokalen und

regionalen Verkehrsleitstrategien der öffentlichen Hand. Insbesondere Baustellen und Umleitungen haben dabei einen großen Einfluss auf die Verkehrssituation. Die Landeshauptstädte München und Magdeburg stellten im Forschungsvorhaben hierfür ihre Daten und Informationen der kollektiven Verkehrsleit- und Verkehrssteuerungssysteme, umfangreiche Umwelt-, Verkehrsbelegungs- und Baustellendaten sowie Informationen zu geplanten und aktivierten Verkehrsmanagementstrategien online zur Verfügung.

Für die Gestaltung der dazu notwendigen administrativen, technischen und politischen Rahmenbedingungen wurde unter Leitung des ifak im Testfeld Magdeburg ein Strategieforum eingerichtet. In diesem Forum setzten sich neben den *INVENT*-Partnern auch Vertreter des Tiefbauamtes, des Stadtplanungsamtes und der Polizeidirektion der Landeshauptstadt Magdeburg, des Autobahnamtes Halle sowie der Magdeburger Verkehrsbetriebe (MVB) für den gemeinsamen Interessenausgleich und den Austausch von Praxiserfahrungen ein.

Dieser Schlussbericht fasst die wesentlichen Arbeiten und Ergebnisse des Zuwendungsempfängers unter Berücksichtigung der gesamten Forschungsergebnisse der beteiligten Partner zusammen, die während der vierjährigen Projektlaufzeit erarbeitet wurden. Dabei wird die gesamte Wertschöpfungskette im Teilprojekt NIV, also der Datenfluss innerhalb des Projekts sowie von und zu externen Systemen beschrieben. Das umfasst:

- Systemarchitektur und Datenhaltung in den Testfeldern
- Datenerfassung und -verarbeitung
- Verkehrsmanagementstrategien
- Dynamisches Routing
- Nutzerwünsche im Navigationssystem

Die in NIV gewonnenen Erkenntnisse konnten in den Testfeldern Magdeburg und München umgesetzt und erfolgreich demonstriert werden. Sie werden so direkten Einfluss auf die Entwicklung und Integration von zukünftigen Fahrzeugnavigationssystemen haben.

Das Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg war innerhalb des Teilprojektes NIV an der Bearbeitung folgender Arbeitspakete beteiligt:

- AP 3100: Erweiterte Wissensbasis Verkehrslage,
- AP 3300: Erweiterte Wissensbasis Umweltinformation,
- AP 5100: Gesamtforum Strategie,
- AP 5200: Strategieintegration,
- AP 6200: Testfeld Magdeburg und
- AP 6300: Evaluierung.

Die in den einzelnen Arbeitspaketen von den beteiligten Partnern verfolgten Ziele sind in der Gesamt-Vorhabensbeschreibung des Teilprojekts NIV ausführlich erläutert. Der Beitrag des ifak zu diesen Oberzielen ist nachfolgend beschrieben:

Im *AP 3100: Erweiterte Wissensbasis Verkehrslage* sollte die Verkehrslage in Straßennetzen mit der bestmöglichen Genauigkeit, Robustheit, Auflösung, und Aktualität auf der Basis von verfügbaren heterogenen stationären und mobilen Datenquellen dynamisch geschätzt werden. Hierzu war die Schaffung einer Datenveredelungskette erforderlich, für die Methoden zur Datenvervollständigung, zur Erkennung von unplausiblen Zusammenhängen, zur Datenfusion und zur Rekonstruktion zu entwickeln, zu erproben und zu bewerten waren. Die Arbeiten des ifak konzentrierten sich hierbei auf die Behandlung von Daten stationärer LSA-Detektoren, ergänzt um funktgestützte Strategiedetektoren und Verkehrslagekameras, um das Einbeziehen von Meldungsdaten beispielsweise zu Großveranstaltungen und zur aktuellen Parkraumbelegung, um die Berücksichtigung von ÖV-Daten und um die methodische Integration nichtverkehrlicher Kenngrößen wie beispielsweise Umfelddaten.

Im *AP 3300: Erweiterte Wissensbasis Umweltinformation* verfolgte das ifak das Ziel, eine kleinräumig-stationäre Umweltdatenerfassung (Schadstoffe, Lärm) als eine weitere dynamische Eingangsinformation für die erweiterte Wissensbasis zu entwickeln, zu erproben und die Nutzbarmachung für die kollektive Verkehrssteuerung zu untersuchen.

Das Arbeitspaket Strategie und Management, bestehend aus *AP 5100: Gesamtforum Strategie* und *AP 5200: Strategieintegration*, widmete sich der Problematik, dass das zukünftige Verkehrsgeschehen gleichzeitig durch individuell und kollektiv wirkende Systeme beeinflusst wird, wobei sich individuelle Empfehlungen und Informationen einerseits und öffentliche Strategien andererseits in ihrer Wirkung ergänzen oder aber auch behindern können. Vor diesem Hintergrund sollten im Arbeitspaket Lösungen erarbeitet werden, wie straßen- und fahrzeugseitige (d. h. kollektive und individuelle) Maßnahmen mit dem Ziel eines Ausgleich zwischen öffentlichen und privaten Interessen zukünftig abgestimmt werden können. Das ifak verfolgte als der im Testfeld Magdeburg ansässige Projektpartner das Ziel, die Abstimmung und Demonstration von Strategien und Strategiemangement-Konzepten eng auf das Testfeld Magdeburg auszurichten und somit den Testfeldbezug der Arbeiten zu gewährleisten.

Im *AP 6200: Testfeld Magdeburg* sollten die in den Arbeitspaketen 3000 bis 5000 des Teilprojektes NIV erarbeiteten methodischen Grundlagen und technischen Komponenten exemplarisch implementiert, demonstriert und bewertet werden. Das Arbeitspaket widmete sich der Vorbereitung und Durchführung der Demonstration in der realen organisatorischen, politischen und verkehrlichen Umgebung des Testfelds Magdeburg, wobei der im Teilprojekt NIV erarbeitete Ansatz in seiner Gesamtheit veranschaulicht werden sollte.

Um die durch die unterschiedlichen Verfahren und Systeme zur Datenerfassung, Datenaufbereitung und Steuerung ermittelten Daten vergleichbar und in ihrem Zusammenhang interpretierbar zu machen, sollte im *AP 6300: Evaluierung* eine integrierende Bewertung für beide Testfelder durchgeführt werden.

1.2 Voraussetzungen zum Vorhaben

Im Forschungsvorhaben INVENT, Teilprojekt NIV bestanden mit dem Konsortium aus Industrie- und Zulieferfirmen, sowie einem Ingenieurbüro und dem ifak als Einrichtung der angewandten Forschung als vor Ort ansässige Betreuer der Testfelder München und Magdeburg, gute Voraussetzungen für das Erreichen der gesetzten Ziele.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

1.3.1 Planungshilfe Balkenplan

Das Vorhaben wurde entsprechend des in der Gesamt-Vorhabensbeschreibung aufgestellten und während der Projektlaufzeit ggf. angepassten Balkenplans bearbeitet. Einen zusammenfassenden Überblick zur zeitlichen Einordnung der vom ifak bearbeiteten Arbeitsschritte gibt die Tabelle 1.

Nr.	Arbeitsschritte	2001				2002				2003				2004				2005				
		I	II	III	IV																	
	AP 3100 Verkehrslage																					
1	Datenveredelung stationärer Detektoren																					
2	Datenveredelung durch Strategiedetektordaten																					
3	Datenveredelung durch Meldungsdaten (LOS, VLB)																					
4	Datenveredelung durch ÖV-Daten																					
5	Datenveredelung durch nichtverkehrlicher Kenngrößen																					
	AP 3300 Umweltinformationen																					
1	Anforderungsanalyse																					
2	Konzeption Datenaustausch																					
3	Konzeption Zusammenführung mobiler und stationärer Daten																					
4	Lärm als Indikator für Verkehrsaufkommen																					
5	Methoden Umweltdatenanalyse und -bewertung																					
6	Schlußfolgerungen für Verkehrssteuerung u. -lenkung																					
7	empirische Langzeituntersuchung																					
	AP 5100 Strategieforen																					
1	Gesamtforum																					
2	Strategieforum Testfeld Magdeburg																					
	AP 5210 Formulierung von Strategien																					
3	Formulierung situationsbezogener Steuerungsmaßnahmen																					
4	Bewertung der Steuerungsmaßnahmen																					
	AP 5220 Abgleich der Strategien																					
5	Bewertung des Zusammenwirkens von indiv. und koll. Strategien																					
6	Ableitung von Handlungsrichtlinien (Entscheidungsvorlagen)																					
	AP 5230 Strategiemanagement																					
7	Analyse Anwenderbedürfnisse																					
8	Entwicklung organisatorischer und betrieblicher Struktur																					
9	Aufbau techn. Systemarchitektur des Strategiemanagements																					
10	Einrichtung der Schnittstellen (Steuerung, Kommunikation)																					
	AP 6200 Testfeld Magdeburg																					
1	Systemarchitektur im Testfeld																					
2	Technische Umsetzung von Basiskomponenten																					
3	Datenintegration für die Versorgung des gemeins. Datenmodells																					
4	Integration und testfeldspez. Umsetzung der Wissensbasen																					
5	Systemintegration TF-Routing-Service																					
6	Integration und Erprobung von Management- und Strategievorgaben																					
7	Test Gesamtsystem, Fehlerbehebung, Optimierung																					
8	Demonstration des NIV-Gesamtansatzes																					
	AP6300 Bewertung																					
1	Erarbeiten einer Bewertungsmethodik für Testfeld Magdeburg																					
2	Begleitung der Arbeiten im Testfeld																					
3	Aufbereitung und Bewertung der Ergebnisse																					
4	Einbettung der Teilergebnisse in Gesamtbericht																					
5	Erarbeitung von Empfehlungen																					

Tabelle 1: Balkenplan des Antragstellers ifak

1.3.2 AP 3100: Dynamische Verkehrslage in Verkehrsnetzen

Das ifak widmete sich im Arbeitspaket hauptsächlich der Entwicklung und Erprobung von Methoden zur Vervollständigung und Fusion von räumlich und zeitlich lückenhaften Daten und Informationen, die aus einer heterogenen Informationsumgebung stammen. Hierbei wurde auf die verschiedenen in Magdeburg verfügbaren Daten- und Informationsquellen zurückgegriffen. Das Arbeitspaket wurde in folgenden Schritten bearbeitet:

1. Erfassung und Veredelung von Daten vorhandener stationärer Detektoren von lokal verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerungen
2. Datenveredelung durch funkgestützte Strategiedetektoren, die im größerem Abstand von Knoten in Streckenabschnitten mit normalerweise frei fließendem Verkehr angeordnet sind
3. Ergänzung der dynamischen Verkehrslage durch Bereitstellung von aktuellen Verkehrslagebildern
4. Ergänzung der dynamischen Verkehrslage durch Daten aus dem RBL der Magdeburger Verkehrsbetriebe (statische und dynamische Fahrplandaten, Meldetelegramme der Fahrzeuge usw.)
5. Vervollständigung der dynamischen Verkehrslage durch nichtverkehrliche, aber verkehrsrelevante Kenngrößen wie Umfelddaten, sowie durch verkehrsnachfragebeeinflussende Informationen wie z.B. dynamische Parkraumdaten und verkehrsangebotsbeeinflussende Ereignisse wie beispielsweise Baustellen im Straßenraum

Als Ergebnis des Arbeitspakets sollten neben aktuellen Verkehrsinformationen auch Software-Verfahren zur Datenvervollständigung und Datenfusion heterogener Datenquellen in einer Form vorliegen, die eine exemplarische Implementierung, Erprobung und Bewertung im Testfeld Magdeburg zulassen.

1.3.3 AP 3300: Dynamische Umweltinformationen

In Ergänzung zur fahrzeuggestützten, streckenbezogenen Erfassung von Umweltdaten war auch die Untersuchung der Zweckmäßigkeit einer stationären Umweltdatenerfassung als eine weitere dynamische Eingangsinformation für die kollektive Ver-

kehrsteuerung und -lenkung von großem Interesse. Unter anderem stellte sich die Frage, ob beispielsweise lokal gemessener und bewerteter Verkehrslärm als integrativer (makroskopischer) Indikator einen Rückschluss auf das Verkehrsaufkommen oder die Witterungs- und Straßenzustandsbedingungen (Regen, Schnee, Schneematsch usw.) zulassen würde. Es wurde davon ausgegangen, dass diese mit relativ wenig Aufwand beschaffbare Zusatzinformation einen signifikanten Beitrag für strategische Verkehrssteuerungs- und -lenkungsaufgaben und somit auch für das Routing liefern könnte. Nach der Verfügbarkeit der Umweltinformationen für empirische Langzeituntersuchungen sollten die Zusammenhänge zwischen den lokal kontinuierlich gemessenen Umweltdaten und den dazugehörigen Verkehrskenngrößen ermittelt sowie die Relevanzen der unterschiedlichen Umweltdaten für deren Berücksichtigung in zukünftigen kollektiven Verkehrssteuerungs- und -lenkungsstrategien bestimmt werden.

Das Arbeitspaket wurde in folgenden Schritten bearbeitet:

1. Analyse der Anforderungen an die Messtechnik für die kleinräumig-stationäre Erfassung hinsichtlich Schadstoff- und Lärmmessung
2. Konzeption des Datenaustausches im verteilten Umweltmessnetz
3. Konzeption zur Zusammenführung von mobilen und stationären Umweltdaten
4. Nutzung der Messgröße Schall als hochaggregierter Indikator für das Verkehrsaufkommen und für die Bestimmung von Witterungs- und Straßenzustandsbedingungen
5. Schlussfolgerungen für die Verkehrssteuerung und -lenkung
6. Auswahl und Implementierung geeigneter Methoden zur Umweltdatenanalyse und -bewertung

Als Ergebnis des Arbeitspakets sollten Komponenten eines kleinräumig-stationären Erfassungssystems in einer Form vorliegen, die eine exemplarische Implementierung, Erprobung und Bewertung im Testfeld Magdeburg zulassen. Außerdem sollten Forschungsergebnisse zur Eignung von Schall als Indikator für das Verkehrsaufkommen entstehen.

1.3.4 AP 5000: Strategie und Management

Der Einsatz kollektiver Steuerungsverfahren zur Verkehrsbeeinflussung durch die öffentliche Hand hat auch Dank der rasanten technischen Entwicklung auf dem Gebiet der Verkehrstelematik deutlich zugenommen. Gleichzeitig schreitet der Einsatz der Telematik im Fahrzeug und damit die Verbreitung privater Verkehrsdienste immer weiter voran. Damit wird das Verkehrsgeschehen aus zwei unterschiedlichen Richtungen beeinflusst. Individuelle Informationen oder Empfehlungen und öffentliche Strategien können sich dabei je nach Situation in ihrer Wirkung ergänzen oder aber auch behindern.

Vor diesem Hintergrund waren verstärkte Anstrengungen notwendig, um die straßen- und fahrzeugseitigen (d.h. kollektiven und individuellen) Maßnahmen abzustimmen und damit einen Ausgleich zwischen öffentlichen und privaten Interessen hinsichtlich der Zielrichtung einer Beeinflussung der Verkehrsteilnehmer herzustellen. Im Rahmen des Teilprojektes NIV wurden sowohl „öffentliche“ als auch „private“ Strategien zur Verkehrsbeeinflussung entwickelt und erprobt. Eine Umsetzung der Strategien in den Testfeldern war aber nur möglich, weil diese innerhalb eines integrativen Entwicklungsprozesses aufeinander abgestimmt wurden.

Das ifak war im Arbeitspaket 5000 an der Bearbeitung der folgenden Teilaufgaben beteiligt:

1. AP 5100: Strategieforen

- a. Teilnahme am Gesamtforum Strategie
- b. Leitung des Strategieforums Magdeburg

2. AP 5210: Formulierung von Strategien

- a. Formulierung situationsbezogener Teilnetz-Steuerungsmaßnahmen (bspw. Alternativroutensteuerung)
- b. Bewertung der Teilnetz-Steuerungsmaßnahmen sowie der daraus abgeleiteten Strategien (bspw. „Großbaustelle“)

3. AP 5220: Abgleich der Strategien

- a. Bewertung des Zusammenwirkens der öffentlichen / kollektiven Strategien mit den privaten / individuellen Strategien aus AP 4000
- b. Erarbeitung von Entscheidungsvorlagen zu den Diskussionen „Interessenausgleich zwischen öffentlicher Hand und privaten Betreibern“ in den Strategieforen

4. AP 5230: *Strategiemanagement*

- a. Analyse der Anwenderbedürfnisse
- b. Entwicklung der organisatorischen und betrieblichen Struktur
- c. Aufbau der technischen Systemarchitektur des Strategiemanagements
- d. Einrichtung der erforderlichen Schnittstellen (Anbindung der Steuerungssysteme, Kommunikation)

Als Ergebnis des Arbeitspakets wurden umsetzungsreife Strategien für das Testfeld Magdeburg erwartet, die im AP 6200 erprobt und bewertet werden sollten.

1.3.5 AP 6200: Testfeld Magdeburg

Die in den Arbeitspaketen 3000 bis 5000 des Innovationsprojektes erarbeiteten methodischen Grundlagen und technischen Komponenten sollten in Testfeldern implementiert, demonstriert und bewertet werden. Das Arbeitspaket 6200 widmete sich der Vorbereitung und Durchführung der Demonstration in der realen organisatorischen, politischen und verkehrlichen Umgebung des Testfelds Magdeburg, wobei der NIV-Ansatz in seiner Gesamtheit veranschaulicht werden sollte. Die Demonstration stützte sich auf eine Systemarchitektur nach Abbildung 18, deren Kernstück ein gemeinsames Datenmodell ist, in das zunächst Verkehrsdaten und -informationen aus verschiedenen Quellen des Testfelds Magdeburg georeferenziert abgelegt wurden. Diese Daten standen den Projektpartnern für die sukzessive Weiterverarbeitung in den Arbeitspaketen 3000 bis 5000 größtenteils online zur Verfügung.

Im Einzelnen ging das ifak im Arbeitspaket 6200 in folgenden Arbeitsschritten vor:

1. *Systemarchitektur im Testfeld*

- a. Bestandsaufnahme und Dokumentation der vorhandenen technischen Systeme und Teilsysteme
 - b. Überprüfung der Systemarchitektur in Bezug auf die Anwendungsanforderungen in INVENT
 - c. Spezifikation der projektspezifischen Anpassungen und Erweiterungen in der logisch/physikalischen Systemarchitektur (Komponenten, Schnittstellen), Festlegung des Testfeldumgriffs
2. *Technische Umsetzung von Basiskomponenten*
- a. Realisierung der Schnittstelle für Verkehrsdaten aus heterogenen Quellen
 - b. Vorhabensspezifische Erweiterung der Datenbasis (Strategiedetektoren, Verkehrslagekameras, Messstellen für Umweltdaten)
 - c. Realisierung der Schnittstelle für gemeinsame NIV-Daten
 - d. Realisierung der Verkehrsdatenredaktion und -verwaltung (Meldungen, Veranstaltungen, Baustellen, Detektoren, Verkehrslagebilder, Parkleitdaten)
3. *Datenintegration für die Versorgung des gemeinsamen Datenmodells*
- a. Datenintegration Ebene Verkehrslage
 - b. Datenintegration Ebene Verkehrsprognose
 - c. Datenintegration Ebene Umweltinformation
 - d. Datenintegration Ebene Verkehrsmanagement
4. *Integration und testfeldspezifische Umsetzung der Wissensbasen*
- a. Komponenten für die Wissensbasis „Verkehrslage“
 - b. Komponenten für die Wissensbasis „Verkehrsprognose“
 - c. Komponenten für die Wissensbasis „Umweltinformationen“
5. *Systemintegration Testfeld – Routing Service über AP 4200 und DAB*
6. *Integration und Erprobung von Management- und Strategievorgaben für ausgewählte Testfeldbereiche*
7. *Test Gesamtsystem (Nutzerschnittstelle ↔ SP ↔ Testfeld) und Fehlerbehebung/Optimierung und Lieferung von unbewerteten Testergebnissen*

8. *Demonstration des NIV-Gesamtansatzes unter Berücksichtigung der im AP 6300 erarbeiteten Bewertungskriterien und -methoden*

1.3.6 AP 6300: Evaluierung

Im Rahmen des Teilprojektes NIV wurden erfolgreich unterschiedliche Verfahren und Systeme zur Datenerfassung, Datenaufbereitung und Steuerung entwickelt und in verschiedenen Testfeldern eingesetzt und geprüft. Um die dabei ermittelten Daten vergleichbar und in ihrem Zusammenhang interpretierbar zu machen, wurde im AP 6300 eine integrierende Bewertung durchgeführt.

Bei der Bewertung wurde zunächst ein gemeinsames Bewertungssystem erarbeitet, das einerseits die Unterschiedlichkeit der eingesetzten Systeme und Einsatzfelder berücksichtigte, andererseits auch eine gemeinsame Basis für eine zusammenfassende Beurteilung bildete. Dabei musste auch auf die Funktionalität der einzelnen Systeme, die teilweise sehr unterschiedliche Aufgaben im Kontext des Gesamtsystems haben, eingegangen werden.

Es wurde dabei in folgenden Arbeitsschritten vorgegangen:

1. Erarbeitung einer Bewertungsmethodik für das Testfeld Magdeburg
2. Begleitung der Arbeiten im Testfeld Magdeburg mit dem Ziel, für die entwickelte Bewertungsmethodik aussagefähige Rohdaten für die Bewertungskriterien zu erhalten
3. Zusammenfassung, Aufbereitung und Bewertung der empirisch ermittelten Ergebnisse aus dem Testfeld Magdeburg
4. Einbettung der Teilergebnisse in den Gesamtbericht
5. Erarbeitung von Empfehlungen

Um wichtige Rahmenbedingungen in die Bewertung einzubeziehen, wurden wesentliche verkehrspolitische, ordnungspolitische, institutionelle, sozioökonomische und technische Umsetzungsbedingungen in den jeweiligen Testfeldern berücksichtigt.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Über den Stand der Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn gibt die Gesamt-Vorhabensbeschreibung des Teilprojektes NIV Auskunft. Nachfolgend sind die wichtigsten Aspekte hieraus zusammengefasst.

Fahrzeugseitige Zielführung war vor dem Start von INVENT größtenteils statisch. Das heißt, auf Basis der in einer digitalen Karte vorgehaltenen Daten wird der Nutzer durch ein Straßennetz geführt. Dabei kann er sich durch sein Zielführungsgerät eine räumlich kürzeste, zeitlich schnellste oder auf Autobahnen bevorzugte Route ermitteln lassen. Die Frage nach der besten Route ist dabei jedoch nicht so einfach zu beantworten, weil die vermeintlich kürzeste Route unter bestimmten Bedingungen (bspw. bei einer Verkehrsstörung) für den Nutzer sogar die schlechteste sein kann.

Eine dynamische Komponente wird durch Berücksichtigung von RDS-TMC-Meldungen der Rundfunkanstalten oder privat angebotene Meldungen erreicht, die jedoch zum einen nicht das ganze Verkehrsnetz umfassen und unvollständig bzw. nicht aktuell sein können, zum anderen wichtige Vorgaben (Nutzerpräferenzen und strategisches Verkehrsmanagement) überhaupt nicht berücksichtigen.

Für die Umsetzung der Projektziele wurde im Teilprojekt NIV zusammengefasst von folgender Ausgangssituation bzw. sich abzeichnenden Entwicklungen im Bereich der Verkehrslenkung und -information ausgegangen:

- Regionale Verkehrsmanagementzentralen für strategische, netzweite Verkehrslenkung befinden sich seitens der öffentlichen Hand im Aufbau bzw. werden bereits betrieben. Sie zielen auf die Optimierung des Gesamtsystems Verkehr!
- Individuelle Zielführungssysteme, ergänzt mit privatwirtschaftlich bereit gestellten Informationen gewinnen an Bedeutung. Die privaten Leitstrategien sind nutzeroptimiert und haben die Vorteile des einzelnen Kunden zum Ziel!
- Sowohl die Erfassung von Verkehrszuständen als auch die Zustandsschätzung und Prognose der Entwicklung ist heute auf keinem Entwicklungsstand, der eine sinnvolle Entscheidungsgrundlage über netzkapazitätsorientierten Ausgleich darstellen könnte.

- Harmonisierungsbemühungen zwischen privaten Leitstrategien und öffentlichem Verkehrsmanagement sind bisher nicht systematisch aufgenommen worden.

Die Arbeitsinhalte des Antragstellers ifak betreffend waren folgende Aspekte von Bedeutung:

AP 3100: Insbesondere in Stadtstraßennetzen gibt es eine große Heterogenität von Daten- und Informationsquellen, die für eine Verkehrslageerfassung herangezogen werden können. Beispielhaft seien hier genannt:

- Detektoren für die lokale verkehrsabhängige Steuerung von Lichtsignalanlagen,
- Strategiedetektoren, die genügend weit von Knoten installiert sind und teilweise auch Geschwindigkeiten messen können,
- Videodetektionssysteme, die auch Staulängen ermitteln können,
- Verkehrslagebilder im Internet (Stand- und Bewegungsbilder),
- Floating Car Data,
- Daten von rechnergestützten Betriebsleitsystemen der ÖV-Betreiber und
- weitere Meldungen verschiedener Herkunft.

Jede dieser Daten- und Informationsquellen kann einen Beitrag zur Verbesserung der räumlich und zeitlich lückenhaft erfassten Verkehrslage liefern, nur müssen dazu Methoden für die Veredelung von Verkehrsdaten in einer komplexen, inhomogenen Informationsumgebung geschaffen, weiterentwickelt und angewendet werden. Unter *Datenveredelung* ist in diesem Kontext die intelligente Verarbeitung von stationären und mobilen Datenquellen mit zeitlich und räumlich variabler Qualität, d.h. Genauigkeit, Abdeckungsdichte und Vollständigkeit zu verstehen.

AP 3300: In vielen Städten werden mittlerweile Umweltdaten, insbesondere Schadstoffe gemessen, jedoch nicht explizit für die Verkehrssteuerung auf strategischer Ebene verwendet. Lärm wird in der Regel nur aus bestimmtem Anlass und nicht kontinuierlich gemessen. Eine Berücksichtigung dieser Umweltfaktoren als dynamische Kenngrößen in Steuerstrategien kann stellenweise durchaus zur Verbesserung der Belastungssituation beitragen. Im Testfeld Magdeburg wurde exemplarisch ein ge-

nehmung- und gebührenfreies Funknetzwerk zur dauerhaften, stationär-kleinräumigen Erfassung von Umweltdaten eingesetzt.

AP 5000: Die Harmonisierung von Steuerstrategien privatwirtschaftlicher Dienstleister und der öffentlichen Hand war insbesondere auf der institutionell-normativen Ebene nicht erprobt. Im Vorhaben begleitete das ifak insbesondere auch die organisatorischen Aktivitäten in den zuständigen Ämtern der Stadt, um auch hier einen Lösungsweg beispielhaft zu demonstrieren.

AP 6000: Bisher war keine Stadt von der Größe Magdeburgs (230.000 Einwohner) bekannt, in der ein Verkehrsmanagement im Sinne des Teilprojektes NIV umgesetzt wurde.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Für das Forschungsvorhaben INVENT, Teilprojekt NIV wurde eine bereits bestehende enge Zusammenarbeit des Instituts für Automation und Kommunikation mit folgenden Stellen in das Vorhaben eingebracht:

- Tiefbauamt der Landeshauptstadt Magdeburg
- Stadtplanungsamt der Landeshauptstadt Magdeburg
- Magdeburger Verkehrsbetriebe
- Polizeidirektion Magdeburg

Die Abteilung Verkehrsanlagen des Tiefbauamtes bekundete bereits vor Projektbeginn ihr Interesse, im Gesamtforum Strategie mitzuwirken. Eine Absichtserklärung der Stadtverwaltung Magdeburg zur Unterstützung der Forschungsinitiative INVENT lag zu diesem Zeitpunkt ebenfalls vor.

2 Bestandsaufnahme und Anforderungsanalyse

2.1 Erste Bestandsaufnahme im Testfeld Magdeburg

2.1.1 Testfeldumgriff - Verkehrsnetz MIV

Die Landeshauptstadt Magdeburg ist mit ca. 230.000 Einwohnern ein Oberzentrum von mittlerer Größe. Das strategische Vorzugsnetz für NIV unterscheidet sich in einigen Teilnetzen vom Straßenhauptnetz Magdeburgs. Das gemeinsam mit dem Stadtplanungs- und Tiefbauamt der Landeshauptstadt Magdeburg konsolidierte Vorzugsnetz zeigt die Abbildung 1. Es wurde mit dem Generalverkehrsplan bzw. Schwerlastplan abgeglichen. Bei der Verwendung des Vorzugsnetzes für die dynamische Zielführung ist zu berücksichtigen, dass es diverse Brücken gibt, deren Unter- oder Überführung durch Lkw und Busse wegen Höhen- bzw. Gewichtsbegrenzung nur eingeschränkt möglich ist. Die Belastung von Wohngebieten mit durchgehendem MIV wird im Vorzugsnetz weitgehend vermieden.

Das Rückgrat des Netzes ist der „Magdeburger Ring“, eine vierspurige niveaufreie Schnellstraße mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 80 km/h. Die Schnellstraße ist die Westspange des geplanten Stadtringes, sie bündelt und verteilt die hauptsächlich in Nord-Süd-Richtung auftretenden Verkehrsströme. Parallel dazu gibt es weitere Nord-Süd-Verbindungen u.a. entlang der Elbe und im Westteil der Stadt.

In Ost-West-Richtung verläuft die den Magdeburger Ring kreuzende Bundesstraße B 1, die sowohl überörtliche Zielverkehre aufnimmt als auch als Umleitungsstrecke der BAB A 2 genutzt wird. Sie bildet die Nordspange des geplanten Stadtringes und befindet sich im Ausbau. Die o.g. Nord-Süd-Strecken sind durch weitere in Ost-West-Richtung verlaufende Streckenzüge stellenweise miteinander verbunden.

Eine Besonderheit in Magdeburg besteht darin, dass alle besonders starken Veranstaltungsverkehr auslösenden Attraktionen östlich der Elbe angesiedelt sind (Börde-landhalle, Grube-Stadion, Messegelände, Elbauenpark und Rotehorn-Park). Bei entsprechendem Besucherverkehrsaufkommen wird durch polizeiliche Verkehrsregelung eine Sonderverkehrsführung in Form eines Richtungswechselbetriebs über die beiden Elbübergänge praktiziert.

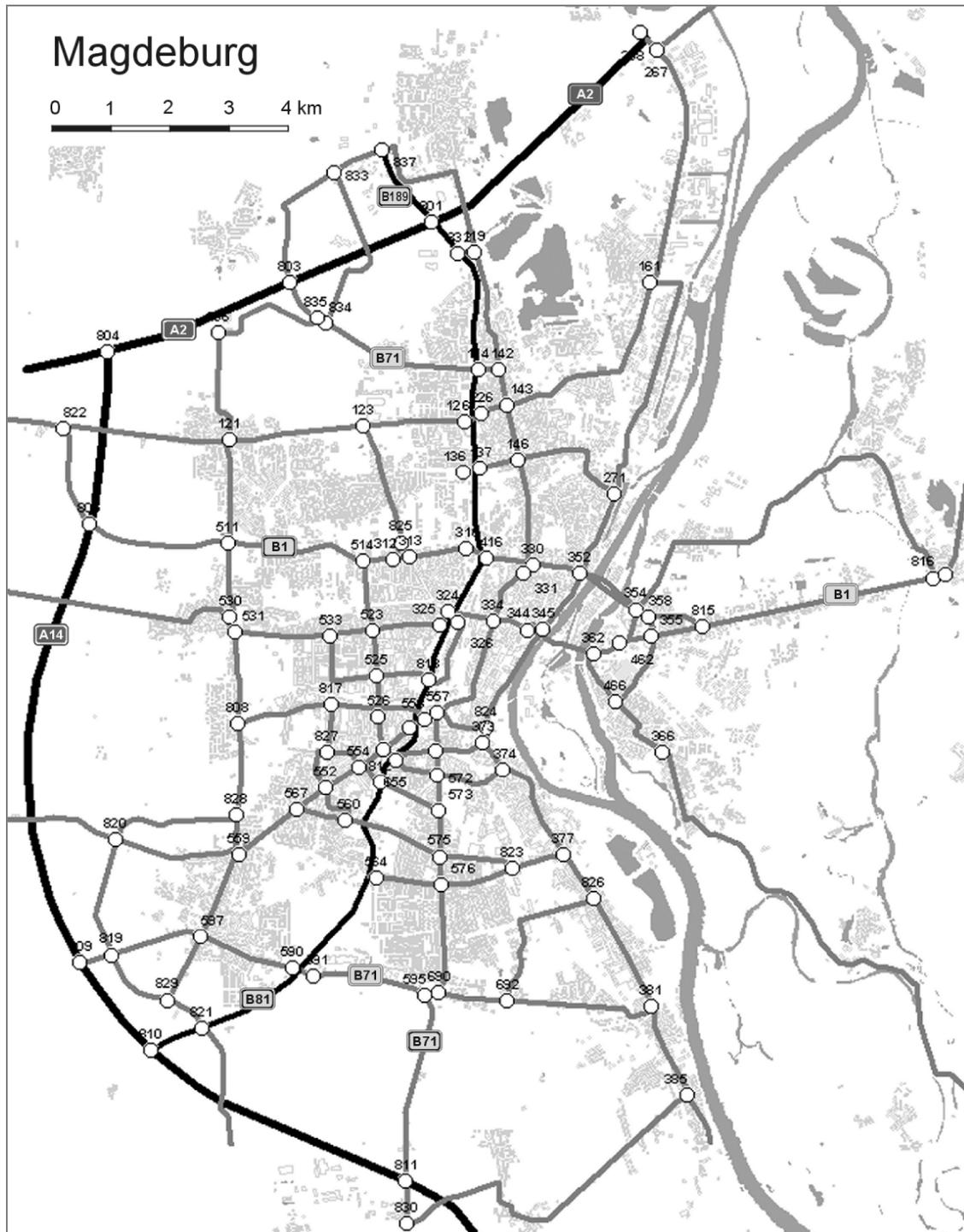


Abbildung 1: Strategisches Vorzugsnetz der Landeshauptstadt Magdeburg

Die skizzierte Topologie verdeutlicht die Vielzahl von innerstädtischen Netzmaschen, die bei partiellen Störungen im Verkehrsgeschehen für den Netzausgleich IV prinzipiell nutzbar sind. Die öffentliche Hand setzt hierbei durchaus verschiedene Präferenzen, für deren gewünschte Diskussion das AP 5000 die vorgesehene Plattform bot.

2.1.2 Verkehrsnetz ÖV

Der ÖPNV wird in der Landeshauptstadt Magdeburg hauptsächlich durch die Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH (MVB) abgewickelt. Zusätzlich betreiben diverse Regionalverkehrsgesellschaften ausgehend vom Zentralen Omnibusbahnhof (ZOB) einen Linienverkehr in die umliegende Region, wobei im Stadtgebiet Magdeburgs mehrere Haltestellen angefahren werden. Außerdem betreibt die Deutsche Bahn ein S-Bahnnetz mit 9 Bahnhöfen bzw. Haltepunkten im Stadtgebiet.

Die Magdeburger Verkehrsbetriebe betreiben ein ÖV-Liniennetz mit folgenden Parametern (Stand Projektbeginn):

Straßenbahnlinien:	12
Buslinien:	13
Anzahl der Haltestellen:	276 + ZOB
Straßenbahnfahrzeuge:	171
Busse:	59
Knoten mit ÖV-Bevorrechtigung:	108
Netzlänge:	59,6 km
Gleislänge:	126,5 km
Einfachgleislänge:	5,9 km
Doppelgleislänge:	54,5 km
Betriebshofgleislänge:	11,2 km

Insgesamt 120 signalisierte Knoten werden vom öffentlichen Personennahverkehr befahren, wobei 108 LSA in die ÖPNV-Beschleunigung einbezogen wurden.

Für die Fahrzeuganmeldung an den LSA werden ortsfeste Infrarotbaken genutzt, die auch zur Fahrzeugerkennung im rechnergestützten Betriebsleitsystem (RBL) der Magdeburger Verkehrsbetriebe verwendet werden.

2.1.3 Rechnergestütztes Betriebsleitsystem der MVB

Das rechnergestützte Betriebsleitsystem (RBL) der Magdeburger Verkehrsbetriebe wurde 1985 in Betrieb genommen und seit 1990 grundsätzlich verändert. Verwendet wird dafür ein System von Infrarotbaken, die streckenseitig richtungsbezogen ortsfest

installiert sind. Sie übernehmen die Infrarottelegramme der vorbeifahrenden öffentlichen Verkehrsmittel und leiten die Daten über ein Kabelnetz an den Leitreechner der Magdeburger Verkehrsbetriebe weiter.

Mit der gegenwärtigen Software wird die Durchfahrt der Bahnen an den Erfassungspunkten mit genauer Uhrzeit, Linienkennung und Kursnummer registriert. Ein Soll-Ist-Vergleich des Fahrplans wird ebenfalls durchgeführt. Der Ausstattungsgrad der Straßenbahnzüge mit Sende- und Empfangseinrichtungen beträgt 100 %. Die Übermittlung von Informationen von der Zentrale über Baken an das Fahrzeug ist optional vorbereitet. Eine Überwachung des Busnetzes über RBL wird nur teilweise an den Schnittstellen mit der Straßenbahn vorgenommen.

2.1.4 Lichtsignalanlagen

Die Landeshauptstadt verfügte zu Projektbeginn über 196 Lichtsignalanlagen (LSA) an insgesamt 211 Knoten. An ca. 120 Knoten wird lokal verkehrsabhängig gesteuert, wofür insgesamt ca. 1.200 Detektorschleifen bzw. Infrarotdetektoren den Verkehrsablauf erfassen. Ungefähr 100 Anlagen stehen über ein Kabelnetz mit dem Zentralrechner des Tiefbauamtes Magdeburg in Verbindung, der Zugriff auf die Daten von über 650 Messstellen hat.

Insgesamt 120 signalisierte Knoten werden vom öffentlichen Personennahverkehr befahren, wobei 108 LSA in die ÖPNV-Beschleunigung einbezogen wurden. Die ÖPNV-Beschleunigung und deren allgemeine Unverträglichkeit mit dem MIV hat auch Auswirkungen auf die Überlegungen zum Strategiemangement. Die signalisierungstechnische Ausstattung in Magdeburg ist durch einen sehr hohen Anteil an lokal verkehrsabhängigen LSA einschließlich moderner Steuerungsverfahren mit ÖPNV-Bevorrechtigung gekennzeichnet.

Die eingesetzten Steuerverfahren sind ausschließlich messwertbasiert und wirken auf der operationellen und taktischen Ebene. Durch Rahmensignalpläne, innerhalb derer eine lokal verkehrsabhängige Steuerung disponieren kann, ist eine Koordinierung der Verkehrsströme in Grünen Wellen realisierbar. In Abbildung 2 ist ein Auszug aus dem Geografischen Informationssystem (GIS) des ifak zu sehen, in dem sowohl

die Lage als auch die in den LSA-Steuergeräten verwendeten Verfahren grafisch dargestellt sind.

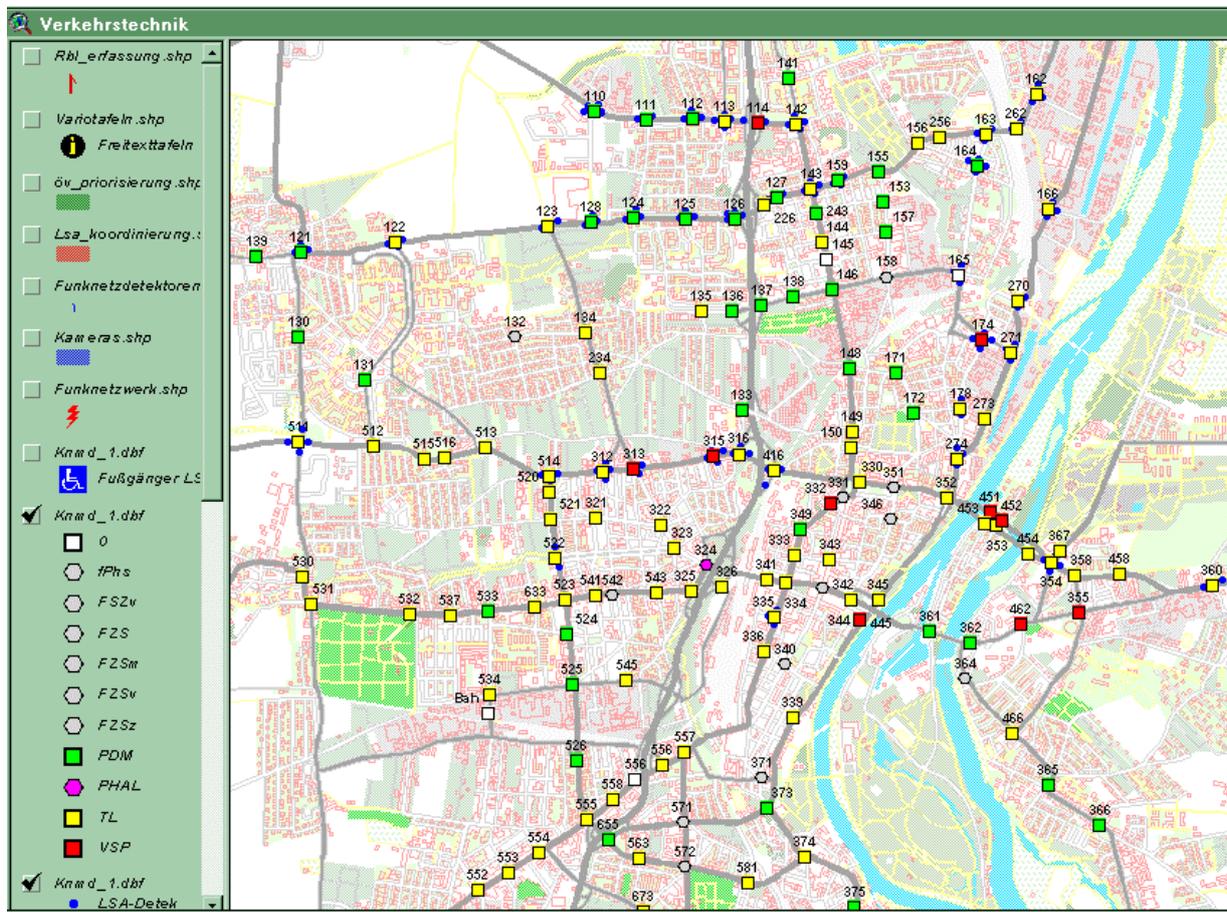


Abbildung 2: Georeferenzierte Lichtsignalanlagen im Testfeld Magdeburg (Auszug)

2.1.5 Parkleitsystem

In Magdeburg ist ein Parkleitsystem installiert, an das 14 Parkierungseinrichtungen angeschlossen sind. Der Innenstadtbereich ist in 4 farbig gekennzeichnete Parkquartiere (gelb, grün, rot und blau) eingeteilt. Insgesamt 98 Restplatzanzeigen (Abbildung 3) an 47 Standorten zeigen entlang der Zufahrtsstrecken die aktuelle Anzahl der freien Parkflächen an, wobei über dem Zählstand von 100 auf Zehnerwerte gerundet wird. Die Belegungsdaten werden von den Schrankenanlagen und Zählschleifen der bewirtschafteten Parkierungseinrichtungen erfasst und zum Parkleitreechner im Tiefbauamt übertragen.



Abbildung 3: Dynamische Restplatzanzeige des Parkleitsystems Magdeburg

2.1.6 Erfassungssysteme - Innerorts

Für die innerörtliche Verkehrslageermittlung standen folgende Quellen im Hause des Projektpartners ifak als Informationsgrundlage zur Verfügung:

- LSA-Detektoren
- funkgestützte Strategiedetektoren (Abbildung 4)
- Verkehrslagekameras (Abbildung 4)

Die LSA-Detektoren liefern Daten für die lokal verkehrsabhängigen LSA-Steuergeräte und sind darüber hinaus über ein Kabelnetz mit dem Zentralrechner im Tiefbauamt verbunden. Das eingesetzte BEFA-15-Protokoll von Siemens ermöglicht eine Online-Verfügbarkeit von Minutenzählwerten im Zeitabstand von 15 Minuten. Alle Minutenzählwerte werden täglich archiviert (25 MByte/Tag) und stehen originär im Tiefbauamt der Landeshauptstadt Magdeburg zur Verfügung.

Die Strategiedetektoren sind als Überkopf-Zählstellen im normalerweise rückstaufreien Straßenraum ausgeführt. Sie liefern minütlich aggregierte Verkehrskenngrößen (q und v getrennt nach Lkw und Pkw) über ein gebührenfrei arbeitendes Funknetzwerk an den zentralen Testfeldserver des ifak.

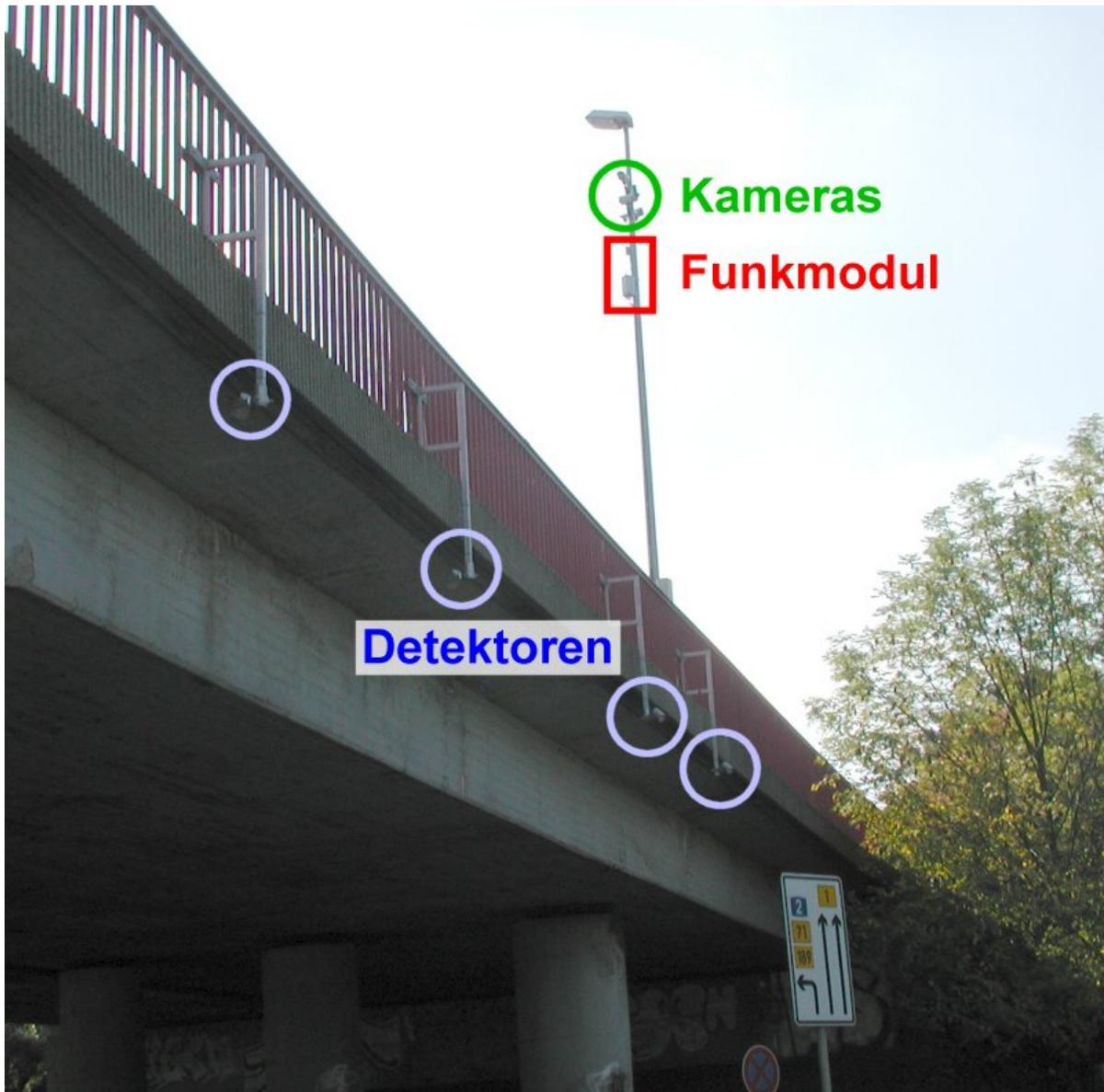


Abbildung 4: Verkehrslagekameras und Strategiedetektoren mit Funkstation

Die funkgestützten Verkehrslagekameras liefern im Abstand von 5 bis 10 Minuten Standbilder und teilweise auch kurze Bewegtbildsequenzen vom Verkehrsgeschehen. Diese dienen der visuellen Validierung von Messungen und der Ursachenermittlung bei Störungen. Im Endausbau am Ende des Forschungsvorhabnes INVENT bestand das Funkkameranetzwerk aus 15 Stationen mit 40 Kameras.

2.1.7 Erfassungssysteme - Außerorts

Streckenbeeinflussungsanlagen

Auf der BAB A2 ist eine Streckenbeeinflussungsanlage im Betrieb. Der Betrieb der SBA erfolgt auf der Basis aktueller Messdaten. Hierzu werden längs der SBA minütlich Verkehrs- und Umfeldkenngößen wie bspw. Verkehrsstärke (Kfz, Lkw), Geschwindigkeiten (Pkw, Lkw), Lkw-Anteil am Verkehrsaufkommen sowie Witterungsdaten wie Sichtweite und Niederschlagsintensität ermittelt. Die Verkehrsdaten werden mittels Radarsensoren und Doppelinduktionsschleifen erfasst.

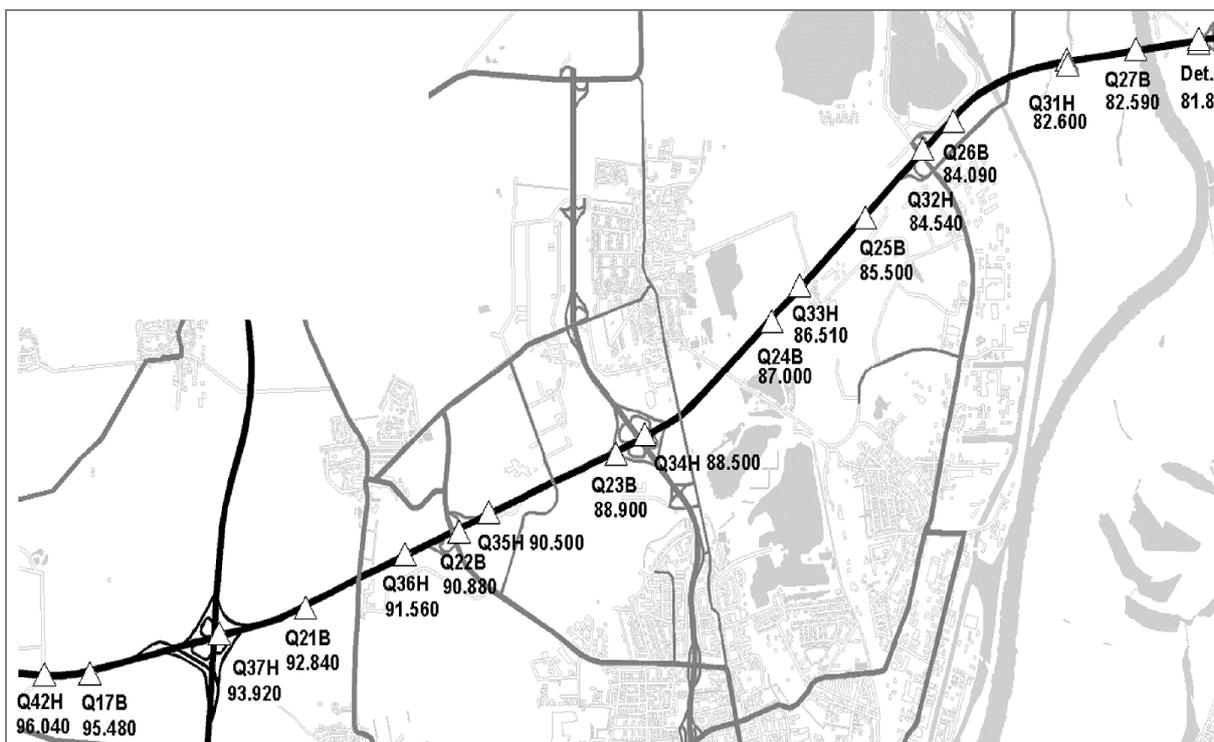


Abbildung 5: Lage der Messquerschnitte der SBA an der BAB A2 (Ausschnitt)

An 6 Standorten ermitteln Umfeldsensoren Witterungsdaten wie Temperatur, Niederschlagsintensität und Sichtweite sowie den Fahrbahnzustand. Die Ergebnisse fließen neben den Verkehrsdaten als Parameter in das SBA-Steuerungsprogramm ein, um so eine situationsgerechte Schaltung der Wechselverkehrszeichen zu ermöglichen.

Über die Wechselverkehrszeichen als den für den Verkehrsteilnehmer wahrnehmbaren Teil schließt sich der Regelkreis der SBA. Dem Autofahrer werden an 43 Verkehrszeichenbrücken über der Autobahn (Abbildung 6) die aktuelle Höchstgeschwindigkeit sowie warnende Hinweise angezeigt. Der zufließende Verkehr wird

über spezielle Einfädelungen auf die auf der BAB-2 vorherrschenden Verkehrsverhältnisse vorbereitet.

Die Steuerung der SBA erfolgt durch die Unterzentrale, die aufgrund von aktuellen Verkehrs- und Umfelddaten automatisch die Schaltung der Wechselverkehrszeichen vornimmt. Der Zustand der SBA wird auf grafischen Bedienstationen (Abbildung 49) der Autobahnmeisterei Magdeburger Börde und der Autobahnpolizei Börde wiedergegeben



Abbildung 6: Wechselverkehrszeichen der SBA an der BAB 2

Zwischen der Unterzentrale Börde und dem zentralen Testfeldserver des ifak wurde eine ISDN-basierte Kommunikationsverbindung aufgebaut, die eine regelmäßige Übertragung der Zähl- und Messwerte von der BAB 2 in konfigurierbaren Zeitintervallen erlaubt. Eine Besonderheit bei dieser Datenübertragung ist der Umstand, dass der Verbindungsaufbau vom Server im ifak initiiert wird und somit keine Kommunikationskosten auf Seiten der Unterzentrale bzw. des zuständigen Autobahnamtes Halle anfallen.

2.1.8 Informationssysteme

Frei programmierbare Verkehrsinformationstafeln

An den Einfahrtsstrecken in die Stadt wurden im Dezember 2001 fünf Freitexttafeln mit einem Farbdisplay installiert. Neben der Belegung der P+R-Plätze wird die nächste Abfahrtszeit des ÖPNV angezeigt. Weitere Texte betreffen beispielsweise Hinweise auf Staugefahren durch Baustellen. Die angezeigten Symbole und Texte können über einen Steuerrechner im Tiefbauamt frei gestaltet werden. Eine Übersicht über die Standorte gibt Abbildung 7.

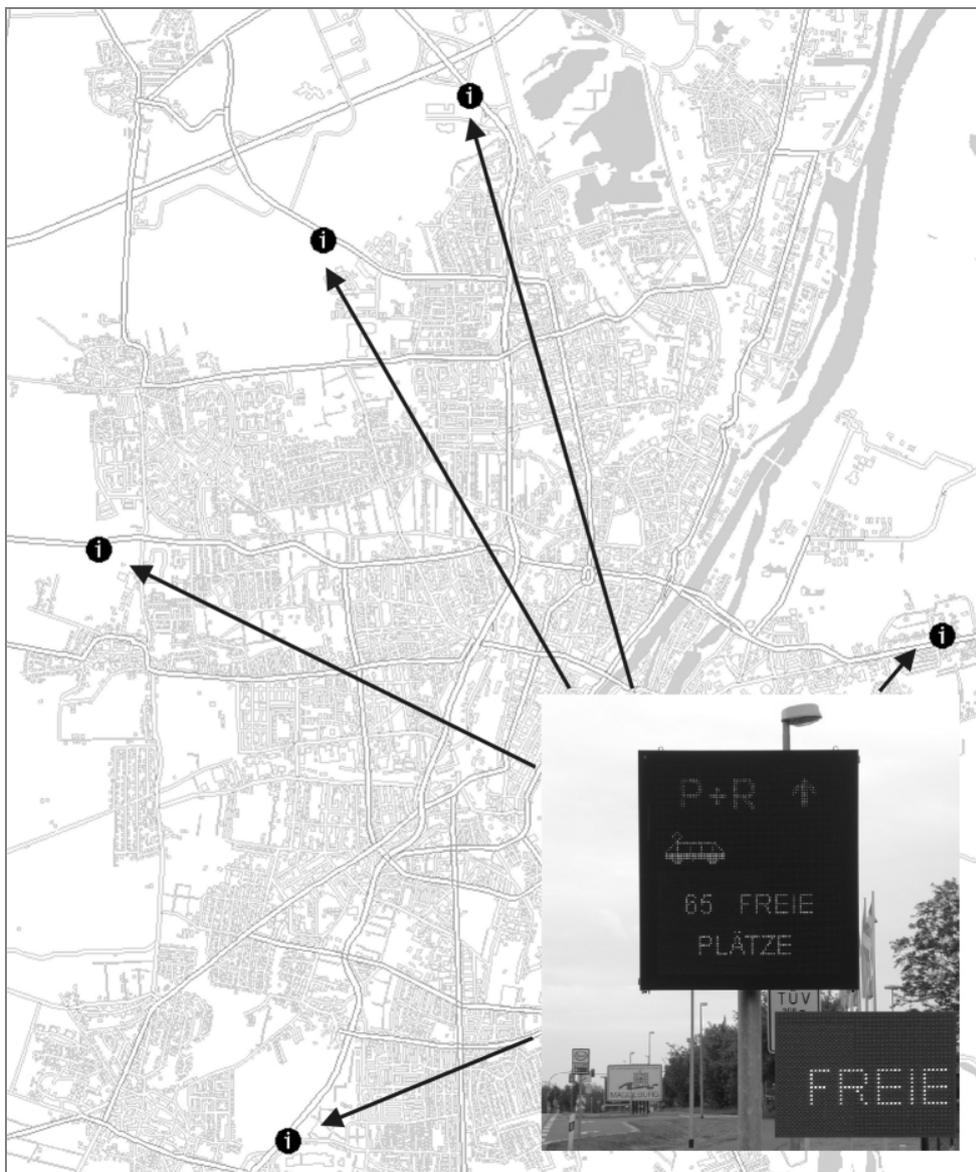


Abbildung 7: Standorte der frei programmierbaren Verkehrsinformationstafeln

Digitaler Rundfunk Sachsen-Anhalt und Internetportal movi.de

Das Institut für Automation und Kommunikation Magdeburg betreibt einen Server zur Verbreitung von regionalen Verkehrsinformationen über die Online-Medien WEB und WAP (<http://movi.de>) sowie über den Digitalen Rundfunk (DAB) in Sachsen-Anhalt.

Gegenüber RDS-TMC wartet DAB mit einer um Größenordnungen höheren Datenübertragungskapazität auf. Insbesondere der Digitale Rundfunk hat das Potenzial für die kostengünstige und flächendeckende Verbreitung von umfassenden multimediale Informationen über das aktuelle Verkehrsangebot und die Angebotsauslastung. Es entfallen die Restriktionen, die durch die TMC-Codierung vorgegeben sind. In einer ersten Demonstration im Testfeld Magdeburg wurden georeferenzierte Verkehrssicherheitsmeldungen online in das Navigationssystem eines Versuchsfahrzeuges übertragen.

2.1.9 Politisch-administrative Rahmenbedingungen

Für die erfolgreiche Umsetzung und Demonstration der im Teilprojekt NIV erarbeiteten Lösungsansätze muss insbesondere die Bereitschaft von Politik und Verwaltung vor Ort erreicht werden, bei der Gestaltung des Strategiemangements und der Formulierung der Strategien mitzuwirken.

Sowohl die technische Erarbeitung als auch die tatsächliche Umsetzung des Strategiemangements bedurfte der regelmäßigen Rückkopplung mit den „politischen Gremien“. Deshalb wurde eine quartalsweise Zusammenkunft im Rahmen eines Strategieforums Magdeburg angestrebt und umgesetzt.

3 Strategie- und Umsetzungskonzept im Testfeld

3.1 Strategiekonzept Magdeburg – Öffentliche Hand

3.1.1 Strategieforum Magdeburg

Das Angebot, im Rahmen eines Strategieforums bei der Gestaltung eines zukünftigen Strategiemanagements und bei der Formulierung von Strategien aktiv mitzuwirken, wurde von Politik und Verwaltung in der Landeshauptstadt Magdeburg angenommen. Das Strategieforum war außerdem eine Plattform, sich mit der Verwaltung vor Ort über die konkreten Möglichkeiten zur technischen Umsetzung von Strategien auszutauschen.

Im Testfeld Magdeburg arbeiteten die folgenden Vertreter aus Politik und Verwaltung im Strategieforum mit:

- Tiefbauamt der Landeshauptstadt Magdeburg – Abt. Verkehrsanlagen
- Tiefbauamt der Landeshauptstadt Magdeburg – Abt. Neubau und Erneuerung
- Stadtplanungsamt der Landeshauptstadt Magdeburg – Abt. Generelle Verkehrsplanung
- Ministerium für Wohnungswesen, Städtebau und Verkehr Sachsen-Anhalt – Autobahnamt Halle
- Polizeidirektion Magdeburg – Zentraler Verkehrsdienst
- Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH – Abt. Datenverarbeitung und Abt. Verkehrsplanung

In insgesamt 9 Arbeitssitzungen erörterte das Magdeburger Strategieforum verschiedenste Strategien der öffentlichen Hand und deren Demonstrierbarkeit in NIV. Im Ergebnis dessen wurde ein Beispielszenario ausgewählt, welches folgende Kriterien erfüllt: (1) Es soll mehrere, sich überlagernde Ereigniskategorien abdecken, die den Aufbau eines exemplarischen Strategiemanagements rechtfertigen. (2) Das Ereignis soll während der Laufzeit von INVENT eintreten und somit eine Demonstration zulassen. Es wurde gemeinsam das Beispielszenario "Universitätsplatz" gewählt, das nachfolgend näher vorgestellt wird.

3.1.2 Beispielszenario "Großbaustelle Universitätsplatz"

Als Beispielszenario (Situation + Strategie) für die Demonstration eines Strategiemagements wurde die schon im Vorfeld des Forschungsvorhabens INVENT geplante Großbaustelle für die Untertunnelung des Universitätsplatzes ausgewählt.

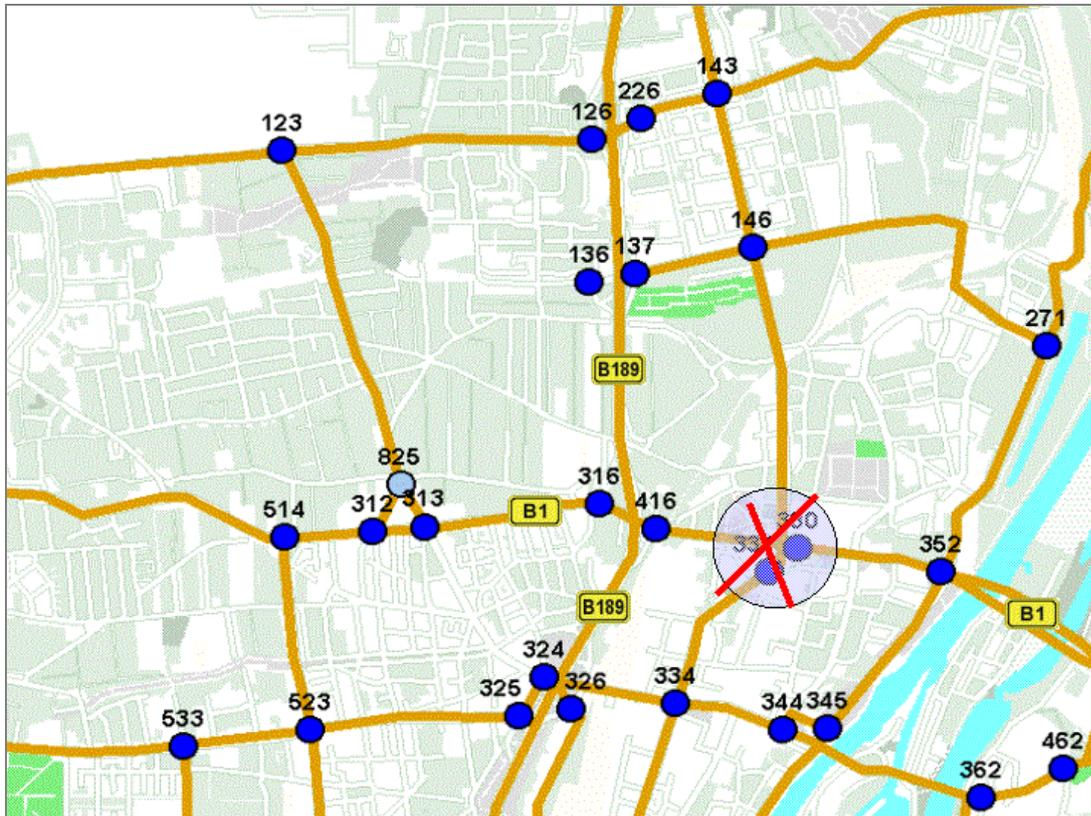


Abbildung 8: Umgriff der Beispielstrategie

Im Zeitraum von Ende 2003 bis Ende 2005 wurde ein Tunnel für die in Spitzenzeiten hochbelastete Bundesstraße 1 gebaut. Für ein Strategiemangement ergaben sich folgende Herausforderungen:

1. Der Universitätsplatz wurde in zwei Bauabschnitten nacheinander pro Richtung voll gesperrt (Abbildung 9 und Abbildung 10). Hierdurch entstand ein multimodales Verkehrsproblem im Stadtzentrum, welches durch eine lokale Umleitungsführung in 2 Phasen entspannt werden sollte.
2. Es entstand somit ein dynamisches Vorzugsnetz. Durch das temporäre Öffnen von ursprünglich zurückgebauten Straßen ergaben sich während der zweijährigen Bauphase neue Links in der gemeinsam genutzten digitalen Karte.

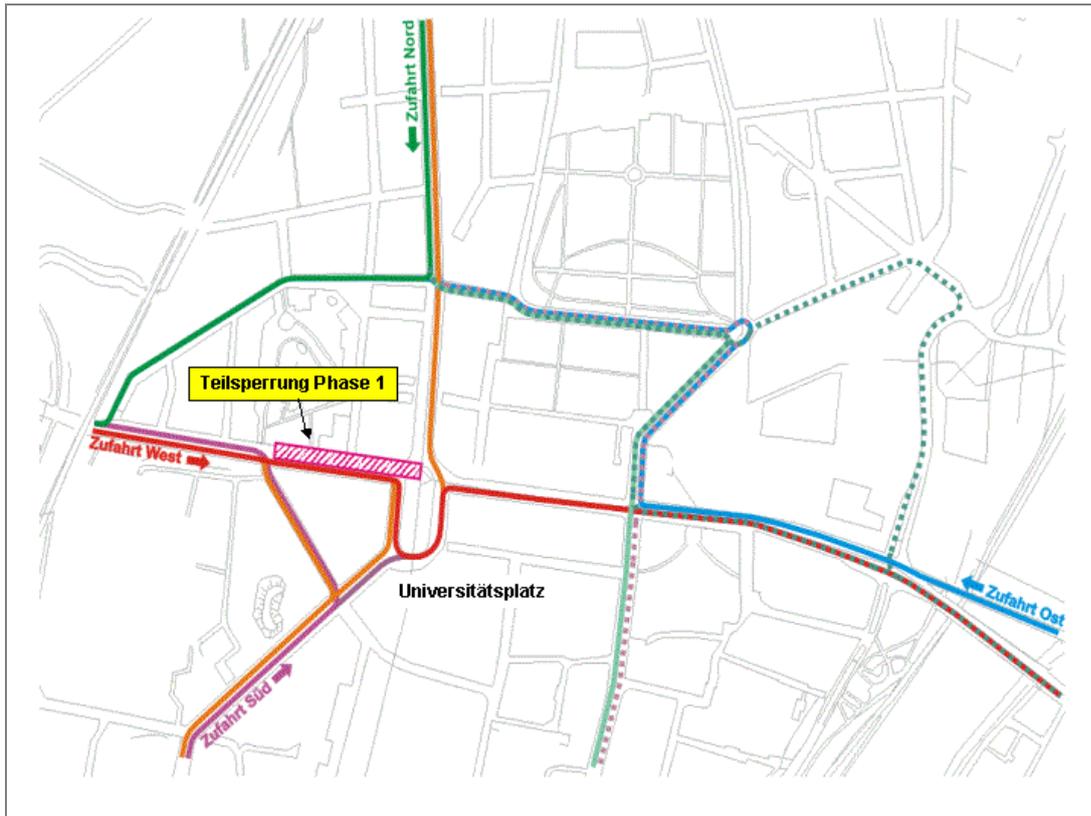


Abbildung 9: Teilspernung Bauphase 1

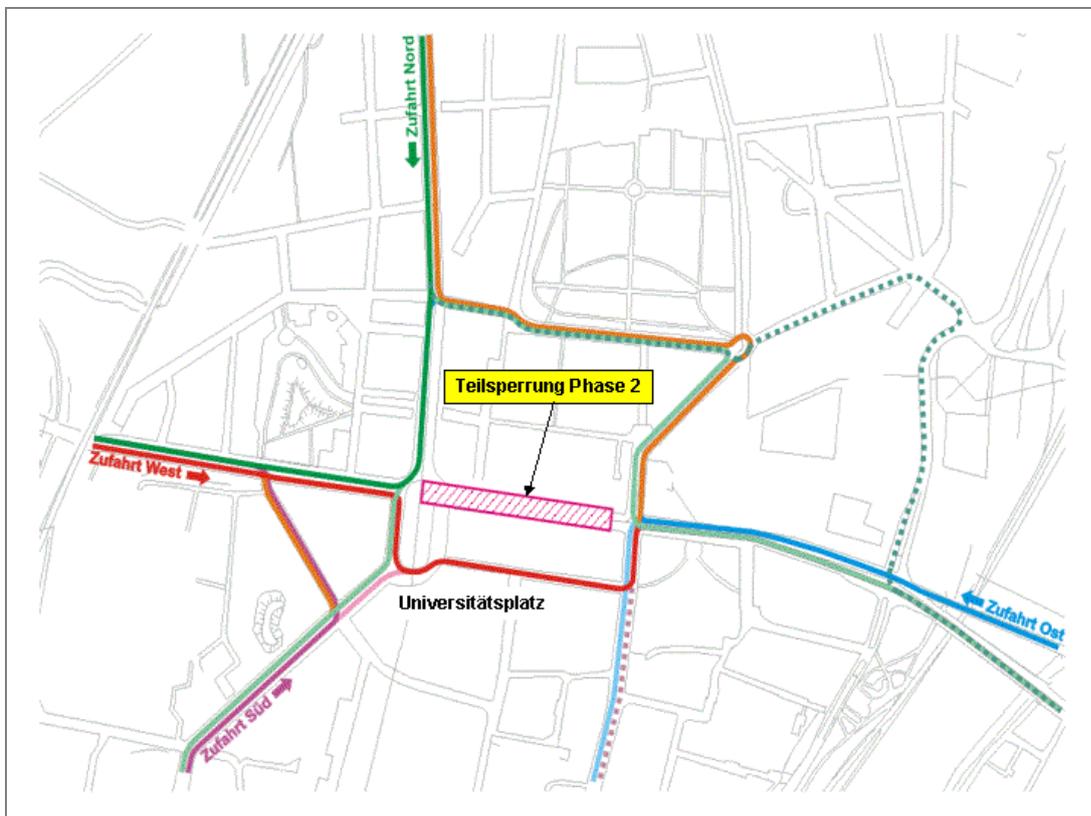


Abbildung 10: Teilspernung Bauphase 2

Darüber hinaus verschärfte sich das bereits auch ohne Baustelle bestehende Verkehrsproblem, wenn der Autobahnverkehr von der A2 über die B1 durch die Stadt geführt wird. Für diesen Fall waren zusätzlich großräumige Umleitungsangebote erforderlich, die dynamisch an die tatsächliche Verkehrssituation angepasst werden sollten.

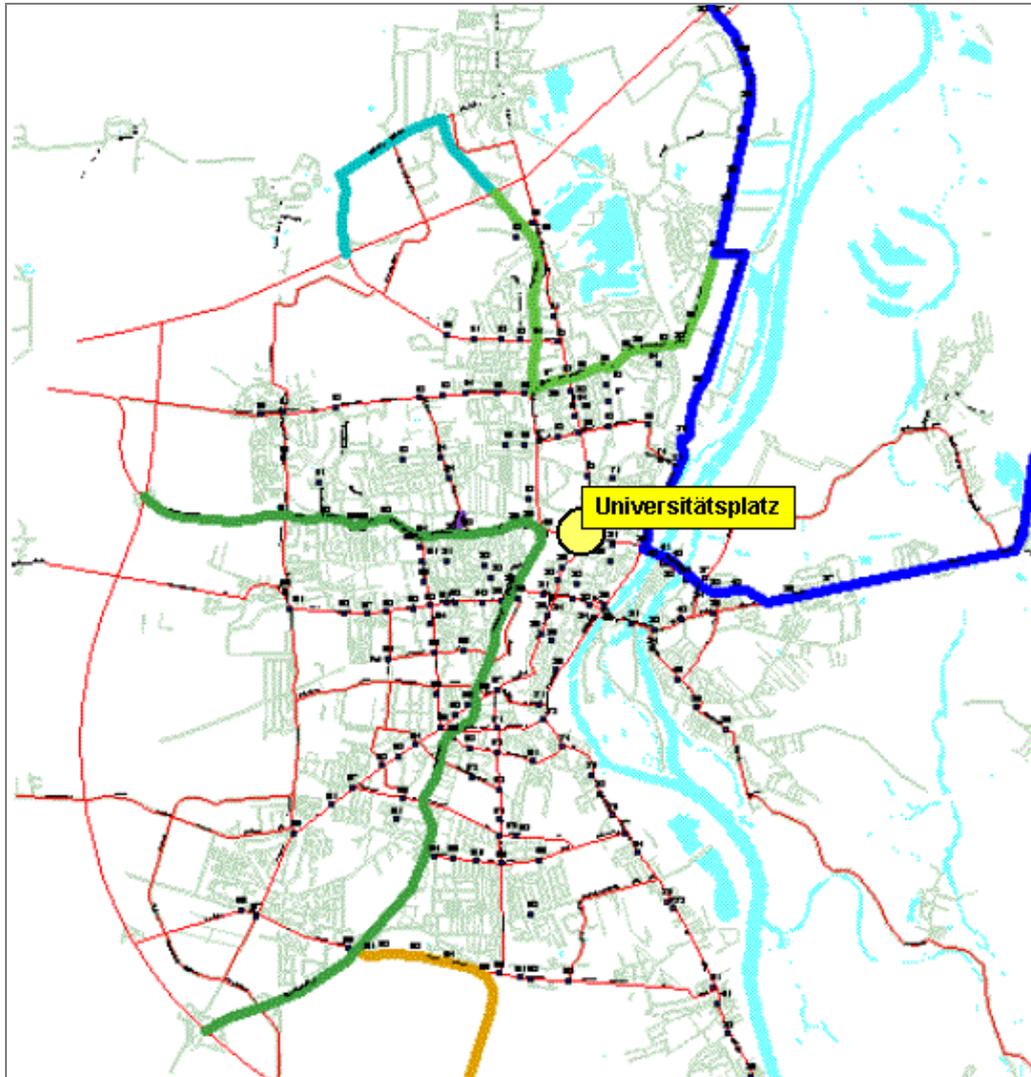


Abbildung 11: Offiziell ausgewiesene Umleitungsstrecken

Nicht zuletzt wurde der Universitätsplatz sehr stark vom Veranstaltungsverkehr in die östlich der Elbe gelegenen Veranstaltungsorte in Anspruch genommen. Neben den offiziell ausgewiesenen Zufahrts- bzw. Umleitungsstrecken werden vor allem von ortskundigen Verkehrsteilnehmern auch nicht ausgewiesene Streckenabschnitte (Abbildung 12) benutzt. Auch dies führte zu einer überlagerten Ausnahmesituation, die durchdachte Strategien erforderte.

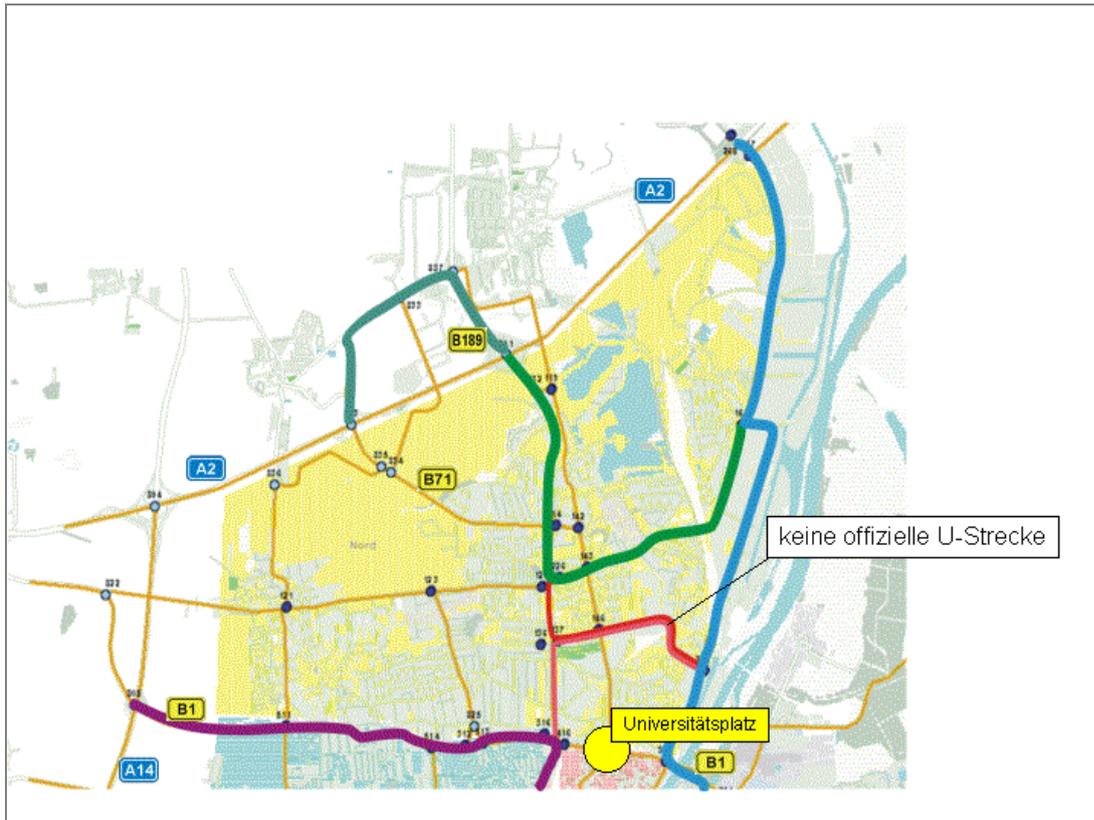


Abbildung 12: Nicht ausgewiesene Umleitungsstrecken

3.2 Strategiemangementkonzept Magdeburg

3.2.1 Rahmenbedingungen und Akteure

Die Beteiligungen der *öffentlichen* Stellen bei der organisatorischen Abwicklung von Maßnahmen, welche für ein zukünftiges Strategiemangement im Testfeld Magdeburg von Bedeutung sind, zeigt Tabelle 15 im Anhang.

Die betrieblichen Rahmenbedingungen des Strategiemangements sind gekennzeichnet durch die organisatorischen Abläufe bei Eintritt von Ereignissen der unterschiedlichen Kategorien. Im Zuge dieser Abläufe werden Informationen und Daten über verschiedene Medien (Schriftstücke, Formulare, Sprache, Daten, etc.) und Kommunikationswege (Post, E-Mail, Intranet, Internet, Fax, BOS-Sprechfunk, Mobilfunk, etc.) zwischen den involvierten Stellen für die möglichst effiziente Durchführung der erforderlichen Maßnahmen (Genehmigungen und Anordnungen zur Verkehrsorganisation, Warninformationen, etc.) ausgetauscht.

Strategien, also vorab festgelegte Handlungskonzepte für das Ergreifen von Maßnahmen und Maßnahmenbündeln zur verkehrlichen Entspannung einer definierten Ausgangssituation, müssen nur für solche Ereignisse erarbeitet werden, bei denen eine Angebotsreduktion und/oder eine Nachfrageerhöhung zu erwarten ist. Es wurden folgende Ereigniskategorien eingeführt:

- (Groß-)baustellen im Straßenraum (geplant eintretende Angebotsreduktion)
- Unfallereignisse (unvorhersehbar eintretende Angebotsreduktion)
- Störungen im ÖPNV mit Auswirkungen auf den MIV (unvorhersehbar eintretende Angebotsreduktion)
- Großveranstaltungen (Nachfrageerhöhung Zielverkehr)
- Überregionale Umleitungen (Nachfrageerhöhung Durchgangsverkehr)
- Hochwasserereignisse (vorhersehbare und unvorhersehbare Angebotsreduktion) und Evakuierungen (vorhersehbare Nachfrageerhöhung) sowie Hochwasserschutzmaßnahmen (vorhersehbare Angebotsreduktion)

Für die beispielrelevanten Ereigniskategorien zeigen Abbildung 13 bis Abbildung 15 die Abfolge von Prozessen bzw. Vorgängen, die Informations- und Datenflüsse sowie Kommunikationswege zwischen den maßgeblich beteiligten Akteuren. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden Vereinfachungen vorgenommen und Spezialfälle nicht berücksichtigt. Für die Beurteilung der Machbarkeit eines Strategienmanagements sind die Darstellungen jedoch geeignet.

3.2.2 Planungs-, Entscheidungs- und Betriebsprozesse

Ereigniskategorie "Großbaustellen"

Bauausführende Unternehmen, Eigenbetriebe der Stadt und das Tiefbauamt selbst melden über einen formgebundenen Antrag den Wunsch zur Errichtung einer Baustelle im Straßenraum an. Auf Grundlage der Angaben auf dem Antragsformular insbesondere zum eingereichten Beschilderungsplan berät eine wöchentlich zusammentretende Sperrkommission über die vorbehaltlose Genehmigung, die Genehmigung unter Auflagen oder die Ablehnung eines Antrags auf Errichtung einer Baustelle mit Verkehrsbeschränkung. Bei Genehmigung wird eine verkehrsbehördliche Anord-

nung nach §§ 44/54 StVO getroffen und diese als Schriftstück dem Antragsteller, der Polizeidirektion und dem Tiefbauamt übergeben. Zu folgenden Punkten werden dabei Festlegungen getroffen:

- Verkehrsbeschränkungen
- Kennzeichnung der Verkehrsführung und Verkehrsregelung
- Umleitung des Verkehrs/ Anliegerverkehr frei bis
- Weitere Maßnahmen zur Sicherung des Verkehrs

Folgende Behörden, Ämter und Unternehmen sind in der Sperrkommission ständig vertreten:

- Tiefbauamt, Sachgebiet Straßenverkehrsbehörde (SG 66.31)
- Stadtplanungsamt, Sachgebiet Spezielle Verkehrsplanung (SG 61.42)
- Polizeidirektion Magdeburg, Zentraler Verkehrsdienst, Dezernat 11.3
- Magdeburger Verkehrsbetriebe

Weitere Akteure wirken im Einzelfall als Antragsteller oder beratend mit:

- Tiefbauamt, Sachgebiet Lichtsignalanlagen (SG 66.32) bei Baustellen an Knoten
- Autobahnamt Halle (wird befragt, wenn auf einer BAB-Umleitungsstrecke eine Baustelle mit Vollsperrung errichtet werden soll)
- Straßenbauamt Magdeburg, wenn territorial übergreifende Sperrungen geplant sind

Der antragstellende Baubetrieb ist verpflichtet, die Baustelle 1 bis 2 Tage vor Errichtung in der Tagespresse bekannt zu geben und die Anwohner über die Verkehrsorganisation zu informieren (Zufahrten, Halteverbote etc.). Vom Tiefbauamt, Abteilung Verkehrsanlagen (Abt. 66.3) wird anhand der vorliegenden Anordnungsblätter wöchentlich eine schriftliche Pressemitteilung über alle aktuellen Verkehrseinschränkungen im Stadtgebiet herausgegeben. Lage und Zeitraum der Baustellen einschließlich ggf. vorgesehener Umleitungen werden hierzu auf einer digitalen Karte verortet und automatisch über die digitalen Medien WEB, WAP (movi.de) und Digita-

ler Rundfunk tagesaktuell und in Sonderfällen auch tagesaktualisiert verbreitet. Im gleichen Arbeitsgang kann eine Druckversion der Baustelleninformation erstellt werden, die einmal pro Woche per E-Mail bzw. Fax an Presse, Funk und Fernsehen verschickt wird.

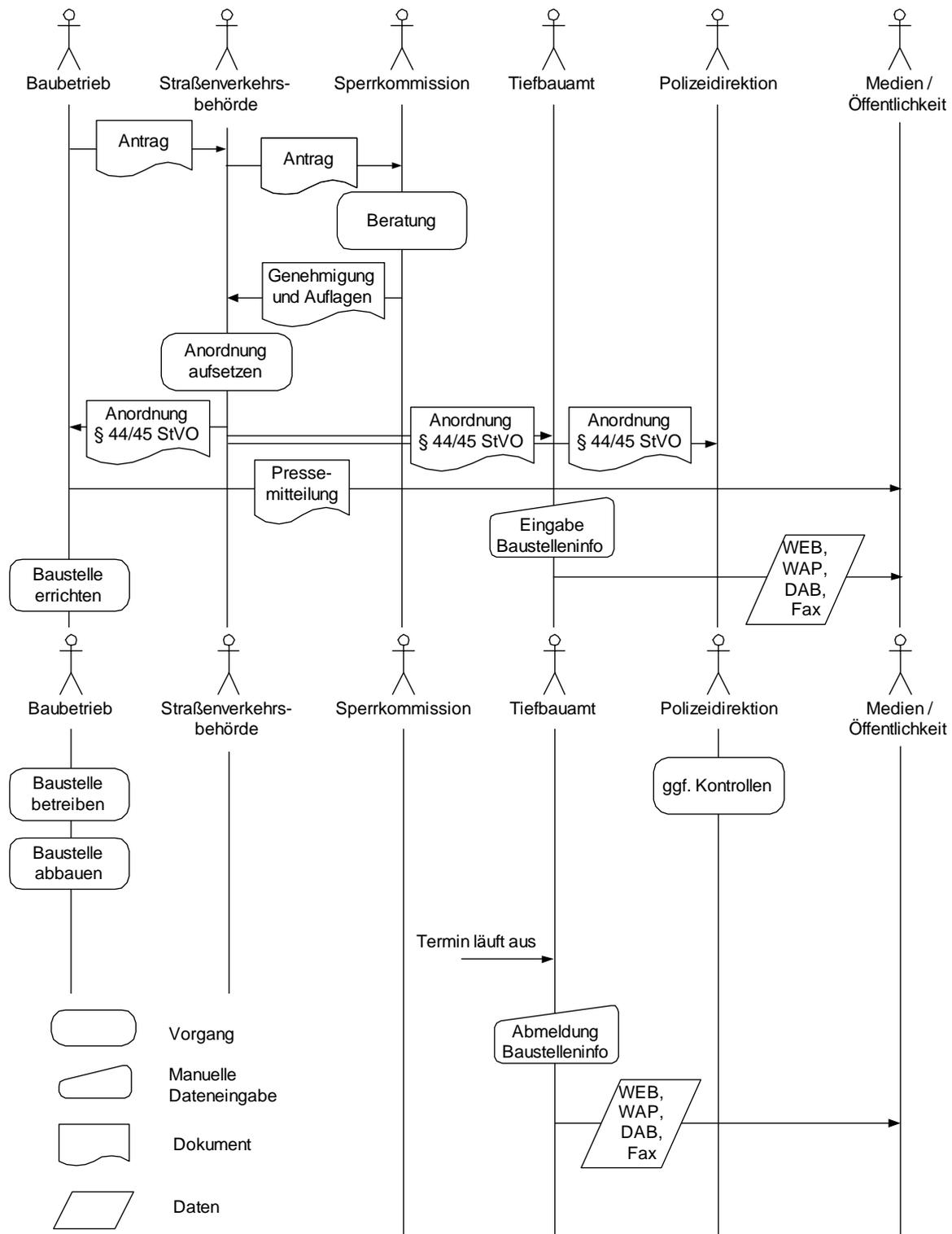


Abbildung 13: Informations- und Datenflüsse der Ereigniskategorie Großbaustelle

Nach Ablauf der geplanten Baustellendauer, wird die Verkehrseinschränkung aus den täglich aktualisierten Meldungen in den elektronischen Medien herausgenommen und in der wöchentlichen Meldung nicht mehr geführt. Verzögert sich die Baustellenräumung, muss das Unternehmen 2 Tage vor Fristablauf einen Verlängerungsantrag stellen, der nicht genehmigt werden muss. Eine Kontrolle der tatsächlichen Existenz von Baustellen wird durch das Aufsichtspersonal des Tiefbauamts vorgenommen.

Alle Baustellenereignisse wurden seit Anfang des Jahres 2002 in einer Testfeld-Datenbank archiviert, so dass deren verkehrliche Auswirkungen anhand der archivierten Detektordaten auch nachträglich untersucht werden können.

Ereigniskategorie "Großveranstaltung"

Großveranstaltungen im Magdeburg müssen in der Regel beim Ordnungsamt angemeldet werden. Über Maßnahmen der Verkehrslenkung (Sperrungen, Umleitungen, Richtungsverkehre) und andere Anordnungen wie etwa zu temporären Halteverboten oder zusätzlichen einzurichtenden Parkflächen entscheidet die Sperrkommission. Grundlage der Genehmigung ist der vom Antragsteller einzureichende Beschilderungsplan. Die Straßenverkehrsbehörde (Amt 66.31) ordnet die geplanten verkehrsorganisatorischen Maßnahmen für einen abgegrenzten Zeitraum an. Der Veranstalter wird verpflichtet, die genehmigte Ausschilderung anbringen zu lassen. Das Tiefbauamt, Sachgebiet LSA (SG 66.32) übernimmt die temporäre Ausschilderung nur in seltenen Ausnahmefällen. Die Verkehrsorganisation wird ggf. durch eine manuelle Verkehrsregelung der Polizei unterstützt, welche vom Zentralen Verkehrsdienst (Dzernat 11.3) der Polizeidirektion Magdeburg angeordnet wird.

Die Verkehrsbetriebe aktivieren rechtzeitig vor Veranstaltungsbeginn einen zuvor ausgearbeiteten Sonderfahrplan ggf. mit besonderer Routenführung, die auf die Gesamtverkehrsorganisation abgestimmt ist.

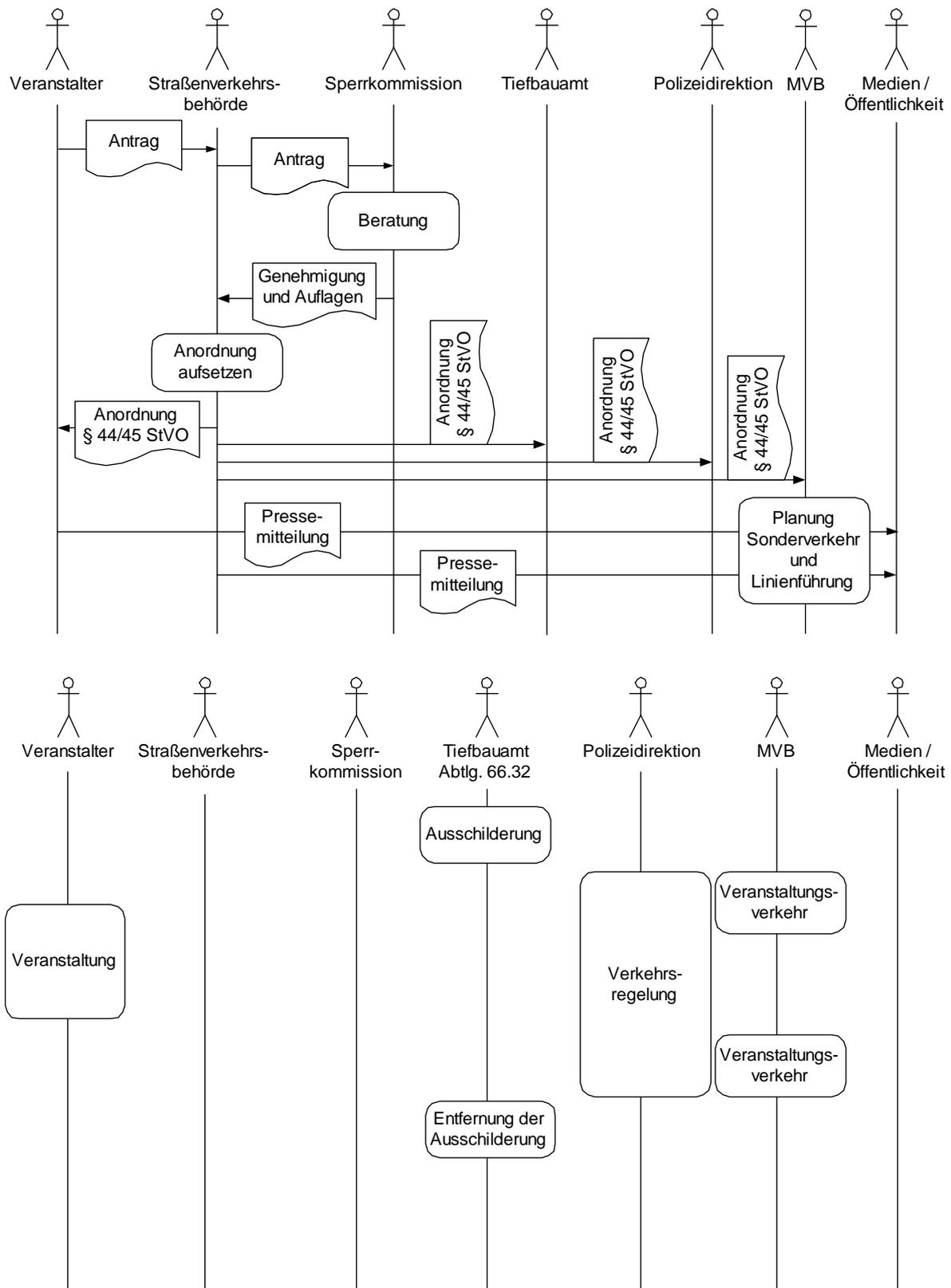


Abbildung 14: Informations- und Datenflüsse der Kategorie "Großveranstaltung"

Ereigniskategorie "Überregionale Umleitung"

Im Falle einer Vollsperrung bzw. eines längere Zeit bestehenden Rückstaus auf den Autobahnen A2 und A14 veranlasst die Autobahnpolizei nach eigenem Ermessen die überregionale Umleitung über die vorausgeschilderten U-Strecken. Der Umleitungsverkehr durch die Stadt muss geduldet werden, da die Führung der U-Strecken (BAB A14: U6, U8, U21, U23; BAB A2: U64, U66, U69, U71) durch die Straßenverkehrsbehörde genehmigt ist. Eine Ausnahme besteht dann, wenn Einschränkungen auf diesen Strecken bestehen, etwa durch Baustellen. In diesem Fall findet die Sperrkommission unter beratender Mitwirkung des Autobahnamts Halle rechtzeitig eine einvernehmliche Alternativlösung, welche vorher bekannt gegeben wird.

Eine Information über die aktivierte Umleitung wird hier über die Autobahnpolizei im Zuständigkeitsbereich der Polizeidirektion *Stendal* und nicht über das Lage- und Führungszentrum der Polizeidirektion Magdeburg in den Verkehrswarndienst eingespeist.

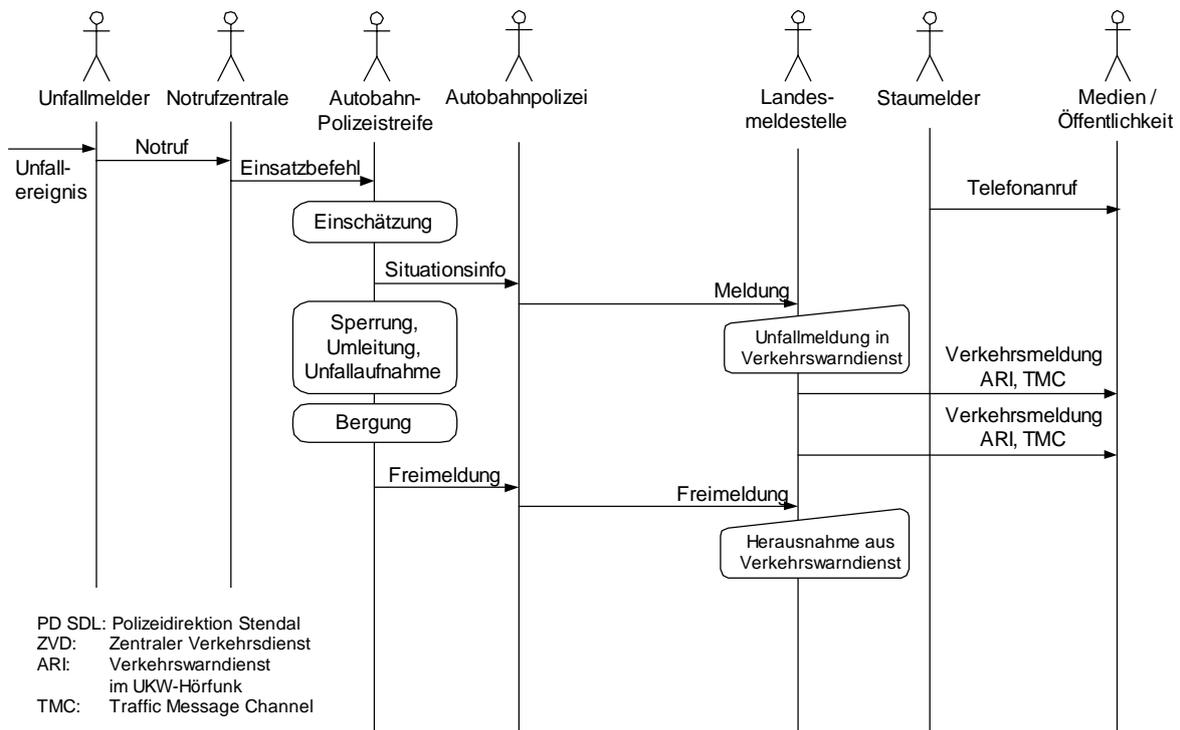


Abbildung 15: Informations- und Datenflüsse der Kategorie "Überregionale Umleitung"

Eine besondere Belastung des städtischen Straßennetzes durch überregionalen Umleitungsverkehr tritt bei Störungen auf der BAB A2 zwischen den Anschlussstellen Burg Ost und Magdeburg Rothensee auf, weil für die Umleitung nur noch die eine Elbquerung im Stadtgebiet Magdeburgs zur Verfügung steht. Die Bewältigung der erheblichen Zusatzverkehrsmenge von der sechsspurigen BAB A2 ist entlang der Bundesstraße B1 im Stadtgebiet problematisch, da die lokal verkehrsabhängigen LSA-Steuerungen sich ohne strategische Vorgaben auf die Umleitungsströme einstellen und hierbei den städtischen Binnenverkehr aus den Nebenrichtungen unangemessen behindern. Außerdem kommt es in ungünstigsten Fällen zu einer starken Beeinträchtigung der ÖPNV-Bevorrechtigung.

Eine Abstimmung der innerstädtischen Verkehrsorganisation auf eine Verkehrssituation bei überregionaler Umleitung gibt es derzeit nicht. Das Tiefbauamt, Sachgebiet Lichtsignalanlagen wird derzeit nicht direkt über das Vorliegen einer aktivierten überregionalen Umleitung informiert und kann daher im Vorfeld keine flankierenden Maßnahmen treffen. Erst wenn der Umleitungsverkehr die Stadt erreicht hat, kann durch Beobachtung auf die eingetretene Situation geschlossen werden.

3.3 Weitere Umsetzungskonzepte für das Testfeld Magdeburg

3.3.1 Wissensbasen Verkehrslage, -prognose und Umwelt

Die erweiterte Wissensbasis im Testfeld ist Grundlage für ein dynamisches Routing sowie für die Auswahl und Beurteilung von strategischen Entscheidungen. Im AP 3000 sollten drei Wissensbasen aufgebaut werden, die in AP 3100 (Dynamische Verkehrslage), AP 3200 (Verkehrsprognose) und AP 3300 (Umweltinformation) methodisch entwickelt werden und im Testfeld zum Einsatz kommen sollten.

Das Testfeld Magdeburg liefert dazu die aus den verschiedenen Quellen gewonnenen Rohdaten über definierte Server und Schnittstellen (Abbildung 16) an die INVENT-Partner, die daraus mit geeigneten Verkehrs- und Umweltmodellen die Verkehrslage- und Prognose generieren.

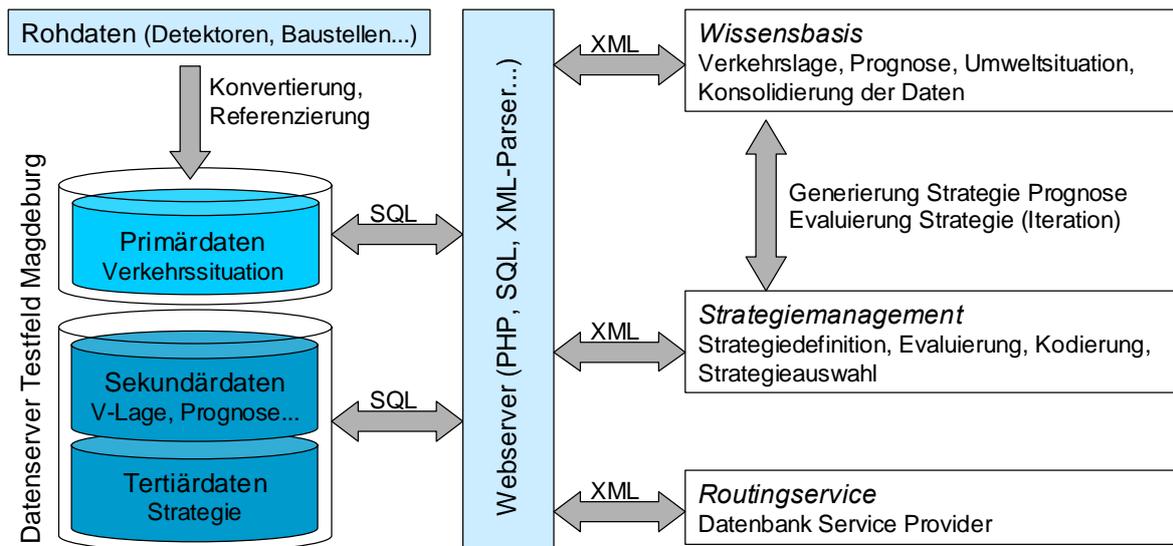


Abbildung 16: Erstes System- und Schnittstellenkonzept für die Wissensbasen in Magdeburg

Für verschiedene Zeiträume liegen in den Wissensbasen des Testfeldes Magdeburg folgende historische Daten für die Nutzung im Teilprojekt NIV vor:

- Minutenwerte von halteliniennahen LSA-Detektoren
- Minutenwerte von Strategiedetektoren
- Minutenwerte von Detektoren der Streckenbeeinflussungsanlage BAB 2
- Lage und Zeitraum von Baustellen im Straßenbereich
- Belegungsdaten von Parkhäusern
- Umweltdaten des Luftüberwachungssystems LÜSA

Die unter Federführung der für die Testfelder verantwortlichen Partner ifak und TRANSVER vereinbarten Austauschformate für die Daten- und Informationsübermittlung sind in Abschnitt 4.7 näher beschrieben.

3.3.2 Verteiltes Strategiemangement

Wie bereits erwähnt, wurden in Magdeburg verkehrsorganisatorische Maßnahmen zwischen den verschiedenen Beteiligten weitgehend koordiniert. In den Diskussionen des Strategieforums Magdeburg wurden erste vielversprechende Ansätze für die Umsetzung eines Strategiemagements im Sinne des Projekts identifiziert. Die Planungs-, Entscheidungs- und Betriebsprozesse wurden für verschiedene Ereigniskate-

gorien dokumentiert. Für INVENT-NIV ist von essenzieller Bedeutung, wie die getroffenen Entscheidungen über verkehrsbehördliche Anordnungen (verkehrsorganisatorische Maßnahmen) zeitnah in die Endgeräte kommen.

Hierzu ist eine möglichst durchgehende informationstechnische Unterstützung der Entscheidungsprozesse erforderlich, in denen der Informationsfluss bisher über mehrere Medien (Notizen, Formulare, Telefon, Fax, Email, etc.) erfolgte. In den Diskussionen wurde auch deutlich, dass eine durchgehende informationstechnische Lösung nur dann praktikabel ist und angenommen wird, wenn sie sich in die bestehenden organisatorischen Abläufe einfügt oder die Prozesse gar vereinfacht.

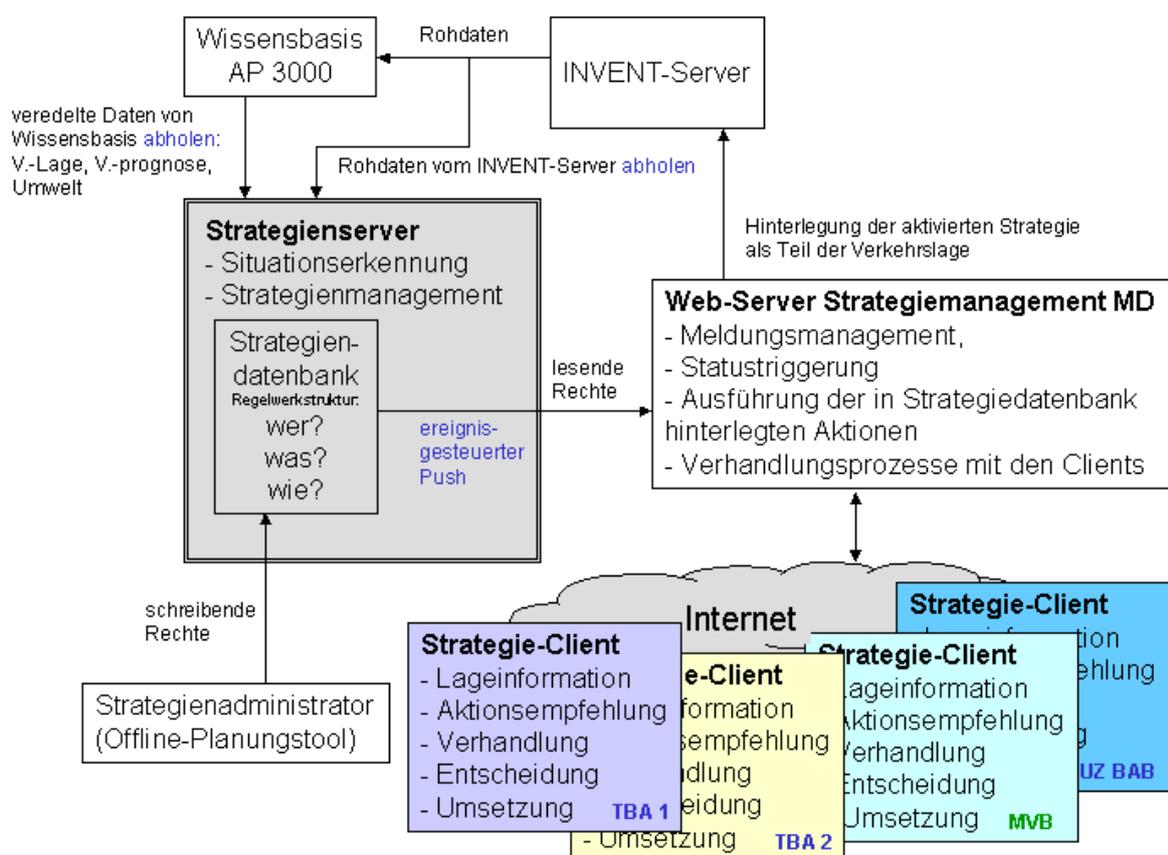


Abbildung 17: Umsetzungsvorschlag für ein verteiltes Strategiemangement

Es wurde eine Lösung für ein verteiltes Strategiemangement vorgeschlagen wie es Abbildung 17 skizziert. Zentrale Komponente ist hier ein Strategienserver mit einer Strategiedatenbank, in der ein Regelwerk verankert ist, welche Einrichtung (Tiefbauamt, MVB, Polizeidirektion, Autobahnamt, etc.) welche Maßnahme in welcher Situation einleiten darf.

Im Rahmen der erstellten Machbarkeitsstudie für das Testfeld Magdeburg wurden auch die Entscheidungsprozesse zum Aktivieren und Deaktivieren von Strategien beschrieben. Wie diese zeigen, sind für verschiedene Stellen auch bei der Handhabung dynamischer Ereignisse manuelle Aktionen erforderlich. Dazu zählen vor allem eine Aktionsmeldung und eine Freimeldung, die verschiedene Maßnahmen bei unterschiedlichen Einrichtungen auslösen können.

Die Erwartungshaltung an ein Strategiemangement nach Abbildung 17 besteht in der schnelleren gegenseitigen Information, in der daraus abzuleitenden Vermeidung von Folgeproblemen und besseren Nutzung von Ausweichmöglichkeiten, in der besseren und schnelleren Information der Verkehrsteilnehmer und in den verkehrstechnisch positiven Effekten durch die empfehlungskonforme Navigation mit INVENT-Endgeräten.

Die Umsetzung des skizzierten Strategiemagements wäre zwar wünschenswert, im Rahmen von INVENT allerdings nicht finanzierbar gewesen. Nach Finanzierungs- und Umsetzungsmöglichkeiten wird aber auch nach Abschluss des Forschungsvorhabens INVENT ggf. im Rahmen nachfolgender Forschungsprojekte intensiv gesucht.

4 Systemintegration im Testfeld Magdeburg

4.1 Systemarchitektur und Umsetzung

Im Testfeld Magdeburg wurden die vor allem in den Arbeitspaketen 3000 bis 5000 erarbeiteten methodischen Grundlagen und technischen Komponenten exemplarisch umgesetzt. Die Hauptaufgaben des Testfeldes waren dabei der Aufbau und die Bereitstellung einer IT-Infrastruktur zur Erfassung, Verarbeitung und Aufbereitung von verkehrlichen und infrastrukturellen Daten in verschiedenen Wissensbasen, die Schaffung von politischen und administrativen Rahmenbedingungen in enger Zusammenarbeit mit den Partnern im Strategieforum Magdeburg und die Vorbereitung und Durchführung der Demonstration in der realen organisatorischen, politischen und verkehrlichen Umgebung des Testfelds Magdeburg, wobei der NIV-Ansatz in seiner Gesamtheit veranschaulicht werden sollte.

Dazu wurden verschiedene Datenquellen zur Ermittlung der Verkehrs- und Umweltlage erschlossen und die rechentechnische Basis für die Verwaltung einer Mehrebenen-Wissensbasis aufgebaut. Die Ebenen der Wissensbasen enthalten netzbezogene Daten zur Infrastruktur, zur aktuellen Verkehrslage, zur Verkehrsprognose, zur aktivierten Strategie und speziell im Testfeld Magdeburg zur Umweltlage. Somit findet beim Routing in Magdeburg zusätzlich zur verkehrlichen Situation auch die aktuelle Umweltlage Berücksichtigung.

Im Testfeld Magdeburg wurden unter Federführung des ifak die folgenden übergeordneten Ziele umgesetzt:

- Bereitstellung von Offline- und Online-Rohdaten für die verschiedenen Verfahren und Modelle der Partner
- Aufbau, Versorgung und Pflege der Wissensbasen mit den Ebenen Verkehrslage, Verkehrsprognose und Umweltdaten
- Definition und Verwaltung wählbarer und aktivierter Maßnahmen im Strategiemanagement
- Implementierung der Schnittstelle zwischen Wissensbasen und Routing-Service

- Vorbereitung und Durchführung der Demonstration in der realen organisatorischen, politischen und verkehrlichen Umgebung des Testfelds Magdeburg
- Schaffung der Voraussetzungen für eine Testfeldbewertung und Unterstützung von Optimierungen und Entscheidungsprozessen in INVENT

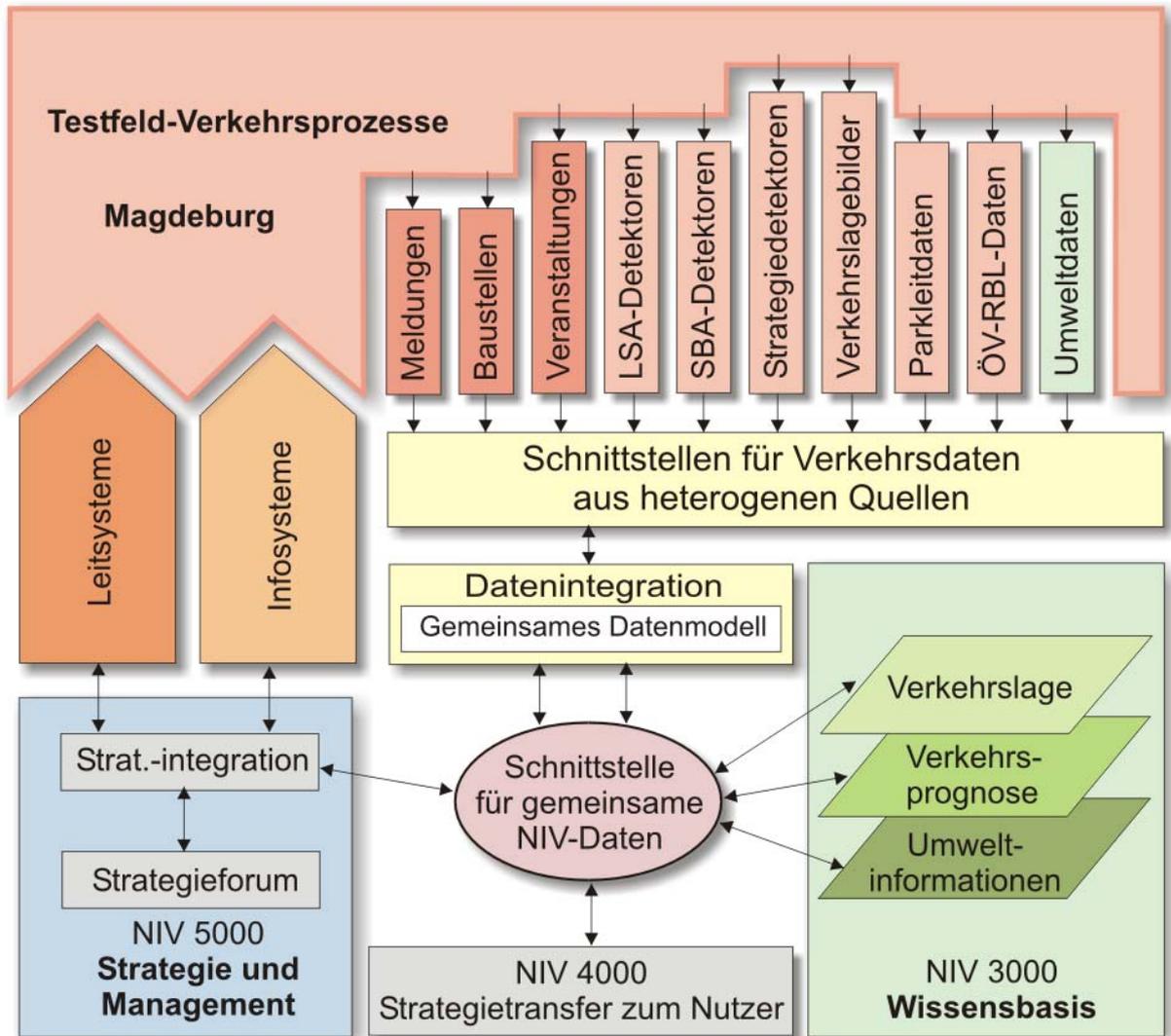


Abbildung 18: Systemarchitektur im Testfeld Magdeburg

Die im Testfeld teilweise vorhandene und auch im Rahmen von anderen gemeinsamen Forschungsvorhaben mit der Landeshauptstadt Magdeburg entstandene technische und organisatorische Infrastruktur wurde den Erfordernissen von INVENT-NIV entsprechend angepasst und sukzessive erweitert. Zur Umsetzung der genannten Ziele wurden durch das Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg als Testfeldverantwortlicher folgende Aufgaben gelöst:

- Bestandsaufnahme der vorhandenen technischen und organisatorischen Infrastruktur und Festlegung des Testfeldumgriffs
- Überprüfung der Systemarchitektur (s. Abbildung 18) in Bezug auf die Anwendungsanforderungen in INVENT sowie Spezifikation der projektbezogenen Anpassungen und Erweiterungen in der logischen und physikalischen Systemarchitektur (Komponenten, Schnittstellen usw.)
- Erschließung und Anbindung vorhandener heterogener Datenquellen und Zentren an die Wissensbasen des Testfeldes wie beispielsweise das RBL der Magdeburger Verkehrsbetriebe, das Parkleitsystem und die LSA-Verkehrrechner der Landeshauptstadt Magdeburg, die Unterzentrale an der BAB 2 des Autobahnamtes Halle und die Umweltdaten der Luftüberwachung Sachsen-Anhalt (LÜSA)
- Zeitnahe Bereitstellung von dynamischen Verkehrsdaten (Rohdaten) aus dem Testfeld zur Generierung einer aktuellen Verkehrslage und -prognose sowie einer Umweltlage durch die NIV-Partner
- Bereitstellung der durch die Modelle und Verfahren der Partner generierten Verkehrslage und -prognose sowie der Umweltlage über Datenserver und Webservices mit vereinheitlichten Schnittstellen
- Erfassung, Implementierung und Bereitstellung von definierten Strategien (Bedarfsumleitungen, Baustellen usw.) der Landeshauptstadt Magdeburg in einem Strategielayer zur Übernahme durch die Verkehrsmodelle und den Routing-Service der NIV-Partner
- Übergabe der bereitgestellten Verkehrslage und -prognose, der Umweltlage sowie der aktivierten Strategien im Testfeld an das multikriterielle Routing

Die Umsetzung der aufgeführten Arbeitsschritte erfolgte in enger Abstimmung mit den anderen am Testfeld beteiligten Arbeitspaketen und Partnern u. a. im Rahmen des Strategieforums Magdeburg.

Für die örtliche Referenzierung wurde im Testfeld Magdeburg wie in München eine digitale Karte des Partners Navteq verwendet ("NavStreets Premium Version 2.4 Q4-01"). Testfeld-spezifische Informationen, die über den Versorgungsumfang der Navteq-Karte hinausgingen, wurden als zusätzliche Datenlayer implementiert und über eine Datenbank vorgehalten.

4.2 Technische Infrastruktur und Datenserver

Im Testfeld Magdeburg sollte der NIV-Ansatz in seiner Gesamtheit demonstriert werden. Hierzu war es erforderlich, die heterogenen Datenquellen, die strategischen Ziele des Verkehrsmanagements und die Wissensbasis so aufzubauen und zu integrieren, dass für das multikriterielle fahrzeugseitige Routing alle notwendigen Informationen bereitgestellt werden können.

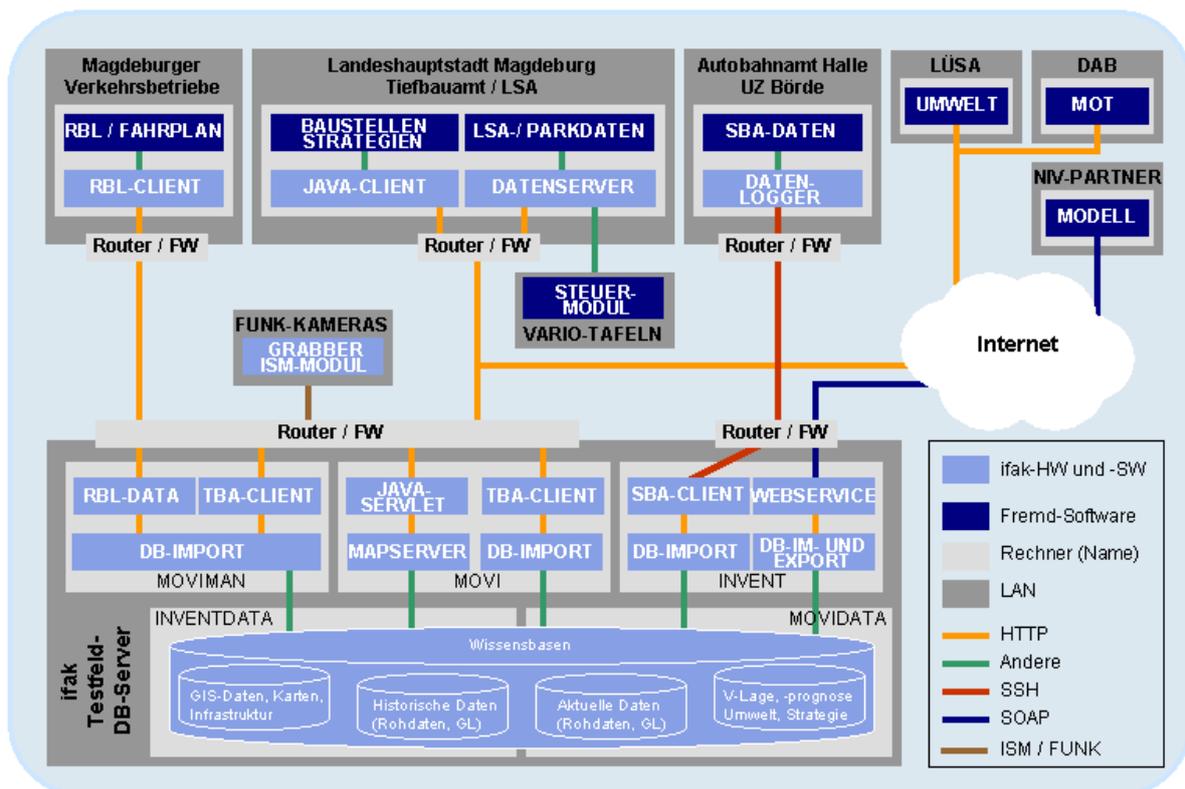


Abbildung 19: Verteilte Datenserver im Testfeld Magdeburg

Schritt haltend mit der Entwicklung und Implementierung der verschiedenen Verfahren, Modelle und Strategien durch die einzelnen Partner und Arbeitspakete in INVENT-NIV wurden durch das ifak im Testfeld Magdeburg verschiedene Basiskomponenten für die Datenhaltung, -verarbeitung und die Kommunikation aufgebaut, ertüchtigt und erweitert. Die informationstechnische Grundlage für die verschiedenen Ebenen der Wissensbasis bilden im Testfeld Magdeburg im Wesentlichen ein relationales Datenbankmanagementsystem (RDBMS) mit zwei verteilten Datenbankservern und verschiedenen Webservern sowie Routern und Firewalls (s. Abbildung 19).

In den Datenbanken wurden neben den im Testfeld erfassten Verkehrs- und Umfelddaten die veredelten Daten aus den AP 3000 (Verkehrslage und Prognose, Umwelt) sowie aus dem AP 5000 (Strategie) gespeichert. Alle in den Wissensbasen vorhandenen Daten mit einem konkreten örtlichen Bezug im Testfeld Magdeburg sind georeferenziert. Grundlage hierfür ist die in INVENT-NIV gemeinsam genutzte digitale Karte des Partners Navteq. Weiterhin wurden für Fahrzeugendgeräte und Routing-Verfahren, die auf einer anderen Kartenbasis arbeiten, zusätzliche gebräuchliche Referenzierungsverfahren (Gauß-Krüger, WGS84, TMC) bereitgestellt.

Für die Verwaltung und Pflege der heterogenen Verkehrs- und Umweltdaten sowie für die Sicherstellung der grundlegenden Kommunikation wurden drei separate Web- und Applikationsserver in die IT-Architektur im Testfeld Magdeburg und im ifak integriert. Jeder der genannten Server verfügt über verschiedene Datenverarbeitungs-, Management-, Service- und Kommunikationskomponenten, die einerseits einen Zugriff auf das interne Datenbanksystem und andererseits den Informationsaustausch mit der „Außenwelt“ ermöglichen. Die Web- und Applikationsserver übernehmen dabei die folgenden wesentlichen Aufgaben:

– *Rohdaten anfordern und verarbeiten:*

Messwerte der im Testfeld Magdeburg vorhandenen Detektoren und Erfassungssysteme sowie der Daten aus der Baustellenverwaltung, dem Parkleitsystem, dem RBL der Verkehrsbetriebe und Umweltdaten

– *Externe Daten bereitstellen:*

Ergebnisse des Arbeitspaketes 3000 (Verkehrslage, Prognose und Umwelt),
Ergebnisse des Arbeitspaketes 5000 (Strategien).

Alle Daten sind über das Informationsnetzwerk des Projektes online verfügbar und einheitlich georeferenziert.

– *Konsolidierte Testfeld-Informationen bereitstellen (Datenfusion):*

Auf der Basis der im Testfeld gesammelten Daten (Detektionsnetz und externe Daten) stellt das Testfeld konsolidierte Analyse- und Prognosedaten bereit. Die innerhalb des Testfeldes generierten Daten liegen in Form von Ganmlinien vor, die um textbasierte Zusatzmeldungen ergänzt werden können (Bereitstellung für AP 4000).

– *Web-Services:*

Über die Webservices im Testfeld stehen den einzelnen AP alle relevanten Verkehrsinformationen (Rohdaten, Ganglinien) in Form von XML-formatierten Daten zur Verfügung

Im Rahmen eines Qualitätsmanagements wurden die wichtigsten Kommunikationswege, Datenbankfunktionen und Applikationen überwacht und alle wesentlichen Aktivitäten sowie auftretende Störungen oder Abweichungen protokolliert. Bei der Aggregation der Rohdaten und der Erstellung von typisierten Ganglinien wurden einfache Plausibilitätskontrollen durchgeführt.

Die Partner in INVENT-NIV und alle anderen Akteure im Testfeld hatten über die gemeinsam definierten XML-Schnittstellen, über Webservices und andere Applikationen Online-Zugriff auf alle relevanten Infrastruktur- und Verkehrsdaten.

4.3 Erfassung und Bereitstellung von Verkehrskenngrößen

Die Methoden, Modelle und Verfahren zur Generierung der Verkehrs- und Umweltlage sowie der Verkehrsprognose im AP 3000 benötigten als dynamische Eingangsgrößen u. a. detektorbezogene Verkehrsdaten, Steuerungsdaten verkehrstechnischer Anlagen sowie ereignisorientierte Daten, die in Magdeburg teilweise auch manuell erhoben wurden. Diese heterogenen Daten lagen bei den Akteuren im Testfeld in zahlreichen verschiedenen Formaten, Detaillierungsgraden und Aggregationsstufen vor.

Im Testfeld Magdeburg umfassen diese verteilten heterogenen Online-Daten vor allem:

- Detektordaten von mehr als 100 verkehrsabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet mit insgesamt ca. 650 Einzelmessstellen
- 27 funkgestützte Strategiedetektoren, vor allem im nicht durch LSA-Detektoren versorgten, niveaufrei gekreuzten Schnellstraßennetz
- 40 funkgestützte Verkehrslagekameras (Einzelbilder und Bildsequenzen) für die ergänzende Lagebeurteilung an verkehrsrelevanten Knoten

- Detektordaten von mehr als 40 Querschnitten mit ca. 240 Detektoren an der BAB 2 sowie Schaltzustände der zugehörigen Streckenbeeinflussungsanlage
- Aktuelle Belegungsdaten für 14 Parkierungseinrichtungen aus dem Parkleitsystem der Landeshauptstadt Magdeburg
- Tagesaktuelle Baustelleninformationen für das Stadtgebiet Magdeburg mit georeferenzierten Umleitungsempfehlungen für alle verkehrsrelevanten Störungen
- Online-Fahrplandaten und Abfahrtszeiten für über 270 Haltestellen aus dem rechnergestützten Betriebsleitsystem der Magdeburger Verkehrsbetriebe
- Umweltdaten aus dem stationären Detektornetz des Luftüberwachungssystems in Sachsen-Anhalt (LÜSA) sowie mobile Umweltdaten aus dem Ford-Versuchsträger

Zur Übertragung der Online-Daten aus den Systemen der jeweiligen Betreiber in das Datenbanksystem des Testfeldes wurden vom ifak verschiedene Applikationen und Hardwarekomponenten entwickelt und implementiert. Um Zugriff auf die Daten der LSA-Verkehrsrechner und des Parkleitsystems zu erhalten, wurde eine permanente Datenleitung zum Tiefbauamt der Stadt Magdeburg eingerichtet. Bei der Umsetzung der Datenübertragung waren vor allem die strikten Sicherheitsbestimmungen im behördlichen Kommunikationsnetz der Stadt zu berücksichtigen, die nur eine eingeschränkte Nutzung von Übertragungsprotokollen und vorgeschriebene Kommunikationspfade zuließen. Durch die Entwicklung und Implementierung von zugeschnittener Hard- und Software auf beiden Seiten der Übertragungsstrecke und durch Sicherung der Kommunikation mittels Verschlüsselung, Authentifizierung und Firewalls konnten alle diesbezüglichen Anforderungen der Landeshauptstadt Magdeburg und der Partner im Testfeld erfüllt werden.

Gleiches galt für die Anbindung des Testfeldes an das RBL der Magdeburger Verkehrsbetriebe. Auch hier wurde eine entsprechend abgesicherte permanente Datenverbindung etabliert, welche die Übertragung von aktuellen Fahrplandaten und Abfahrtszeiten im ÖPNV-Netz Magdeburgs ermöglichte. Da in der Landeshauptstadt Magdeburg über 100 LSA-Knoten in die ÖPNV-Beschleunigung einbezogen sind, lässt die Kenntnis der Fahrplanlage stellenweise Rückschlüsse auf die Verkehrslage in den Übergangsbereichen und Knotenpunkten zu.

Für die Anbindung der Testfeldserver an die Unterzentrale Börde der Streckenbeeinflussungsanlage (SBA) A2 des Autobahnamtes Halle wurde eine eigenständige technische Lösung entwickelt. Da eine vergleichbare direkte Netzwerkverbindung wie zum Tiefbauamt und zu den Verkehrsbetrieben hier aus technologischen und Sicherheitsgründen nicht möglich war, wurde ein Datentransfer über einen linuxbasierten ISDN-Router (Abbildung 20) realisiert.



Abbildung 20: ISDN-Router des ifak zur Datenanbindung an die SBA der UZ Börde

In der Unterzentrale Börde werden die Daten der SBA passiv über eine serielle Leitung an einer für INVENT-NIV eingerichteten Schnittstelle „abgehört“ und vorverarbeitet. Damit auf dem vom Autobahnamt zur Verfügung gestellten ISDN-Anschluss für den Betreiber keine Verbindungskosten anfallen, wird der Datentransfer von einem Anschluss (ISDN-Router) im ifak initiiert und abgewickelt. Die Verbindung wird durch das Secure-File-Transfer-Protocol (SFTP) gegen nichtautorisierte Zugriffe gesichert.

Die tagesaktuellen Baustelleninformationen werden über eine vom ifak entwickelten und bereitgestellten JAVA-Applikation (Abbildung 21) direkt durch die zuständigen Mitarbeiter im Tiefbauamt und Stadtplanungsamt eingepflegt.

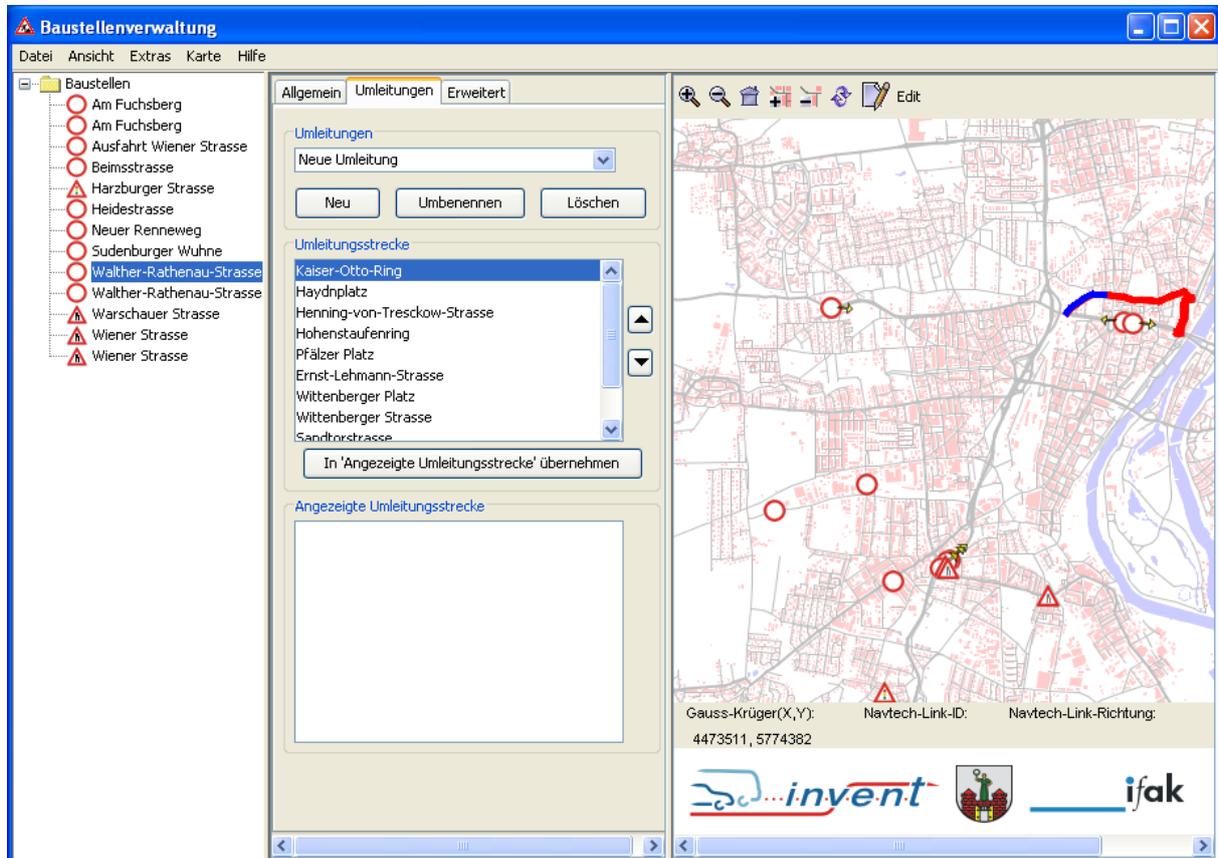


Abbildung 21: Online-Erfassung von Baustellen und Umleitungsempfehlungen

Als Basis dient hier die digitale Navteq-Karte, so dass alle georeferenzierten Informationen direkt in die Wissensbasen übernommen und den Partnern bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden konnten. Wichtig war hierbei, dass neben den Ortsangaben zu Baustellen und Störungen auch Umleitungsempfehlungen und akzeptanzsteigernde Meldungen (für eXtended Traffic Messages – XTM des AP 4000) eingegeben werden können (Abbildung 22). Diese Meldungen werden u. a. auch über den Digitalen Rundfunk Sachsen-Anhalt in die Fahrzeugendgeräte übertragen. Dazu wurde eine bereits in vorherigen Forschungsprojekten aufgebaute Online-Verbindung zur Landesmedienanstalt Sachsen-Anhalt (Projektbüro Digitaler Rundfunk) in Halle genutzt.

In Ergänzung zu den verschiedenen Verkehrsdatenerfassungseinrichtungen betreibt das ifak ein eigenes Funkdatennetzwerk für die Übertragung von Verkehrslagebildern und Messwerten von Strategiedetektoren. Diese Detektoren sind vorrangig in den nicht- oder unterversorgten Teilen des Straßennetzes (Schnellstraßen) und an verkehrsrelevanten Knoten installiert. Die Übertragung erfolgt im gebühren- und genehmigungsfreien ISM-Band bei 2,4 GHz. Über eine Master-Funkstation ist das Netzwerk an die Applikations- und Datenbankserver des Testfeldes angebunden.

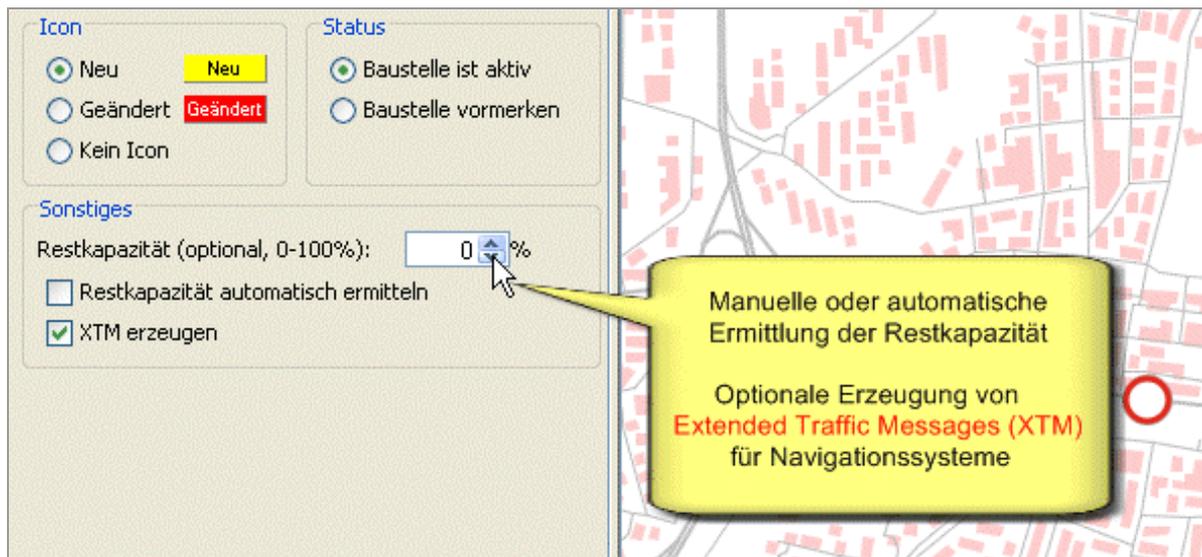


Abbildung 22: Automatische Generierung von XTM und Ermittlung von Restkapazitäten

Neben der einheitlichen räumlichen Referenzierung durch die Verwendung von gemeinsamen digitalen Karten wird der eindeutige zeitliche Bezug durch die testfeldinterne Prüfung der Zeit- und Datums-Synchronität der angeschlossenen Server und Applikationen sichergestellt.

4.4 Erfassung und Bereitstellung von Umweltinformationen

4.4.1 Fahrzeuggestützte Umweltanalytik

Für die fahrzeuggestützte, streckenbezogene Erfassung von Umweltdaten im fließenden Verkehr entwickelte und erprobte der Partner Ford Forschungszentrum Aachen (FFA) ein spezielles Versuchsfahrzeug. Dieses Fahrzeug wurde zum „Messlabor auf Rädern“ aufgerüstet und so die mobil erfassten Daten für die Generierung einer neuen dynamischen Netzebene in den Wissensbasen weiterverarbeitet. Vorteil

einer solchen streckenbezogenen Datenerfassung ist, dass die Messung unmittelbar dort erfolgt, wo der Verkehr möglicherweise Belastungen verursacht.

Dabei wurden folgende Größen berücksichtigt:

- Anzahldichte der Partikel zwischen 7 Nanometer und 3 Mikrometer,
- Massenkonzentration von Kohlenmonoxid,
- aggregierte Massenkonzentration von Stickstoffdioxid, Ozon, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen
- Lufttemperatur, Regenereignisse

Die gewonnen aktuellen Messwerte wurden im Sekundenabstand mit aktueller Position (Länge und Breite) als hochaufgelöste Rohdaten im Fahrzeug gespeichert und über eine GPRS-Verbindung zum Server des FFA übertragen. Dort wurde aus den Rohdaten ein Indikator abgeleitet, der die Qualität der im Straßenraum gemessenen Luft in wenigen Qualitätsklassen beschreibt. Ziel des Verfahrens war die Generierung einer Ebene in der Wissensbasis des Testfeldes Magdeburg, die ein aktuelles Bild über die Umweltsituation in einem Straßennetz zur Verfügung stellte.

Dazu mussten verschiedene, sich ergänzende Datenquellen bei der Bereitstellung der umweltrelevanten Informationen berücksichtigt werden. Unter umweltrelevanten Informationen für die Netzebene sind Wetter-, Luftqualitäts- und Emissionsdaten zu verstehen. Nach dem Zusammenfassen der mobilen Daten mit stationären und Emissionsdaten (unter Berücksichtigung der Straßenklassifizierung) zu einem Umweltindex wurde dieser an den Testfeldserver übermittelt und dort in die Netzebene Umweltdaten eingepflegt.

4.4.2 Kleinräumige stationäre Umweltinformationen

4.4.2.1 LÜSA-Umweltmessstationen in Magdeburg

Im Rahmen des Luftüberwachungssystems Sachsen-Anhalt (LÜSA) wurden seit 1991 zahlreiche Mehrkomponenten-Messstationen für die stationäre Erfassung von Umweltdaten installiert. Im Stadtgebiet von Magdeburg liefern die vier Stationen

- Magdeburg/Verkehr (s. Abbildung 23),

- Magdeburg/Südost,
- Magdeburg/West und
- LÜSA-Zentrale

neben Wetterdaten wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck und Niederschlagsmenge auch verschiedene Messwerte zur Schadstoffbelastung. Neben CO, NO, NO₂ und Ozon werden auch Benzol, Toluol, Xylol, Ruß und PM10-Partikel gemessen.



Abbildung 23: Mehrkomponenten-Messstation der LÜSA am Damaschkeplatz Magdeburg

Die Daten aus den 4 in Magdeburg verteilten Umweltmessstationen der Luftüberwachung Sachsen-Anhalt (LÜSA) wurden skriptgesteuert direkt von den öffentlich zugänglichen Webseiten des Landesumweltamtes heruntergeladen, weiterverarbeitet und in den Wissensbasen abgespeichert. Online stellt das Umweltamt vorgeprüfte Werte (1h-, 8h- oder 24h-Mittelwerte) auf ihren Internetseiten zur Verfügung. Zusammen mit den mobilen Messwerten und den Daten des Emissionsmodells ermittelte der Testfeldpartner FFA einen einheitlichen Umweltindex für die Netzebene Umweltdaten.

4.4.2.2 Prototyp für einen verteilten funkgestützten Umweltsensor

Zur Ergänzung des LÜSA-Messnetzes wurde das vorhandene Verkehrsdatenfunknetz des ifak genutzt. Dazu wurden einige im Straßenraum installierte Funkstationen (Abbildung 4) mit einer universellen Schnittstelle zur Umweltdatenerfassung ausgerüstet. Über ein generisches, weitgehend an die TLS angelehntes Protokoll wurden die Messdaten vom Sensormodul an das Basis-Modul der Funkstation und von dort an die Master-Funkstation im ifak übertragen.

Die Anbindung von externen Umweltsensoren an das Basis-Modul des Funkkamerasystems kann prinzipiell auf verschiedenen Wegen realisiert werden. Der im Funkkamerasystem des ifak verwendete Mikrocontroller C167 verfügt standardmäßig bereits über ein breites Spektrum an integrierten Schnittstellen oder kann relativ einfach erweitert werden. Einige prinzipiell realisierbare Lösungsansätze beinhalten die Sensoranbindung über

- analoge Eingänge mit anschließender A/D-Wandlung,
- digitale Eingänge mit galvanischer Trennung über Opto-Koppler,
- einen I2C-Bus,
- das eingebaute SP-Interface des C167,
- den integrierten CAN-Bus oder
- eine serielle Schnittstelle (RS 232 oder RS 485).

Ziel der Entwicklung war hierbei von Anfang an der Entwurf und die prototypische Implementierung eines möglichst universellen Interfaces zur Anbindung verschiedener Sensortypen. Nach eingehender Analyse der vorhandenen Systemarchitektur fiel die Wahl auf den bereits vorhandenen RS 485-Bus, über den bereits die PIR-Strategie-Detektoren angeschlossen wurden. Das Bussystem erlaubt hierbei den Anschluss und die einfache Adressierung verschiedener Geräte.

Die Ankopplung des universellen Sensormoduls erfolgte über ein 4-adriges geschirmtes Kabel. Ähnlich wie bei den Passiv-Infrarot-Detektoren wurde hierüber die Spannungsversorgung und die Datenübertragung realisiert (Abbildung 24). Der Anschluss von Sensoren erfolgte über ein eigens dafür vom ifak entwickeltes Universal-

interface, dass u. a. die Signal- und Pegelanpassung sowie die Protokollumsetzung vornehmen sollte.

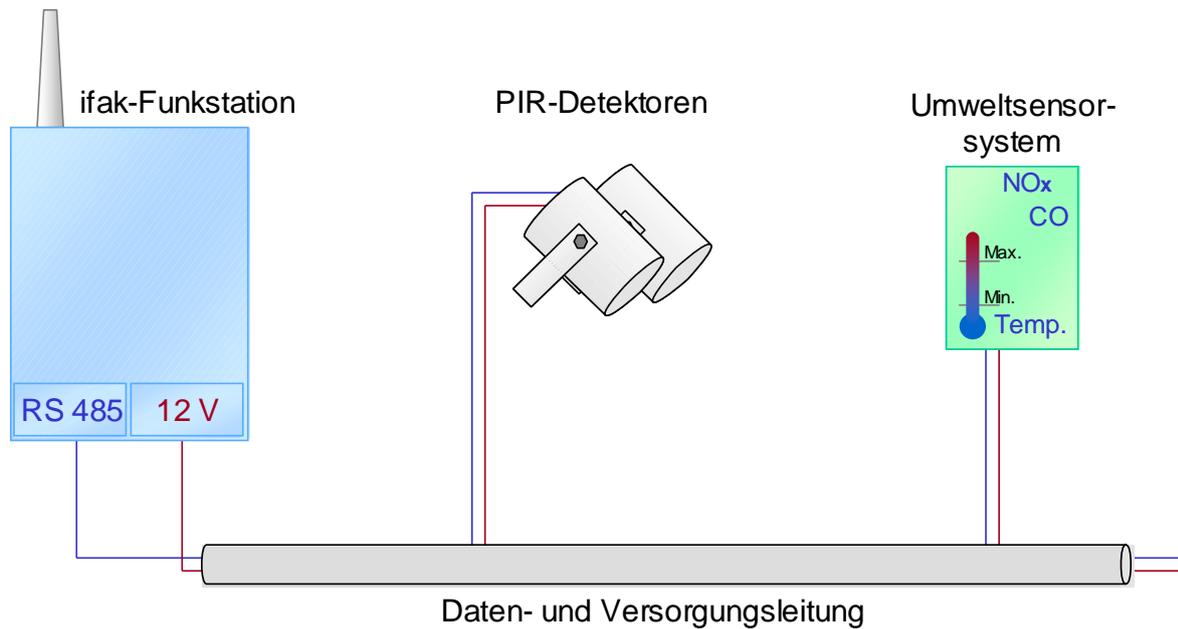


Abbildung 24: Anbindung der Umfoldsensoren an das Funkkameranystem

Die hier vorgestellte Lösung basiert auf einer aufsteckbaren Prozessorplatine (Abbildung 25), die durch einfache Zusatzbeschaltungen an die unterschiedlichsten Sensorschnittstellen angepasst werden kann.

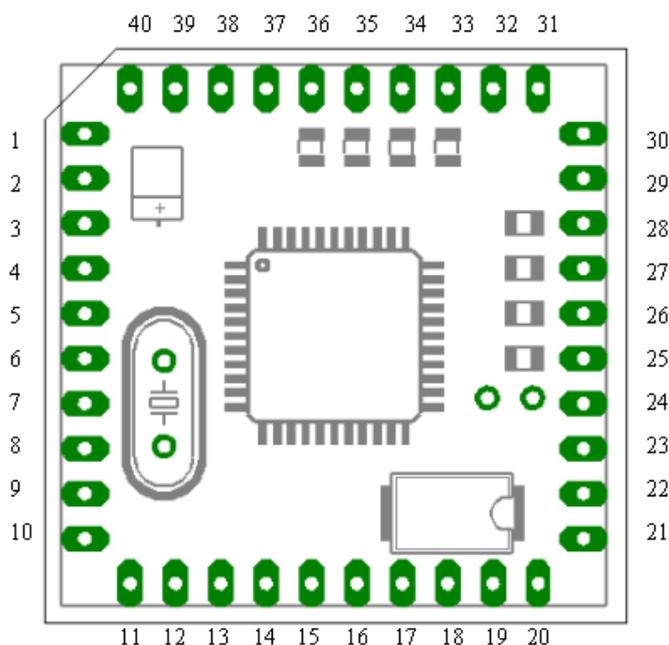


Abbildung 25: Platinendesign der Prozessorplatine für das Universalinterface

In die Prozessorplatine ist neben der Spannungsversorgung, dem Speicher (RAM; EEPROM, FLASH), einer RTC (Real Time Clock), einem 8-Kanal 10-Bit A/D-Wandler, vier PWM Kanälen auch ein Watchdog Timer zur Statusüberwachung integriert. Das beschriebene Konzept soll durch das in Abbildung 26 dargestellte Blockschaltbild verdeutlicht werden. Die Pinbelegung für die Platine des Prozessorkerns ist in Tabelle 16 im Anhang aufgelistet.

Der modulare Aufbau des Systems ermöglicht den gleichzeitigen Betrieb mehrerer Sensoren. Durch die Bereitstellung von analogen sowie digitalen Eingängen können entsprechende aktive oder passive Sensortypen angeschlossen werden.

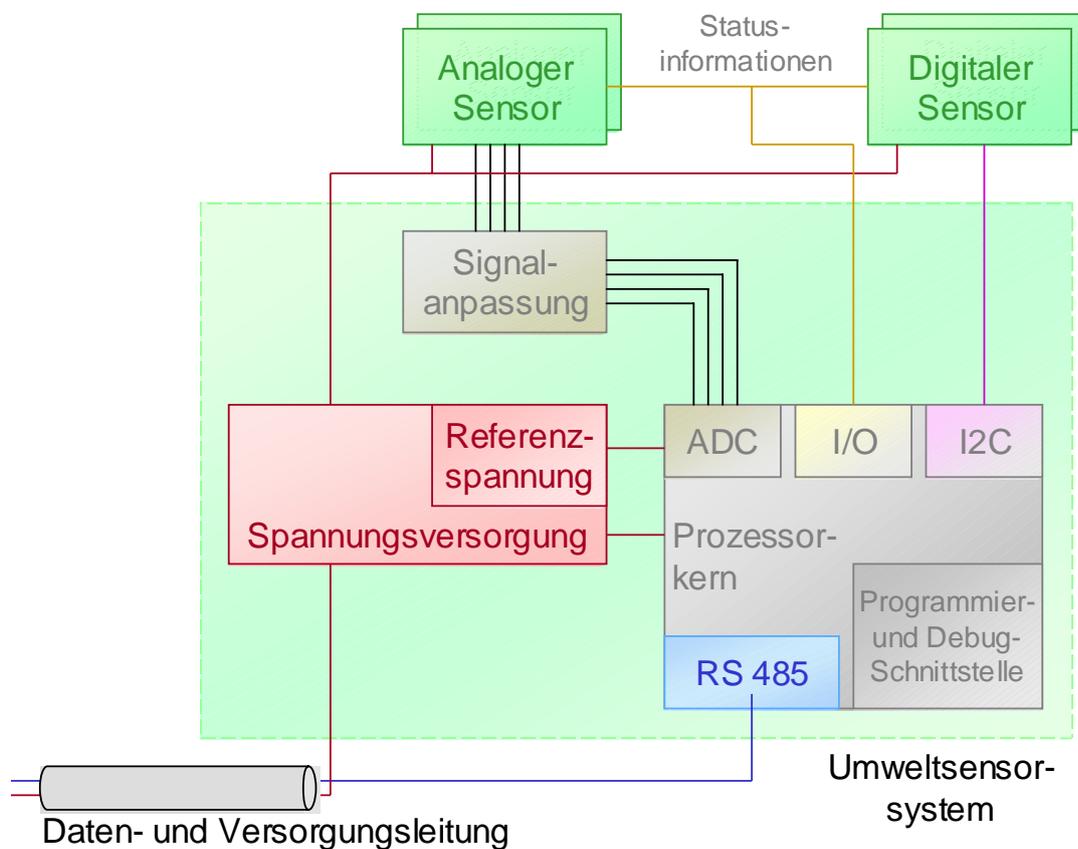


Abbildung 26: Blockschaltbild Universalinterface mit angeschlossenen Sensoren

Über digitale I/O-Ports können Statussignale kontrolliert oder externe Geräte geschaltet werden. Außerdem ist ein aktives Rückwirken auf den Sensor möglich, da einige I/O-Ports ein pulswiden-moduliertes Signal (PWM) bereitstellen können. Eine auf diese Art erzeugte Spannung kann beispielsweise für eine Temperaturkompensation des Sensors genutzt werden.

Die vom ifak entwickelte Firmware des Prozessorkerns wurde über die ebenfalls integrierte Programm- und Debug-Schnittstelle aufgespielt. Über diese Schnittstelle konnte während der Entwicklung und Implementierung auch die Fehlersuche und Systemanalyse in der Firmware realisiert werden. Auch bei der Entwicklung der Firmware wurde besonderes Augenmerk auf eine möglichst universelle Verwendbarkeit gelegt. Die Software wurde so gestaltet, dass lediglich durch die Parametrierung des Prozessorkerns eine Anpassung an unterschiedlichste Sensoren und Zusatzbeschaltungen ermöglicht wird.

Die Kommunikation zwischen Prozessorplatine und Basis-Modul der Funkstation erfolgt auf Basis des in der Verkehrstechnik häufig verwendeten TLS-Protokolls. Die für diesen Anwendungsfall angepasste Struktur der verschiedenen im TLS-Protokoll verankerten Kurz- und Langtelegramme sowie der Kurzquittung finden sich ebenfalls im Anhang in Tabelle 17.

Die verschiedenen Datenanforderungen und -übertragungen für den Prototypen wurden durch vordefinierte Steuerbytes in den Telegrammen unterschieden. Die folgende Tabelle zeigt die prinzipielle Struktur eines Steuerbytes im Übertragungsprotokoll des Universalinterfaces:

Bit Nr.	7	6	5	4	3	2	1	0
1. SM->EAK								
Funktion	0	1	FCB	FCV	Funktionscode			
2. EAK->SM								
Funktion	0	0	0	0	Funktionscode			

Tabelle 2: Prinzipielle Struktur eines Steuerbytes im Übertragungsprotokoll (nach TLS)

Die niederwertigen 4 Bit im Steuerbyte bilden den Funktionscode ab, mit dem beispielsweise Parameter wie die Baudrate initialisiert oder verändert, Daten von den verschiedenen angeschlossenen analogen und digitalen Sensor-Modulen angefordert oder die Sensoren zurückgesetzt werden können.

Die Bedeutung der verschiedenen Funktionscodes, die in der Firmware des Interface-Prototyps implementiert wurden, werden in der Tabelle 3 erläutert. Fordert das Basis-Modul Daten eines bestimmten Sensors mit dem Funktionscode 8 an, werden die Messwerte in einem strukturierten Datenfeld zurückgeliefert. Eine Interpretation oder Umwandlung der übertragenen Daten durch die Prozessorplatine oder das Ba-

sis-Modul erfolgt dabei nicht, die Daten werden lediglich an die Master-Funkstation und die daran angeschlossenen Server in der ifak-Zentrale weitergeleitet. Nur durch diese Vorgehensweise kann der universelle Ansatz des entwickelten Interfaces gewährleistet werden.

Funktionscode	Bedeutung	Daten von Basis-Modul	Antwort								
0	Reset nach Neustart	keine	0xE5								
3	Initialisierung der Parameter	EEPROM-Struktur (außer Version)	0xE5								
4	Einstellen der Uhrzeit	Jahr, Monat, Tag Stunde, Minute, Sekunde	0xE5								
8	Anforderung von Daten	keine	Datenfeld: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>Sensorstatus</td></tr> <tr><td>Sensortyp</td></tr> <tr><td>Sensordaten (high)</td></tr> <tr><td>Sensordaten (low)</td></tr> <tr><td>Sensortyp</td></tr> <tr><td>Sensordaten (high)</td></tr> <tr><td>Sensordaten (low)</td></tr> <tr><td>usw.</td></tr> </table>	Sensorstatus	Sensortyp	Sensordaten (high)	Sensordaten (low)	Sensortyp	Sensordaten (high)	Sensordaten (low)	usw.
Sensorstatus											
Sensortyp											
Sensordaten (high)											
Sensordaten (low)											
Sensortyp											
Sensordaten (high)											
Sensordaten (low)											
usw.											

Tabelle 3: Bedeutung der verschiedenen Funktionscodes

Für die prototypische Erprobung und Implementierung wurde vom ifak ein Doppelsensor für Feuchte und Temperatur ausgewählt, der im Messbereich Feuchte (0%...100% relative Feuchte) eine Spannung von 0 V bis 1,0 V am Messausgang liefert. Für den Temperaturbereich (-40°C bis +60°C) wird ebenfalls 0 V (für -40°C) und +1,0 V (für +60°C) ausgegeben.



Abbildung 27: Prototyp des universellen Umweltsensors des ifak

Konstruktiv wurde der stabförmige Temperatur- und Feuchtesensor (Abbildung 27 - linke Seite) vertikal auf einem ABS-Kunststoff-Gehäuse der Abmessungen 120mm x 80 mm x 50mm (L x B x H) aufgebaut.

In dem ABS-Gehäuse ist auch die bereits beschriebene Prozessorplatine untergebracht. An der Bodenseite (in der Abbildung rechts) wird die Kabelverbindung zum Funkkopf herausgeführt. Die Sensor-Baugruppe wird mit einer Masthalterung in geeigneter Höhe befestigt.

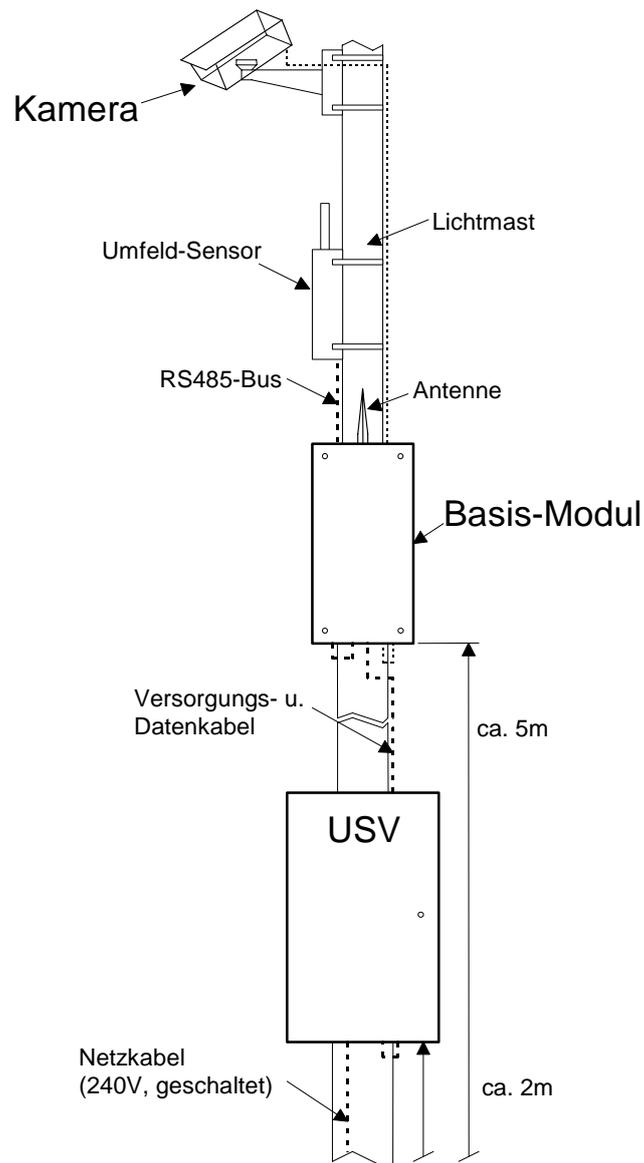


Abbildung 28: Typische Montageanordnung einer Funkstation mit Umfeld-Sensor

Die Abbildung 28 zeigt eine typische Montageanordnung für eine Funkkamerastation mit Basis-Modul, Kamera, USV und angeschlossenem Umfeldsensor.

Nach erfolgreicher Erprobung des Umfeldsensors zur Messung von Temperatur und Feuchte wurden anschließend die Möglichkeiten zur direkten Schadstoffmessung mit geeigneten Gassensoren untersucht. Es stellte sich als erstes die Frage, welche gasförmigen Schadstoffe vorwiegend durch den Straßenverkehr induziert wurden. Die naheliegendste Idee war, die Ozonkonzentration in der Luft als Indikator zu benutzen. Es stellte sich bei den umfangreichen Recherchen jedoch heraus, dass die Konzentration von Ozon in der Hauptsache durch die Sonneneinstrahlung beeinflusst wird und der Straßenverkehr eine eher reduzierende Wirkung auf die lokale Ozonkonzentration haben kann. Aus diesem Grunde wurde die Idee verworfen.

Nach weiteren Recherchen konnte festgestellt werden, dass als direkte Folge des Straßenverkehrs die Konzentration der Gase Kohlenmonoxid sowie Stickoxid steigt. Emissionen dieser Gase sind in starkem Maße an die Verbrennung fossiler Brennstoffe gekoppelt, weshalb auch in den Wintermonaten mit stärkeren Belastungen zu rechnen ist. Statistische Auswertungen belegen, dass verkehrsbedingte Emissionen hier in hohem Maße beteiligt sind, wobei für die Zukunft aber auch mit einem Abnehmen der Anteile durch verbesserte Technik bei Verbrennungsmotoren gerechnet wird.

Für die Auswahl eines geeigneten Gassensors zum Nachweis von Kohlenmonoxid und Stickoxiden wurden mehrere wichtige Kriterien ermittelt, die unmittelbaren Einfluss auf das gesamte Systemdesign hatten. Diese Kriterien sind nachfolgend mit abnehmender Priorität aufgeführt:

- Messbereich bzw. Nachweisbereich
- Preis
- Messprinzip und daraus abgeleiteter Wartungsaufwand und Lebensdauer
- Energiebedarf
- geforderte Genauigkeit

Hierbei hing die geforderte Genauigkeit ganz unmittelbar mit dem Stückpreis für die Sensoren zusammen. Da für das Funknetzwerk des ifak bewusst auf preiswerte Komponenten zurückgegriffen werden sollte, um eine flächendeckende Ausstattung zu ermöglichen, war an dieser Stelle ein geeigneter Kompromiss zu finden.

Aus diesem Grund wurde die Verwendung von Halbleitersensoren favorisiert, wobei hinsichtlich der Querempfindlichkeit und Nachweisgrenze Abstriche gemacht werden mussten. Jedoch weisen diese Sensoren allgemein eine gute Langzeitstabilität bei vergleichsweise günstigem Preis auf. Massenanfertigungen solcher Sensoren werden beispielsweise für die Steuerung der Drosselklappe von Kfz-Klimaanlagen verwendet. Der Aufbau solcher Halbleitersensoren ist relativ einfach: Sie bestehen im Wesentlichen aus einem Träger mit der sensitiven Schicht und einer Sensorheizung, deren Energiebedarf im Einzelfalle 1 W überschreiten kann.

Da die Erwartungswerte für die zu messenden Gaskonzentrationen unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte lagen, sollte der Nachweisbereich des einzusetzenden Sensors in jedem Falle auch unter diesen Grenzwerten liegen. In Tabelle 4 sind die Grenzwerte in g/m^3 sowie in ppb aufgelistet, mit der notwendigen Umrechnung, die ausschließlich unter Normbedingungen ($0^\circ C$; $101,325kPa$) gültig ist:

$$N_A = 6,02252 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad (\text{Avogadro-Konstante})$$

$$u = 1,660565 \cdot 10^{-24} \text{ g} \quad (\text{Atomare Masseneinheit})$$

$$V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \quad (\text{molares Volumen})$$

$$N = \frac{N_A}{V_0} = 26,89 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3} \quad (\text{Teilchenanzahl je m}^3 \text{ absolut})$$

$$M_T = u \cdot \sum A_i \quad (\text{Molekülmasse; } A_i\text{-Ordnungszahl})$$

$$n_{\text{Grenz}} [\text{ppb}] = \frac{M_{\text{Grenz}}}{N \cdot 10^{-9} \cdot M_T} \quad (\text{Grenzwert der Teilchenzahl; } M_{\text{Grenz}}\text{-Grenzwert})$$

Stoff	Summe A_i	Grenzwert [g/m^3]		Grenzwert[ppb]	
		IW1	IW2	IW1	IW2
NO	30				
NO ₂	46	1,40E-04	4,00E-04	6,82E+01	1,95E+02
CO	28	1,00E-02	3,00E-02	8,00E+03	2,40E+04

Tabelle 4: Grenzwerte für Gaskonzentrationen von CO und NO_x

Der Grenzwert IW1 ist hierbei der arithmetische Mittelwert und der Grenzwert IW2 der 98%-Wert der Halbstundenmittelwerte.

Entsprechend der oben aufgeführten Anforderungen wurde der Sensor CAP0710 der Firma Citytech für die erste Erprobung ausgewählt. Bei einer Nachweisgrenze von 1ppm für Kohlenmonoxid und 10 ppb für Stickstoffdioxid lag der Sensor etwa eine Größenordnung unter den vorgegebenen Grenzwerten für diese Stoffe. Andererseits konnten auch Grenzwertüberschreitungen sicher festgestellt werden, da die Gas-Sensitivität im Datenblatt für Kohlenmonoxid mit 50ppm und für Stickstoffdioxid mit 1ppm angegeben wurden. Die Sensoren waren also für den zu erwartenden Messbereich geeignet. Da der Sensor mit zwei unterschiedlich sensitiven Schichten ausgestattet war, konnte das gleiche Sensorelement zur Messung der Konzentration zweier Gase verwendet werden.

Zur Messung der Gaskonzentration musste der ausgewählte Sensor beheizt werden. Für die ersten Laborversuche wurde daher eine zusätzliche Heizungsregelung entworfen und auf einer zusätzlichen Platine implementiert. Zur Parametrierung des Gassensors wurde die Firmware des Mikrocontrollers auf der Prozessorplatine erweitert. Vor der Inbetriebnahme war es erforderlich, die für den verwendeten Sensortyp zutreffenden Parameter exakt einzustellen. Besonders wichtig war in diesem Zusammenhang der Sollwert für die Sensorheizung, da ein zu hoher Wert unweigerlich die Zerstörung der Sensorheizung zur Folge hatte.

Als besonders schwierig erwies sich die Kalibrierung des Gassensors. Vorzugsweise könnten Gassensoren unter Laborbedingungen anhand einer Referenzgaskonzentration kalibriert werden. Da diese Voraussetzungen im ifak nicht gegeben waren, wurde ein pragmatischerer Ansatz verfolgt. Durch Messung der Gaskonzentrationen in unmittelbarer Nähe der Mehrkomponenten-Messstation der LÜSA (Abbildung 23) sollte ein belastbarer Vergleichswert ermittelt werden. Trotz intensiver Recherchen und Nachfragen gelang es leider nicht, vom Sensorhersteller Informationen über die genaue Sensorkennlinie zu erhalten. So war eine exakte Kalibrierung des Sensorprototyps nicht möglich, die aber Voraussetzung für einen größeren Feldversuch war.

Für die Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen lokal kontinuierlich gemessenen Umweltdaten und den dazugehörigen Verkehrskenngrößen im Rahmen des AP 3300 wurden daher auf die Messwerte des Versuchsfahrzeuges des Partners Ford Forschungszentrum Aachen und der LÜSA-Stationen zurückgegriffen.

4.4.3 Verkehrslärm als möglicher Indikator für das Verkehrsaufkommen

Neben der direkten, kleinräumigen Erfassung von Wetterdaten und Schadstoffen fanden erste Untersuchungen statt, ob beispielsweise lokal gemessener und bewerteter Verkehrslärm als integrativer (makroskopischer) Indikator möglicherweise auch einen Rückschluss auf das Verkehrsaufkommen oder die Witterungs- und Straßenzustandsbedingungen (Regen, Schnee, Schneematsch usw.) zulässt. Es wurde erwartet, dass diese mit relativ wenig Aufwand beschaffbare Zusatzinformationen einen signifikanten Beitrag zur Ermittlung der aktuellen Verkehrslage und damit für die strategische Verkehrssteuerungs- und -lenkungsaufgaben und somit auch für das Routing liefern können.



Abbildung 29: Beispielanordnung von zwei Mikrofonen quer zur Richtungsfahrbahn

Ziel der Untersuchungen und Testreihen war es, durch die geeignete Anordnung eines oder mehrerer Mikrofone in unmittelbarer Nähe zur Fahrbahn Rückschlüsse auf das Verkehrsaufkommen auch unter wechselnden Witterungsbedingungen zu finden.

In einem ersten Schritt wurden daher im Untersuchungsdesign verschiedene Konfigurationen für das Mikrofonarray spezifiziert und dokumentiert. In Tabelle 5 ist ein

Beispiel für eine Versuchsanordnung dargestellt. Hierbei wurden zwei Mikrofone rechtwinklig zur Fahrbahn in einem Meter Abstand angeordnet und mit einer Trennwand zur Abschottung von Störgeräuschen versehen. Weitere Messanordnungen und kurze Beschreibungen sind in Tabelle 18 im Anhang zu finden.

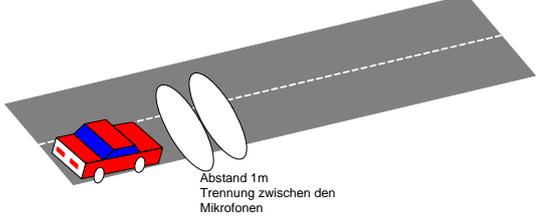
Nr.	Messanordnung	Beschreibung
5.		<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 1m • Trennwand zwischen Mikrofonen

Tabelle 5: Messanordnungen für die Schallmessung im Straßenraum (Auszug)

Aus den Audiosignalen der Mikrofone und aus eventuellen Laufzeitunterschieden sollten so Rückschlüsse auf vorbeifahrende Fahrzeuge gezogen werden können. Hierbei sollten vor allem auch langsam fahrende bzw. anfahrende oder sogar haltende Fahrzeuge erkannt werden. In Abbildung 29 ist eine reale Versuchsanordnung im Straßenraum zu sehen, die für die Aufnahme des Verkehrslärms verwendet wurde.

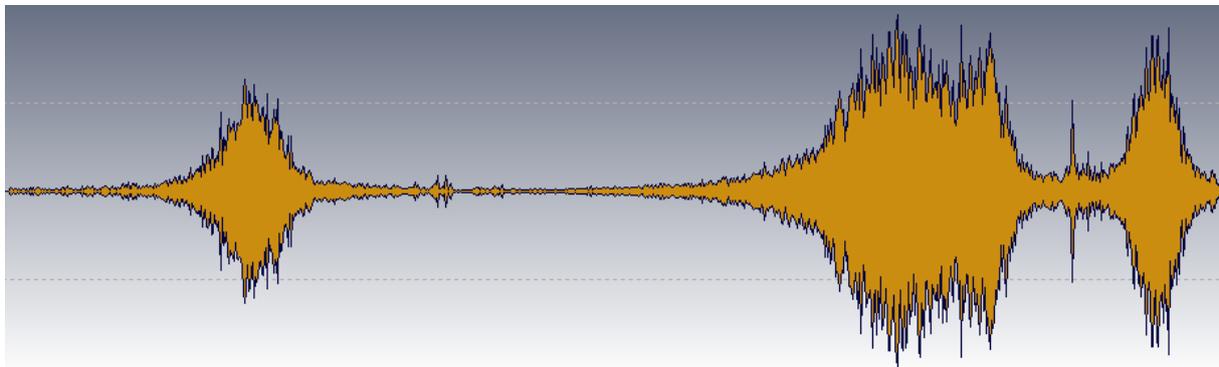


Abbildung 30: Amplitudenverlauf einzelner einander folgender Fahrzeuge

Erste Versuche an einer Außerortsstraße zeigten, dass fahrende Fahrzeuge anhand der Amplitude relativ gut zu erkennen und durch den genügend großen Abstand auch gut zu unterscheiden waren (Abbildung 30). Die unterschiedlichen Mikrofonanordnungen (s. Tabelle 18) sorgten lediglich für einen schwächeren oder stärkeren Anstieg der Amplitude.

Bei den anschließenden Untersuchungen an einer Schnellstraße zeigte sich, dass auch hier vorbeifahrende Fahrzeuge zu erkennen waren, wenn der Abstand zwischen zwei Fahrzeugen ausreichend groß war. Sobald die Abstände geringer wurden oder auf mehrspurigen Fahrbahnen Fahrzeuge leicht versetzt oder nebeneinander fuhren, wurde eine Unterscheidung einzelner Fahrzeuge durch die Überlagerung der Einzelamplituden immer schwieriger und teilweise unmöglich.

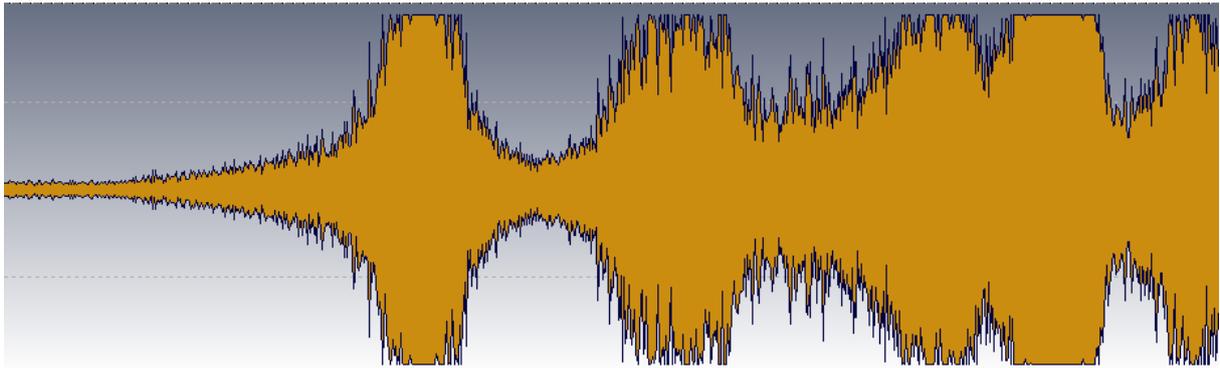


Abbildung 31: Amplitudenverlauf mehrerer einander folgender Fahrzeuge

Ebenso war in diesen Fällen eine sichere Zuordnung zu einzelnen Fahrbahnen oder Fahrtrichtungen (durch Erkennung von Signallaufzeitunterschieden an mehreren Mikrofonen) nicht mehr möglich. In Abbildung 31 ist auf der rechten Seite eine solche beginnende Überlagerung von Einzelfahrzeuggeräuschen zu erkennen.

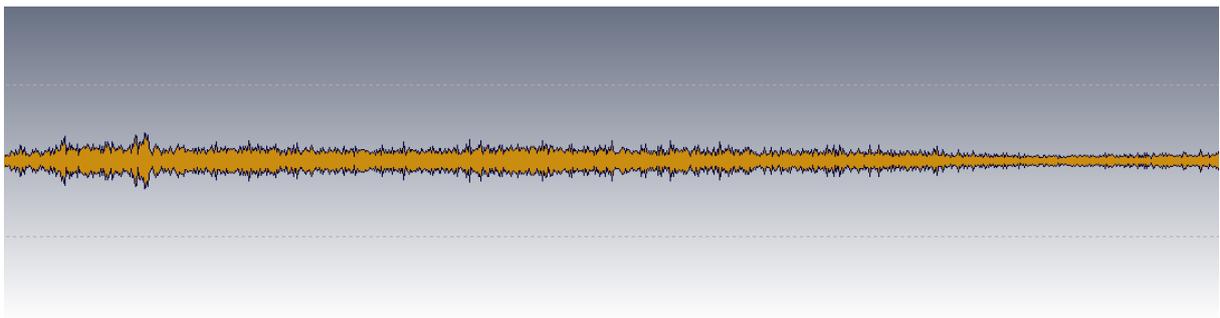


Abbildung 32: Amplitudenverlauf langsam fahrender oder stehender Fahrzeuge

Weitere Untersuchungen an Land- und Schnellstraßen ergaben, dass haltende und anfangende Fahrzeuge anhand der Amplitude nicht mehr zweifelsfrei vom Umfeldlärm zu unterscheiden waren. In Abbildung 32 ist der Amplitudenverlauf langsam fahrender bzw. stehender Fahrzeuge an einem Verkehrsknoten grafisch dargestellt.

Auch die Variation der Messanordnungen der Mikrofone (nach Tabelle 18) zeigte keine signifikante Änderung der Messergebnisse. Vor allem innerorts störten die unvermeidlichen Umwelt- und Fremdgeräusche die sichere Auswertung und Zuordnung der Audiosignale zu einzelnen Fahrzeugen.

Nach Auswertung der verschiedenen Aufnahmen und Messreihen zeigte sich, dass vor allem im nachgeordneten Verkehrsnetz noch Potenziale für den Versuchsansatz gesehen werden, Verkehrslärm als integrativen Indikator für das Verkehrsaufkommen heranzuziehen. Im Testfeld Magdeburg wurde aber auf eine Weiterentwicklung der prototypischen Versuchsanordnungen und auf einen großflächigen Feldversuch verzichtet.

4.5 Implementierung der Wissensbasen im Testfeld Magdeburg

4.5.1 Verfahren und Modelle im Testfeld

Die erweiterte Wissensbasis war die Grundlage für ein dynamisches Routing sowie die Auswahl und die Beurteilung von strategischen Entscheidungen. In Magdeburg wurden drei Wissensbasen aufgebaut, die in AP 3100 (Dynamische Verkehrslage), AP 3200 (Verkehrsprognose) und AP 3300 (Umweltinformation) methodisch entwickelt und im Testfeld zum Einsatz kamen.

Neben den im vorigen Abschnitt beschriebenen Online-Messwerten und Infrastrukturdaten wurden in den verschiedenen Ebenen der Wissensbasis auch die Ergebnisse der Verfahren und Modelle des AP 3000 gespeichert. Die Verkehrslage, Prognose und die Umweltdaten lagen dabei in verschiedener zeitlicher Auflösung vor und mussten vor der Bereitstellung für die Routingverfahren ggf. in einem weiteren Prozess fusioniert werden.

Jede erstellte Prognose wurde für die spätere Evaluierung separat in der Wissensbasis gespeichert, auch wenn diese Prognose mehrere Intervalle umfasste und von der nachfolgenden Prognose des zugrundeliegenden Verfahrens zeitlich überdeckt wurde.

Im Testfeld Magdeburg kamen die folgenden Verfahren und Modelle aus dem AP 3000 zum Einsatz:

- NeuroMonet für den Ballungsraum mit einem Zeithorizont von 15 Minuten
- VISSIM-Online bzw. Propagierungsmodell auf Basis von VISUM online mit einem Zeithorizont von 15 und 30 Minuten
- ASDA/FOTO für das Schnellstraßennetz mit einem Zeithorizont von 15-30 Minuten

Nachfolgend sind die im Testfeld Magdeburg eingesetzten Verfahren der Partner kurz beschrieben. Weitergehende Erläuterungen finden sich im gemeinsamen Schlussbericht des Teilprojektes NIV.

NeuroMonet ist ein statisches bzw. dynamisches Routenwahl- und Verkehrs-umlegungsmodell auf Basis von rekurrenten neuronalen Netzen. Diese beiden neuronalen Netzwerke kooperieren, wobei das erste Netzwerk (das Simulationsnetz) die Aufgabe hat, das reale Verkehrsgeschehen nachzubilden, während das zweite Netzwerk (das Fehlerpropagierungsnetz) freie Steuerungsparameter wie Verkehrsflussaufteilungen an Knoten entsprechend einer vorgegebenen Zielfunktion einstellt. NEUROMONET wurde zur Schätzung des aktuellen und zukünftigen Verkehrszustands im Testfeld Magdeburg installiert und erfolgreich getestet.

VISSIMonline prognostiziert den Verkehrszustand in beiden Testfeldern mit einem mikroskopischen, also fahrzeugfeinen Ansatz. Als Eingangsgrößen dienen bei diesem Modell die Messdaten, die aus dem Testfeld geliefert werden und die aktuelle Verkehrsbelastung an den Messquerschnitten beschreiben. Neben der Kenntnis der aktuellen Belastung, also der aktuellen örtlichen Verteilung des Verkehrs im Netz, ist zumindest für die Prognose zusätzlich die Kenntnis der Routen erforderlich, auf denen sich der Verkehr bewegt. Hierzu wird parallel eine Schätzung der aktuellen Routenwahl aus den zur Verfügung stehenden Messwerten und eine Berechnung der Verkehrsbelastung und den daraus entstehenden Reisezeiten, Rückstaus etc. durchgeführt.

ASDA (Automatische Staudynamikanalyse) und **FOTO** (forecasting of traffic objects) führt eine Verfolgung zeitlich-räumlicher Verkehrsmuster durch. Unter Verwendung von historischen Informationen werden in ASDA/FOTO+ Prognosen mit einem Zeithorizont von bis zu 2 Stunden gerechnet. Die Testfelder

Magdeburg und München bewiesen, dass alle Staumuster mit vergleichbarer Qualität in den verschiedenen Schnellstraßennetzen verfolgt und vorhergesagt werden konnten. Zu den Anwendungsstrecken in den Testfeldern gehört der gesamte Autobahnring um München und die Magdeburg umgebenden Autobahnen A2/A14 sowie die Schnellstraße durch die Stadt hindurch.

Aus den Wissensbasen des Testfeldes wurden den einzelnen Verfahren die verfügbaren Messwerte und Rohdaten (Verkehrsstärken, Geschwindigkeiten, Lkw-Anteile, Kapazitätsänderungen usw.) online über die Webservice-Schnittstellen bereit gestellt. Mit geeigneten Verkehrs- und Umweltmodellen generierten die verschiedenen Verfahren daraus die Verkehrslage und -prognose. Neben den verschiedenen Messdaten standen mit dem Strategielayer auch tagesaktuelle Online-Informationen zu aktivierten Maßnahmen, verkehrsrelevanten Baustellen und Störungen mitsamt der empfohlenen Umleitungen zur Verfügung. Die entsprechenden Schnittstellen des Testfeldes sind in Abschnitt 4.7 näher erläutert. Weitere Informationen zum Vorzugsnetz, zu historischen Messreihen und Ganglinien sowie zu verkehrstechnischen Einrichtungen und Unterlagen (LSA, SBA, Gesamtverkehrspläne, Schwerlastpläne, Unfallschwerpunkte, Umlegungen usw.) wurden vom ifak offline an die interessierten Partner übermittelt.

Alle im Testfeld Magdeburg eingesetzten Verfahren zur Generierung von Verkehrs- und Umweltlage sowie Prognose lieferten mindestens eine linkbezogene Reisezeit bzw. Reisegeschwindigkeit an die Wissensbasis zurück. Je nach Verfahren wurden noch zusätzliche Informationen wie beispielsweise Rückstaulängen, Verkehrsdichte, Auslastungsgrad, Positionen von Staufronten übermittelt.

4.5.2 Untersuchung von Methoden und Verfahren zur Datenfusion

Da die Ergebnisse der Verfahren und Modelle des AP 3000 prinzipiell in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung oder mit unterschiedlichem räumlichen Bezug vorliegen konnten, wurde im Testfeld Magdeburg die Möglichkeit bzw. die Notwendigkeit einer Fusion der einzelnen Daten oder Ganglinien untersucht. Die Untersuchungen zur Datenfusion verfolgten dabei vor allem die Ziele,

- die räumliche und zeitliche Abdeckung des Vorzugsnetzes durch den Einsatz verschiedener Verfahren zu erweitern,
- durch Nutzung redundanter Daten und Verfahrensergebnisse das Gesamtsystem robuster gegen Teilausfälle zu machen
- und die Unsicherheit der Schätzungen der Prognoseverfahren zu verringern.

Da die Messdaten im Testfeld und damit auch die daraus resultierenden Verfahrensergebnisse mit einer gewissen Unschärfe versehen waren oder zeitweise ausgefallen sind, mussten im Testfeld Magdeburg geeignete Verfahren zur Datenvervollständigung und -fusion untersucht werden.

Da die im Abschnitt 4.5.1 vorgestellten Prognoseverfahren größtenteils identische Zeithorizonte von 15 bzw. 30 Minuten abdeckten, wurde das Hauptaugenmerk während des Demonstrations- und Testbetriebs auf der räumlichen, streckenbezogenen Fusion und Datenvervollständigung bei Verfahrensausfall gelegt.

Einige der dafür in Frage kommenden Methoden und Verfahren sind in einem Hinweispapier zur Datenvervollständigung und Datenaufbereitung in verkehrstechnischen Anwendungen des FGSV-Arbeitskreises 3.16.11 "Datenvervollständigung und Datenaufbereitung" erarbeitet und veröffentlicht worden. An der Erstellung dieses Hinweispapiers hat das ifak maßgeblich mitgewirkt.

4.5.3 Beschreibung der Standardganglinien

Unter Standardganglinien werden im Rahmen von INVENT typisierte Ganglinien pro Detektor oder Netzkante für einen bestimmten Tagestyp, eine bestimmte Datenart und das entsprechende Verfahren verstanden. Die verschiedenen betrachteten Tagestypen und mathematischen Verfahren wurden im 6. Meilensteinbericht des Teilprojekts NIV für das Testfeld München ausführlicher erläutert und werden analog im Testfeld Magdeburg angewendet.

Für die einfachere Handhabung und für den laufenden Vergleich typisierter Ganglinien mit dem zugehörigen aktuellen Tagesverlauf wurde im ifak eine webbasiertes Applikation entwickelt und implementiert, die für jeden Detektor und die dazugehörigen Messgrößen den aktuellen Tagesgang mit der Standardganglinie vergleicht und

Tabellen oder Diagramme für die Auswertung erzeugt. Neben dem für die Testfelder vereinbarten Standardintervall für die Aggregation von 15 Minuten sind hier je nach Detektortyp und Verfügbarkeit weitere Intervalle von 1, 5 und 60 Minuten möglich.

Die Standardganglinien werden fortlaufend für die einzelnen Messstellen und Zeitintervalle auf den Testfeldservern erzeugt und in Datenbanken zum Abruf durch die Partner vorgehalten. Mit der vorgestellten Web-Applikation kann testfeldintern regelmäßig die richtige Typisierung der Ganglinien nach Tagesklassen überprüft und eventuelle Abweichungen, hervorgerufen beispielsweise durch veränderte Verkehrsführungen oder andere Sondersituationen, ermittelt werden.

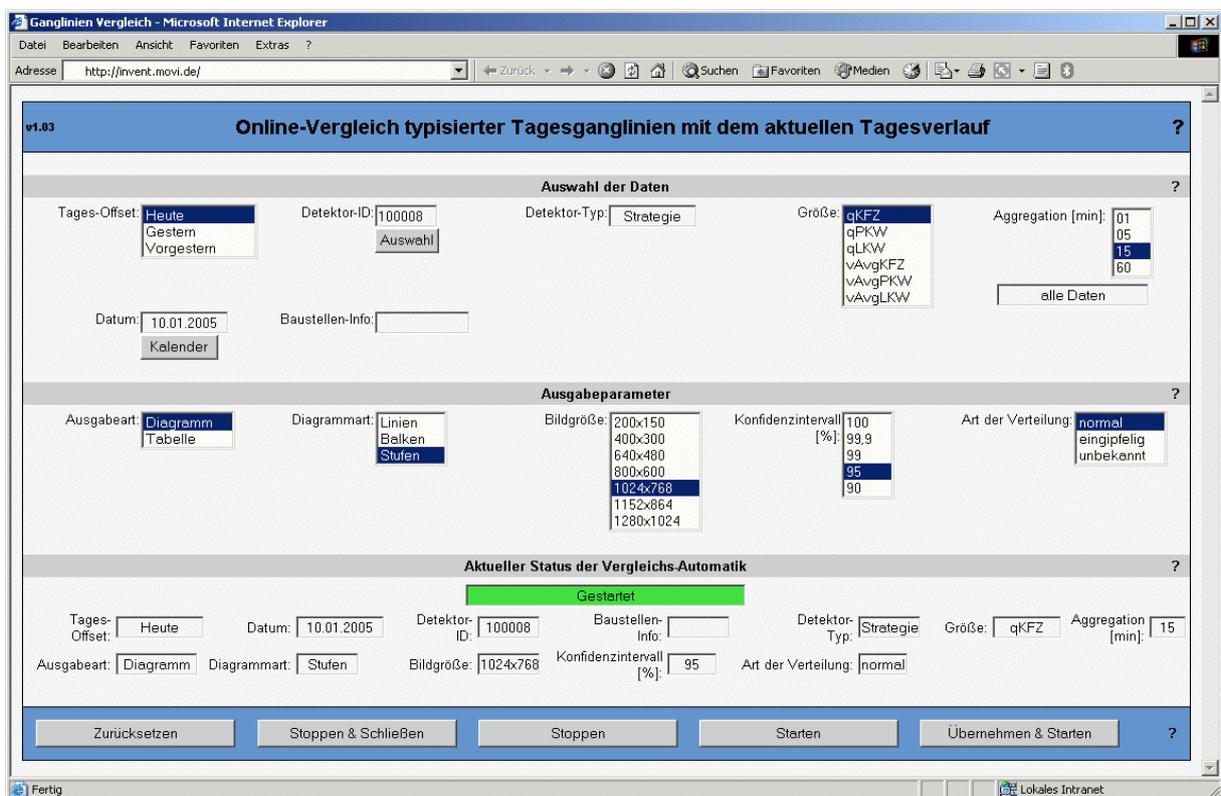


Abbildung 33: Web-Applikation des ifak zur Erstellung typisierter Ganglinien

4.6 Integration der Strategien im Testfeld Magdeburg

4.6.1 Datenmodell „Störfallstrategie“

Durch Erkennung von Stauerscheinungen auf der BAB 2 mit Hilfe der SBA-Detektoren und des Verfahrens ASDA/FOTO können die vordefinierten Bedarfsumleitungen (manuell oder halbautomatisch) aktiviert und im Strategielayer verbreitet

werden. Zur besseren Abwicklung des dadurch induzierten Verkehrs auf den innerörtlichen Umleitungsstrecken wurde im Testfeld Magdeburg in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt und der Firma Siemens exemplarisch eine Schnittstelle zur strategischen Beeinflussung der Lichtsignalanlagen entlang der Strecke implementiert und getestet. Dazu kann die lokale, je nach Verkehrslage getroffene Signalplanauswahl (TASS – Traffic Actuated Signal Program Selection) so beeinflusst werden, dass beispielsweise schon vor Eintreffen der Spitzenverkehre die entsprechenden Fahrrichtungen priorisiert werden und somit die „lokale Einschwingzeit“ der Anlage verkürzt werden kann.

4.6.2 Datenmodell „Baustelle“

Da neben den vordefinierten Strategien für Störfälle oder Großveranstaltungen gerade innerorts die zahlreichen Baustellen und Umleitungen einen großen Einfluss auf die Verkehrssituation haben, wurde vom ifak im Testfeld Magdeburg ein webbasiertes Werkzeug entworfen und implementiert, das die komfortable, kartengestützte Verwaltung von tagesaktuellen Baustellen und Störungen direkt durch die zuständigen Mitarbeiter im Tiefbau- und Stadtplanungsamt der LANDESHAUPTSTADT Magdeburg ermöglicht.

Die Abbildung 21 zeigt einen Ausschnitt aus der Bedienoberfläche mit einigen durch entsprechende Symbole gekennzeichnete Baustellen und Sperrungen mit einer dazugehörigen Umleitungsstrecke. Da als Referenzierungsgrundlage wiederum die gemeinsame Navteq-Karte verwendet wird, ist eine direkte Übernahme der eingepflegten Baustellen in den dynamischen Strategielayer des Testfeldes möglich. Weiterhin werden die erfassten Daten in einer Baustellenkarte im Internet und über die erweiterten Verkehrsmeldungen (XTM) des AP 4000 in geeigneten Fahrzeugendgeräten dargestellt. Die Übertragung kann hierbei optional über den Digitalen Rundfunk oder über die Mobilfunknetze (GSM, GPRS) erfolgen.

4.6.3 Spezifikation des gemeinsamen Strategielayers

Der im Testfeld Magdeburg verwendete und gemeinsam mit dem Testfeld München erarbeitete Strategielayer besteht aus einer einzigen Datei. Als Austauschformat für den Prototypen eines Strategielayers, der mit Anwendungsbeispielen versorgt ist,

haben sich die Partner auf das XML-Format geeinigt. Das XML-Format erlaubt es, den Strategielayer in einer einzigen Datei abzubilden, hierarchisch zu gliedern und redundante Elemente der verschiedenen Ebenen mehrmals aufzulisten (beispielsweise können eine Umleitung oder einzelne Links in mehreren Strategien vorkommen). Die einzelnen Ebenen des Strategielayers sind:

Ebene	Bezeichnung	XML-Element/Child
1	Strategielayer	Strategylayer Name
2	Strategie	Strategy ID
3	Alternativroute	Section ID
4	Link	Link ID

Tabelle 6: Ebenen der XML-Struktur für den gemeinsamen Strategielayer

Jedes Element kann Attribute (Eigenschaften) enthalten und gliedert sich in Unter-elemente der nächsten Ebene (so genannte Kindelemente oder Childs). Der „Strategielayer INVENT“, der als Objekt nur einmal vorkommen darf, befindet sich in der obersten Ebene. Darunter gibt es mehrere *Strategies* und wiederum mehrere *Sections*. Einer *Section* können auch mehrere *Strategies* zugeordnet werden. Die *Sections* beinhalten die Linklisten mit den betroffenen Straßenabschnitten (gestörte Strecken, Umleitungen). Gemeinsame INVENT-Basis ist die digitale Karte des Partners Navteq, auf der der Strategielayer des Testfeldes Magdeburg abgebildet wurde.

Die folgende Tabelle beschreibt die Attribute des Strategielayers Magdeburg und die darin enthaltenen Informationen:

Element/Child	Attribute	Beschreibung	Format
Strategylayer	ID	Beschreibende Attribute zur Identifizierung des Strategielayers	Integer
	Name		String
	Version		String
	CreateDateTime		String bzw. Datumsformat: "2004-01-26T08:00:00+01:00"
	ChangeDateTime		
	Author		String
	MapVersion		String
Strategy	ID	Eindeutige ID	Integer
	Name	Beschreibung der Strategie	String
	FreeText	Beschreibung der Strategieursache	String

	EventCode	gem. TMC-Event-Table	Integer
	Wgs84X	WGS84-X-Koordinate der Störstelle	Dezimal
	Wgs84Y	WGS84-Y-Koordinate der Störstelle	Dezimal
Section	ID	Eindeutige ID	Integer
	Name	Beschreibung der Umleitung	String
Link	ID	Eindeutige ID	Integer
	DirTravel	(Fahrt-)Richtung des Links für die „Trigger“ oder „Measure“. Link ID und DirTravel ergeben zusammen einen eindeutigen Schlüssel.	Das Format ist den Navteq-Links entnommen: von Nord nach Süd: true von Süd nach Nord: false Für alle ursprünglich bidirektionalen Navteq-Kanten (DirTravel="B") wurde der gewünschte Richtungsbezug modifiziert.
	Value	Faktor mit dem der/die Routing-Parameter des Systems multipliziert wird	Dezimal
	Trigger	Gibt an, ob dies eine der gestörten Kanten der zugehörigen Strategie ist. Nur wenn es eine Schnittmenge aus der Menge der Trigger einer Strategie und der Menge der Kanten der berechneten Normalroute gibt, wird für diese Fahrt eine „neue“ Route berechnet!	Kante ist ein Trigger: true Kante ist kein Trigger: false
	StreetName	Straßenname für Plausibilitätsprüfung bzw. evtl. notwendige Identifikation des Links	Attribut der Navteq Street-Links; bei identischen Link-IDs und unterschiedlichen Namen: Attribut ‚NameOnRdSn‘ = ‚Y‘

Tabelle 7: Attribute der Links – Informationen des Strategielayers Magdeburg

4.6.4 Prototypische Implementierung des Strategielayers

Mit der im Rahmen des Projekts entwickelten Baustellenverwaltung wurde vom ifak ein erster prototypischer Strategielayer entwickelt. Dieser enthält neben den Bedarfsumleitungen für typische Störfälle auf der BAB 2 auch die tagesaktuellen Baustellen sowie die dazugehörigen Umleitungsempfehlungen der öffentlichen Hand. Die Abbildung 34 zeigt einen Ausschnitt des realen, im Teilprojekt NIV verwendeten Strategielayers für das Testfeld Magdeburg.

Die unterschiedliche Beeinflussung des Verkehrs durch verschiedenartige Umleitungsstrategien sowie Störungen und Netzunterbrechungen wurden im Strategielayer mit differenzierten Gewichtungen der Modifikation umgesetzt. Der Strategielayer Magdeburg wurde dynamisch erzeugt und konnte jederzeit online über die im Anhang A.3 beschriebene Webservice-Schnittstelle abgerufen werden.

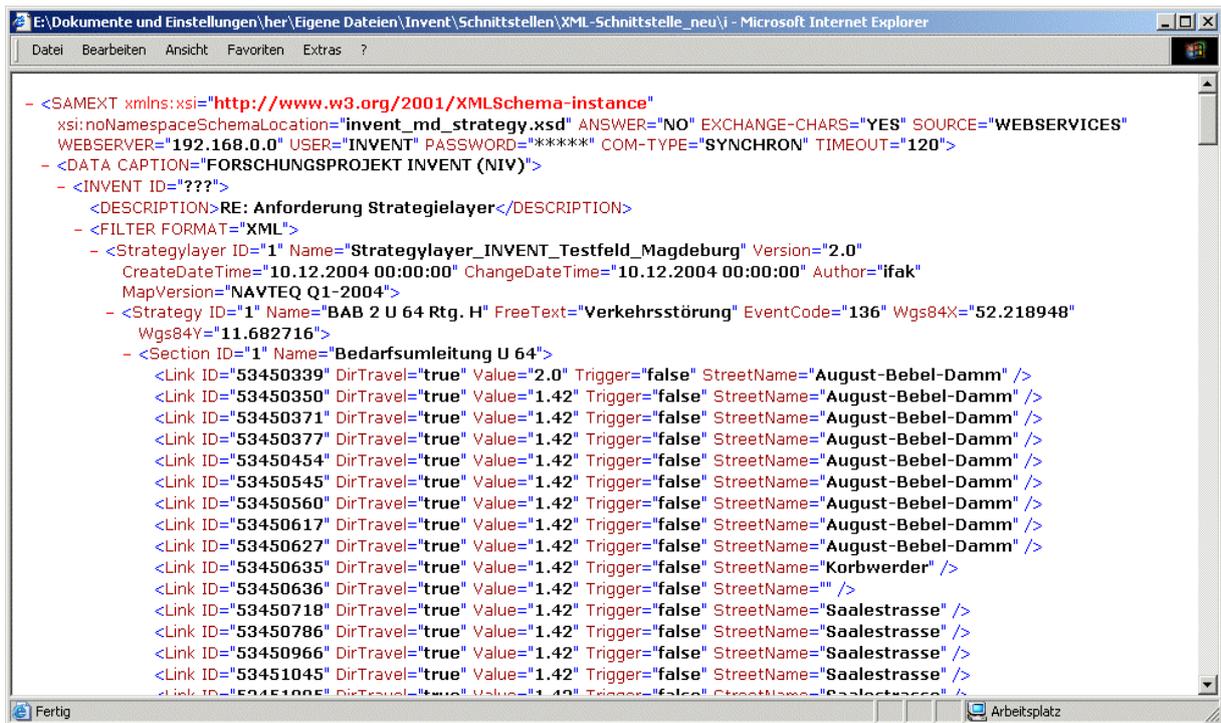


Abbildung 34: Ausschnitt aus der XML-Datei für den Strategielayer Magdeburg

Die mit der Baustellenverwaltung erfassten Informationen über gesperrte oder in ihrer Kapazität eingeschränkten Netzkanten standen über eine separate Schnittstelle auch den Verfahren und Modellen des AP 3000 zur Verfügung.

4.7 Datenaustauschformate für Rohdaten und Strategielayer

4.7.1 Voraussetzungen und Randbedingungen

Auf die im Testfeld Magdeburg bereitgestellten Verkehrs-, Infrastruktur- und Umweltdaten in den Wissensbasen konnten die Verfahren und Modelle der NIV-Partner sowie andere Softwarekomponenten Dritter über vordefinierte Schnittstellen und Methoden zugreifen. Auf die gleiche Art und Weise konnten aber beispielsweise auch

veredelte Daten aus den Verkehrsmodellen in die Testfelddatenbanken zurück geschrieben werden.

In Abstimmung zwischen den Testfeldern und den NIV-Partnern wurde als Datenaustauschformat die eXtensible Markup Language, kurz XML, gewählt. Dieses Format bietet mehrere Vorteile. Als reines ASCII-Format ist es sowohl für den Menschen als auch die Maschine einfach lesbar. Es handelt sich um einen vom World Wide Web Consortium W3C festgelegten Standard, der von einer Vielzahl von Applikationen für alle gängigen Betriebssysteme unterstützt wird. Mit XML erstellte Dokumente sind klar strukturiert und bei geeigneter Auswahl der Element-Namen quasi selbstbeschreibend. Der Nachteil des im Vergleich zu anderen (binären) Formaten wesentlich größeren Overheads konnte im Testfeld Magdeburg beispielsweise durch den Einsatz geeigneter Kompressionsverfahren ausgeglichen werden.

Die Bereitstellung der im Testfeld Magdeburg verwalteten Daten erfolgte im Gegensatz zum Testfeld München ausschließlich über Webservices, XML und SOAP (Simple Object Access Protocol), da alle implementierten Verfahren und Modelle der NIV-Partner dezentral, d. h. außerhalb der IT-Architektur des Testfeldes Magdeburg über das Internet angebunden wurden.

Um die Form und den Aufbau der XML-Datei für alle NIV-Partner verbindlich festzulegen, wurde ein sogenanntes XML-Schema definiert. Eine Schema-Datei beschreibt alle erlaubten Elemente einer XML-Datei samt ihren Attributen, Wertebereichen und Verknüpfungen. Jeder NIV-Partner konnte mit Hilfe der auf den Testfeld-Servern hinterlegten XML-Schemata die gesendeten oder erhaltenen Verkehrsdaten aus Magdeburg direkt in der XML-Datei validieren. Hierzu standen eine Vielzahl von Applikationen für verschiedene Plattformen zur Verfügung. Grundlegende Abweichungen in der Struktur der XML-Schemata gab es zwischen den Testfeldern nicht, hier sind lediglich notwendige, testfeldspezifische Anpassungen der Wertebereiche der Attribute und Parameter vorgenommen worden.

4.7.2 Beschreibung der Parameter

Im folgenden Abschnitt werden die Parameter dokumentiert, die für den Austausch von Verkehrsdaten und Modell- und Verfahrensergebnissen zwischen den Partnern und dem Testfeld Magdeburg benötigt wurden.

Der Abfrage-Filter für die Verkehrsdaten besteht sich aus einer Liste von Einträgen (TAGS), die miteinander kombiniert werden können. Fehlen bei einer Abfrage erforderliche Abschnitte, so werden diese mit vorgegebenen Werten belegt. Bei falschen Parametern und Attributen oder bei Überschreitung der Wertebereiche wird eine Fehlermeldung generiert und zurückgegeben.

```
<DYNAMICDATA>
  <SOURCE>
    <KIND>Datenart</KIND>
    <DATATYPE>Datentyp</DATATYPE>
    <OBJECTTYPE>Typ der Objekte</OBJECTTYPE>
    [ <ORIGIN>Datenquelle</ORIGIN> ]
    [ <OBJECTIDS>Liste von Geräte-ID oder Kanten-ID</ OBJECTIDS > ]
    [ <AGG_INTERVAL> Aggregationsstufe </AGG_INTERVAL> ]
  </SOURCE>
  <TIMESPEC>
    <STARTDATETIME> Anfang des Zeitraum </STARTDATETIME>
    [ <ENDDATETIME> Ende des Zeitraum </ENDDATETIME> ]
  </TIMESPEC>
</DYNAMICDATA>
```

Nachfolgend sind alle Parameter und Attribute mit den jeweils zulässigen Werten oder Wertebereichen für das Testfeld Magdeburg aufgeführt.

TAG (Eintrag)	Wert	Beschreibung
KIND	RTD (default) SGL FGL	TrafficData Standard Ganglinien Prognose Ganglinien
DATATYPE	VS (default) DG BG RZ DR TD	Verkehrsstärke Durchschnittsgeschwindigkeit Belegungsgrad Reisezeiten Durchschnittliche Reisezeiten Alle am Detektor verfügbaren Rohdaten (VS, DG, BG)
OBJECTTYPE	G (default) K	Gerät Kante

ORIGIN	TLS (default)	<u>Datenquelle:</u> TLS-konforme Datenquellen (Strategiedetektoren, SBA-Detektoren der BAB)
	STR	Strategiedetektoren des ifak
	SBA	SBA-Detektoren der BAB 2 und BAB 14
	ALL	Alle verfügbaren Datenquellen im Testfeld
		<u>Verfahren:</u>
	ASF	Asda/Foto
	NMT	NeuroMonet
	VIS	Vissim
	UTA	Urban Traffic Assistant
	SUM	SUMO - Simulation of Urban Mobility
	VIP	VISUM-Online-Propagierungsmodell
OBJECTIDS		Liste von Geräte-IDs oder Kanten-IDs. Die Kanten-ID sind gerichtete Navteq-Kanten (d.h. eine negative od. positive Zahl) Die Geräte-ID im Bereich der städtischen Infrastruktur sind vom ifak definierte, eindeutige und von den ID der Datenlieferanten (Tiefbauamt, UZ BAB, LÜSA usw.) unabhängige positive Zahlen
AGG_INTERVAL		Aggregationsstufe in Minuten
STARTDATETIME	dd.mm.yyyy hh:mm:ss	Anfang des Zeitraum für die geforderten Daten z.B.: von 05.01.2002 11:15:00
ENDDATETIME	dd.mm.yyyy hh:mm:ss	Ende des Zeitraum für die geforderten Daten z.B.: von 05.01.2002 11:30:00

Tabelle 8: Einträge für den XML-Abfragefilter

Hier ist ein einfaches Beispiel für eine reale Abfrage im Testfeld Magdeburg aufgeführt:

```
<DYNAMICDATA>
  <SOURCE>
    <KIND>RTD</KIND>
  </SOURCE>
  <TIMESPEC>
    <STARTDATETIME>19.01.2004 07:00:00</STARTDATETIME>
    <ENDDATETIME>19.01.2004 07:15:00</ENDDATETIME>
  </TIMESPEC>
</DYNAMICDATA>
```

Mit der beschriebenen Abfrage werden alle verfügbaren Online-Verkehrsdaten (Real Time Data – RTD) aller vorhandenen Detektoren und Messstellen im spezifizierten Zeitintervall abgefordert. Da eine solche allgemeine Abfrage in der Realität u. U. sehr große Datenmengen erzeugen kann, sollten über die in Tabelle 8 beschriebenen Pa-

parameter durch den Nutzer sinnvolle verfahrensabhängige Eingrenzungen vorgenommen werden.

4.7.3 Import- und Exportformate

Für den Import bzw. Export der Rohdaten, der Standard- und Prognoseganglinien, der Verkehrslage, der Umweltdaten, des Strategielayers in die Wissensbasis des Testfelds Magdeburg wurden verschiedene XML-Datenformate spezifiziert und vom ifak implementiert. Die einzelnen Formate sind im Anhang A.3 aufgeführt. Der Datenaustausch erfolgte über Webservices, die im nächsten Abschnitt erläutert werden.

4.7.4 Implementierung der Webservices im Testfeld Magdeburg

Der Webservice „INVENTWebservice“ stellte die in den vorherigen Kapiteln aufgeführten Funktionen zum Import und Export von Daten in die und aus den Wissensbasen zur Verfügung.

Die vom ifak entwickelte und für den Demonstrationsbetrieb implementierte Webservice-Schnittstelle stellte den NIV-Partnern die folgenden Funktionen online zur Verfügung:

- PutRequest
- PutENVData
- GetStrategyLayer

Mit dem Aufruf *PutRequest* wurde eine Datenanfrage bzw. der Importvorgang für Rohdaten, Verkehrslage sowie Standard- und Prognoseganglinien gestartet. Im Testfeld Magdeburg wurde ausschließlich die synchrone Kommunikation unterstützt, d. h. der Im- bzw. Export der Daten erfolgte unmittelbar nach der Anfrage innerhalb der laufenden Session. Bei Überschreitung des Timeout-Intervalls oder bei Auftreten eines Fehlers wurde eine Fehlermeldung generiert und als Antwort zurückgegeben.

Der Import von Umweltdaten beispielsweise aus dem Umwelt-Versuchsträger des Partners Ford erfolgte durch Aufruf der Funktion *PutENVData*. Die empfangenen Daten wurden anschließend aufbereitet und in der Wissensbasis gespeichert.

Der auf Grundlage des Baustellen- und Strategiemanagements im Testfeld Magdeburg erstellte dynamische Strategielayer konnte durch Aufruf der Funktion *GetStrategyLayer* abgerufen werden.

Die Abfrage besteht dabei aus den oben beschriebenen XML-Filtern und XML-Daten sowie einem zusätzlichen XML-formatieren Rahmen. Für das Testfeld Magdeburg wurden aus Kompatibilitätsgründen die vorgegebenen Strukturen aus dem Testfeld München übernommen.

Für einen Import von Daten in die Testfelddatenbank musste die Anfrage analog aufgebaut werden. Die zu importierenden Daten sind im Anschluss an das Tag **FILTER** in die Anfrage einzutragen. Die folgenden Ausschnitte zeigen die Änderungen für einen Import von XML-formatierten Daten:

```

...
<INVENT ID="999">
  ...
  <FILTER FORMAT="XML">
    <DYNAMICDATA>
      <SOURCE>
        <KIND>RTD</KIND>
      </SOURCE>
    </DYNAMICDATA>
  </FILTER>
  <RESPONSE>...</RESPONSE>
</INVENT>
...

```

Es folgt eine Beschreibung der zusätzlichen Parameter für das Arbeiten mit dem Webservice im Testfeld Magdeburg.

TAG (Eintrag)	Wert	Beschreibung
SAMEXT	kein Wert	Root-Tag zur Identifikation des Webservices
ANSWER	YES (default) NO	Der Wert YES bewirkt, das der Webservice auf jeden Fall eine Antwort / Bestätigung der Datenanfrage / des Importvorgangs erstellt. Die Antwort / Bestätigung enthält dann ein Attribut STATUS mit den Werten CONFIRMED ERRORS Optional werden bei einigen Fehlerquellen zusätzliche XML-Tags ergänzt.
EXCHANGE-CHARS	NO (default) YES	Der Wert YES bewirkt, das in der Rückmeldung ggf. enthaltene Sonderzeichen in XML-konforme Beschreibungen umgewandelt werden (z. B. LF in
).
SOURCE	Text	Beschreibung des Absenders der Anfrage

TAG (Eintrag)	Wert	Beschreibung
WEBSERVER	Text	Angabe der Internet-Adresse des Rechners auf dem der Webservice läuft
DATA	kein Wert	Tag für den Beginn einer Liste von Abfragen bzw. Importvorgängen
INVENT		Tag für den Beginn einer Abfrage bzw. eines Importvorgangs
ID	??? (Datenabfragen) 999 (Import)	bei einer Datenabfrage muss der Wert ??? sein; bei einem Import muss der Wert 999 sein
DESCRIPTION (optional)	Text	Verbale Beschreibung der Datenanfrage / des Importvorgangs
FILTER	kein Wert	Tag für den Beginn der Definition der Datenabfrage bzw. der Beschreibung der zu importierenden Daten
FORMAT	XML (default)	Beschreibung des Formats der Antwort bei Datenanfragen bzw. der Daten zum Importieren; Im Testfeld Magdeburg wird ausschließlich das XML-Format unterstützt
COM-TYPE	ASYNCHRON SYNCHRON	Bei einer synchronen Kommunikation liefert die Funktion PutRequest die gewünschten Daten direkt als Antwort zurück. Bei der asynchronen Kommunikation liefert die Funktion PutRequest ein Sitzungs-ID, mit dem im folgenden die Funktionen AnswerExists und GetAnswer aufgerufen werden können. Im Testfeld Magdeburg wird ausschließlich die synchrone Kommunikation unterstützt
TIMEOUT	Sekunden	Zeitintervall in Sekunden, in dem die Antwort des Webservices für den abfragenden / importierenden Partner relevant ist.

Tabelle 9: Zusätzliche Einträge für den Abfragefilter des Webservices im Testfeld Magdeburg

4.7.5 Testapplikation für Webservices

Für einen ersten Test des Webservices und der zugehörigen Kommunikationswege und -protokolle stellte das ifak eine dialogbasierte Testapplikation zur Verfügung (s. Abbildung 35). Mit dieser Applikation konnten die Forschungspartner interaktiv Rohdaten und Strategielayer abrufen sowie Prognoseganglinien und Umweltdaten in die Wissensbasis des Testfeldes einfügen.

Die auszutauschenden Daten mussten im von den Testfeldern und den NIV-Partnern vereinbarten XML-Format vorliegen und wurden aus einer Datei gelesen oder in eine Datei geschrieben. Nach Angabe der entsprechenden Verzeichnispfade und Dateinamen konnte der Benutzer durch Betätigen der Schaltflächen (Download, Upload) den Im- oder Exportvorgang einleiten.

Wenn der Webservice die Anfragen akzeptierte, wurden die Daten übernommen bzw. zurückgesendet. Bei einer Zeitüberschreitung oder bei Auftreten eines Fehlers wurden entsprechende Meldungen erstellt und am unteren Rand des Programmfensters angezeigt. Hier wurde auch die erfolgreiche Transaktion bestätigt.

Die vom Programm erstellten XML-Requests konnten zu Kontrollzwecken abgespeichert und so auch in anderen Applikationen verwendet werden. Der Strategielayer des Testfeldes Magdeburg konnte auf Nutzerwunsch zyklisch angefordert und abgespeichert werden. In einem Eingabefeld wurde dazu der gewünschte Zeitintervall in Minuten angegeben.

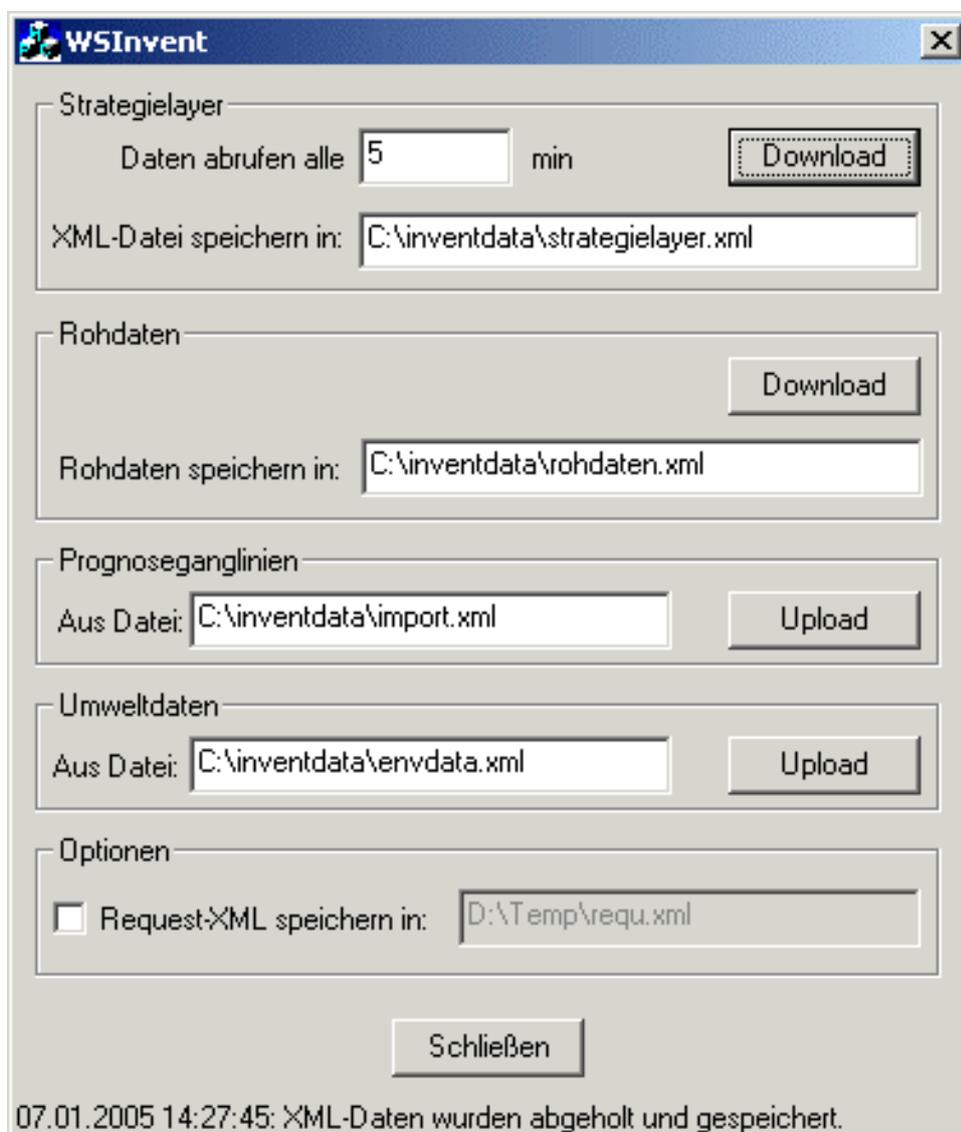


Abbildung 35: Testprogramm für den Webservice im Testfeld Magdeburg

5 Evaluierung im Testfeld Magdeburg

5.1 Evaluierung und Bewertung

Im Rahmen des Arbeitspaketes Evaluierung und Bewertung wurden die im Testfeld Magdeburg aufgebauten und integrierten Systeme einer detaillierten Bewertung unterzogen. Dazu wurde ein entsprechendes Bewertungssystem geschaffen, welches dann, bei der konkreten Auswertung und Beurteilung der Untersuchungsergebnisse aus den einzelnen Arbeitspaketen, angewandt wurde.

Das NIV-Testfeld Magdeburg erstreckt sich auf das gesamte Verkehrsnetz des Magdeburger Stadtgebietes und umfasst sowohl inner- als auch außerörtliche Bereiche. Die vorhandenen verkehrlichen Gegebenheiten sowie technischen und organisatorischen Voraussetzungen (externe Verkehrsdatenquellen) bilden dabei die Basis für die Demonstration, Validierung und Bewertung der in NIV entwickelten Applikationen und deren Kommunikation untereinander. Der ausserörtliche Bereich des Testfeldes wird im Norden durch die BAB A2 und im Westen durch die BAB A14 begrenzt. Im Süden bilden der Abschnitt der A14 in Höhe der Stadtteile Beyendorf/Sohlen und im Osten der Abschnitt der B1 in Höhe der Berliner Chaussee die Begrenzung des betrachteten Gebietes des Testfeldes Magdeburg.

Die Bewertung steht im engen Austausch mit den anderen Arbeitspaketen. Es hat sich bei der Erarbeitung des Bewertungssystems herausgestellt, dass Standardbewertungen von Anwendungen der Verkehrstelematik, die beispielweise im Rahmen von EU-Projekten erarbeiteten Richtlinien [1] nicht hinreichend sind für die adäquate Beurteilung von dynamischen Routingsystemen, sondern dass nach Möglichkeit bestimmte besondere Aspekte berücksichtigt werden sollten. Die Berücksichtigung von erweiterten Kriterien hängt dabei allerdings von der Verfügbarkeit spezifischer Daten und Informationen ab, die in den anderen Arbeitspaketen ermittelt werden. Dazu wird fortlaufend das Bewertungssystem mit den Untersuchungssystemen in den Arbeitspaketen abgestimmt.

Im folgenden werden die Aspekte des **Bewertungssystems** und des **Demonstrationsplans** näher erläutert.

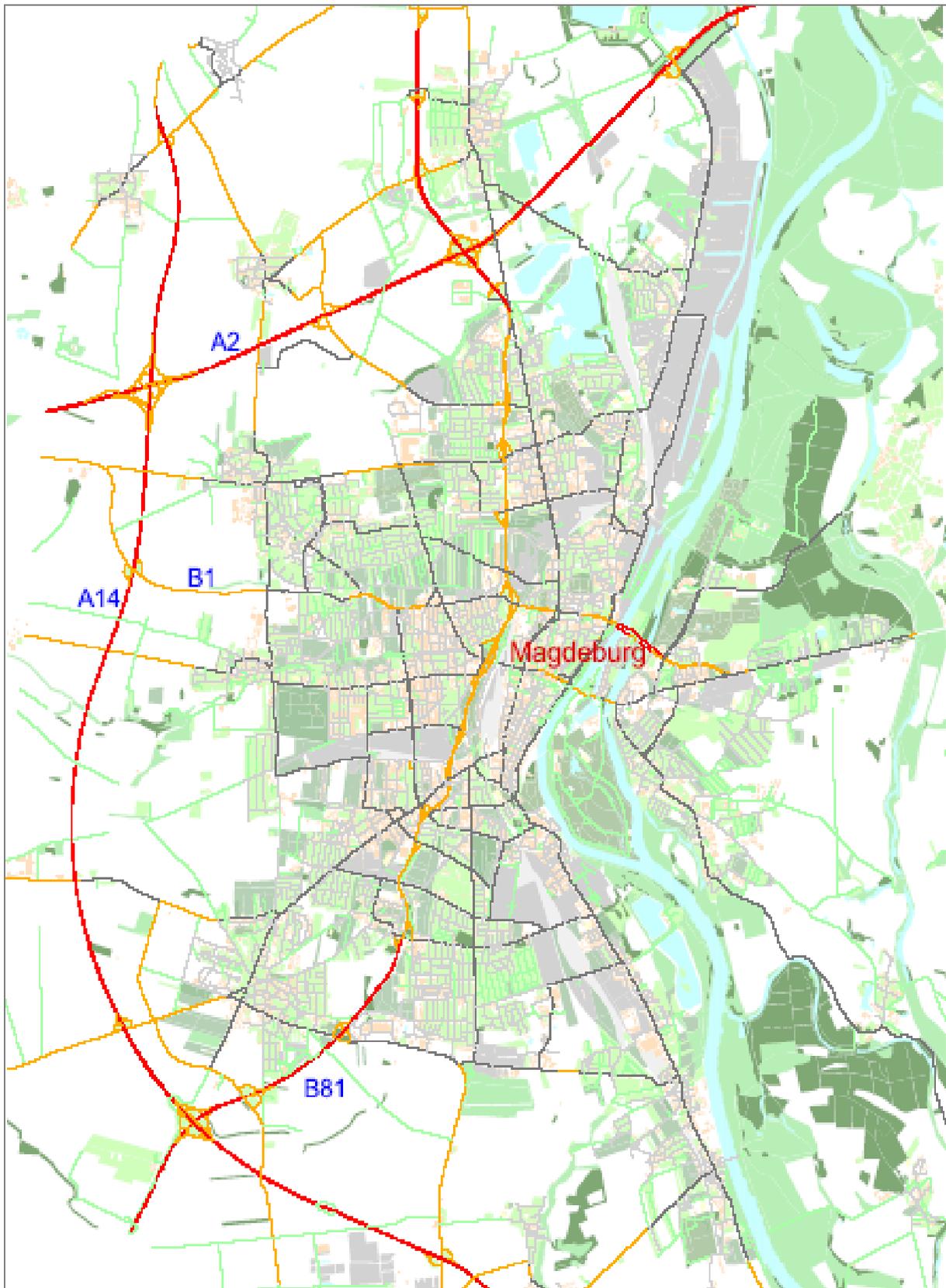


Abbildung 36: Testfeldumgriff in Magdeburg

5.2 Bewertungsplan

5.2.1 Bewertungssystem

Zur Systematik der Bewertung gehören insbesondere folgende Bestandteile:

- Die *Bewertungskategorie* legt fest, welche grundsätzliche Ziele berücksichtigt werden
- Die *Bewertungskriterien* legen fest, wie bestimmte Ziele in Indikatoren umgesetzt werden.
- Das *Bewertungsverfahren* legt fest, wie die Bewertungskriterien ausgewertet werden.

Auf diese Punkte wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

5.2.2 Bewertungskategorien

5.2.2.1 Kontext der Bewertung

Die Bewertung der in NIV geschaffenen Systeme erfolgte auf eine Weise, indem die Frage beantwortet wird, wie gut die Funktionalität der Teilsysteme und des Gesamtsystems im Zusammenwirken aller Teilsysteme zur dynamischen Navigation beantwortet wurde. Dabei wurde berücksichtigt, wie gut die ermittelten Routenempfehlungen aus der Sicht des einzelnen Nutzers und aus der Sicht der öffentlichen Interessen waren. Weiterhin wurde untersucht, wie gut diese unterschiedlichen Ziele beim NIV-Ansatz berücksichtigt und im Gesamtsystem sinnvoll aufeinander abgestimmt wurden.

5.2.2.2 Kategorien der Bewertung

Bei der Betrachtung der im Bewertungskontext benannten Fragestellungen konnten folgende Themenblöcke abgegrenzt werden, die als Bewertungskategorien darzustellen sind:

1. Bewertung der technischen Funktions- und Leistungsfähigkeit
2. Verkehrliche Bewertung

3. Beurteilung des organisatorischen Systems

Bei der Anwendung dieser Systematik ist hervorzuheben, dass diese Bewertungskategorien nicht als voneinander unabhängige Komplexe betrachtet werden, da die technische Leistungsfähigkeit unmittelbare Auswirkungen auf die verkehrlichen Kenngrößen hat.

Die genannten Kategorien sind deshalb als unterschiedliche Betrachtungs- und Bewertungsperspektiven auf den gleichen Untersuchungsgegenstand aufzufassen. Die einzelnen Bewertungskategorien sollen demnach einzeln und jeweils für sich abgehandelt werden.

5.2.3 Bewertungskriterien

Um die Bewertungen in den einzelnen Kategorien durchführen zu können, müssen jeweils entsprechende Kriterien festgelegt werden. Diese Kriterien können quantitativer oder qualitativer Natur sein. Bestimmte Aspekte der möglichen Bewertung wie zum Beispiel die Qualität der Datenfusion in den Wissensbasen der Testfelder lassen sich jedoch nur schwer in ein besonderes Bewertungsschema fassen.

Nachdem die quantitative Aggregation der Teilergebnisse nicht im Mittelpunkt der Bewertung in NIV steht wird angestrebt, für bestimmte Punkte, bei denen eine Interpretation der Ergebnisse von Bedeutung ist, auch möglichst quantitative Kennwerte zu erhalten.

Die möglichen Bewertungskriterien werden nachfolgend im Rahmen der einzelnen Bewertungskategorien diskutiert.

5.2.3.1 Bewertung der technischen Funktions- und Leistungsfähigkeit

In dieser Bewertungskategorie soll die gesamte telematische Kette von der Datenerfassung bis zur Bereitstellung und Nutzung der Dienste beurteilt werden. In der telematischen Kette wurden die folgenden Hauptprozesse der Datenverarbeitung im Testfeld berücksichtigt:

1. Erfassung und Speicherung der Rohdaten aus den vorhandenen Datenquellen des Testfeldes

2. Bereitstellung der Rohdaten für die Verarbeitung zu vervollständigten Prognose-
daten mittels Verkehrsmodellen
3. Verarbeitung von konsolidierten Daten verschiedener Verkehrsmodelle für deren
Nutzung in Routing-Diensten

Die Datenerfassung und -verarbeitung in den einzelnen Prozessstufen umfasst dabei jeweils das typische Spektrum von Teilprozessen, d.h. insbesondere

- Erfassung,
- Übermittlung,
- Import/Export (über geeignete Schnittstellen),
- ggf. Konvertierung,
- Aufbereitung, Modellierung und Berechnung,
- Verwaltung und
- Bereitstellung der Daten.

Für die Bewertung ist dabei zu untersuchen, ob innerhalb der erstellten Systemarchitektur in den einzelnen Stufen und Teilprozessen die Daten und Informationen für die dynamische Routenempfehlung in ausreichender Qualität, Menge und im erforderlichen Zeitrahmen bereitgestellt werden können. Zur technisch-funktionalen Prüfung gehört auch die Prüfung der verkehrstechnischen Datenmodelle und Algorithmen im Hinblick auf die Nutzeranforderungen und in Bezug auf Qualität und Aktualität der Information.

Die Einzelkomponenten, die für die Demonstration des Gesamtsystems erforderlich waren, mussten auf Grund ihrer unterschiedlichen Aufgaben getrennt voneinander einer technisch-funktionalen Bewertung unterzogen werden. Hierzu wurde ein „Datenblatt technisch-funktionale Bewertung“ erstellt, in dem neben den Bewertungsindikatoren auch die wesentlichen Aufgaben und Datenflüsse zusammen gefasst sind (siehe Anhang A.1).

5.2.3.2 Verkehrliche Bewertung

Bei der verkehrlichen Bewertung war zu prüfen, wie die in der Anforderung an das NIV-Gesamtsystem formulierten Zielstellungen erfüllt wurden. Die verkehrlichen Wirkungen mussten sich demnach in einer dynamischen und situationsgerechten Routenwahl gegenüber statischen Navigationssystemen ausdrücken. Andere Wirkungen konnten zwar in der langfristigen Perspektive nicht ganz ausgeschlossen werden, doch erschienen sie zum Zeitpunkt der Evaluierung sowohl theoretisch als auch praktisch kaum greifbar. So wäre zum Beispiel vorstellbar, dass durch den breiten Einsatz von dynamischen Navigationssystemen mit Funktionen des Netzausgleichs für den motorisierten Individualverkehr eine verbesserte Steuerbarkeit zu einer günstigeren Auslastung des vorhandenen Straßennetzes führt, doch waren solche Wirkungen in der Phase des Evaluierungsbetriebes aufgrund der geringen Zahl der eingesetzten Fahrzeuge wenig relevant und deshalb nicht überprüfbar. Bei der verkehrlichen Bewertung in NIV wurden deshalb nur Wirkungen der veränderten Routenwahl analysiert.

Die verkehrlichen Wirkungen lassen sich typischerweise in folgende Bereiche einteilen:

1. Wirtschaftlichkeit
 - a. Wegelänge bzw. Fahrleistung
 - b. Fahrzeit
 - c. Betriebskosten, insb. Kraftstoffverbrauch
2. Sicherheit
 - a. Unfallrate
 - b. Unfallkosten
 - c. Umweltwirkungen
3. Umwelt
 - a. Emissionen von Schadstoffkomponenten
 - b. Lärmemissionen

Diese typischen Wirkungen, die bei planerischen und betrieblichen Maßnahmenbewertungen herangezogen werden, müssen im Falle der dynamischen Navigationssysteme um einige Überlegungen erweitert werden:

Die Abschätzung von Nutzer- und Systemoptimum ist nicht nur von theoretischem Interesse bei der Bewertung, sondern hat in zweierlei Hinsicht auch direkten praktischen Bezug:

1. Die Möglichkeit der öffentlichen Akzeptanz von individuellen Navigationssystemen hängt stark davon ab, ob Vorteile für einzelne Nutzer nicht zu Nachteilen bei anderen Nutzern oder Betroffenen führen, die insgesamt die Vorteile übertreffen. Diese Grundsatzfrage sollte bei einer Bewertung diskutiert werden.
2. Für konkrete Situationen, d.h. für bestimmte Netz- und Verkehrsstrukturen ist genauer zu bestimmen, wie weit in praktischen Anwendungsfällen Nutzer- und Systemoptimum auseinander liegen.

Zusätzliche Aspekte, die bei der konkreten Abschätzung und Bewertung von dynamischen Routenempfehlungen zu beachten sind, würden sich auf die Akzeptanzrate der Empfehlungen und auf das unterschiedliche Informationsniveau der Verkehrsteilnehmer beziehen. Das konnte jedoch in der Testphase nicht berücksichtigt werden, in der nur einzelne Fahrzeuge mit dynamischen Navigationssystemen ausgestattet waren.

Auch für diese Untersuchungen wurde vom ifak ein „Datenblatt verkehrliche Bewertung“ erstellt (siehe Anhang A.2).

5.2.3.3 Experimentsteuerung

Die verkehrliche Bewertung innerhalb des Testfeldes konnte nur auf ausgewählten Relationen erfolgen, da wie bereits beschrieben, keine ausreichende Anzahl an Endprodukten vorhanden war, die eine flächendeckende Bewertung erlaubte. Für die verkehrliche Bewertung wurde ein Vorher-Nachher-Vergleich bzw. ein Mit-Ohne-Vergleich der Befahrung einer vordefinierten Start-/Ziel-Beziehung mit und ohne Verwendung des dynamischen Routings sowie mit und ohne Verwendung der verschiedenen NIV-Routing-Layer durchgeführt.

Die Experimentsteuerung beinhaltet einen Versuchsplan, der die Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen somit anhand einer Vorher-Nachher-Analyse ermöglichte. Dabei wurden die unterschiedlichen Elemente aktiviert, die eine Routenberechnung beeinflussen konnten, wie dynamische Navigation, Strategielayer und Prognosemodelle. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Falldefinitionen angegeben.

	ST	DY	SL	MO
Referenzfall	X			
F1		X		
F2		X	X	
F3		X	X	X

Tabelle 10: Falldefinitionen für die Experimentsteuerung

Gegenüber dem Referenzfall, der die Anwendung der statischen Routenberechnung beinhaltet, wurden die Fälle F1 bis F3 unterschieden, in denen die unterschiedlichen Ebenen der NIV-Wissensbasis schrittweise in die Routenwahl einbezogen wurden. Dabei konnten die im Testfeld Magdeburg zur Anwendungen kommenden Verfahren zur Bildung von Verkehrslage und Prognose zu den folgenden Fällen zusammengefasst werden:

ST - Statische Navigation:

Die Routenberechnung umfasst das vorhandene Straßennetz ohne Berücksichtigung von Verkehrslage und Strategien.

DY - Dynamische Navigation:

Diese Variante der Routenberechnung beinhaltet die als XTM übermittelten kurzfristigen verkehrsbeeinflussenden Ereignisse, die nicht in Form des Strategielayers hinterlegt sind, z. B.: Kurzfristige Sperrungen aufgrund von unvorhersehbaren Ereignissen (Unfälle), wöchentlich aktualisierte Baustelleninformationen.

SL - Strategie-Layer:

Es werden die langfristig geplanten und im Strategielayer hinterlegten Stragien in die Routenberechnung einbezogen. Dazu zählen zum Beispiel: Baustelle Universitäts-

platz, innerstädtische Umleitung bei Sperrungen auf der A2, Verkehrsführungen bei Großveranstaltungen (Elbauenpark)

MO - Modelle:

Die über Simulationsmodelle wie ASDA/FOTO, NeuroMonet, VISSIM gewonnenen Belegungswerte, Verkehrstärken und ergänzenden Verkehrsdaten werden als konsolidierte Verkehrslage in die Routenberechnung einbezogen.

5.2.4 Verkehrliche Bewertungsszenarien

Die Routenberechnung anhand des beschriebenen Versuchsplanes erfolgte für die dort definierten Fälle zu verschiedenen Tageszeiten, um Veränderungen in den berechneten Routenverläufen, die durch geänderte Belastungswerte in der Morgenspitze bzw. Abendspitze verursacht wurden, dokumentieren und bewerten zu können.

Die Validierung der ermittelten Routen erfolgte anhand von Reisezeiten mittels Testfahrten im realen Verkehr. Die Bewertung wurde anhand der aufgezeichneten Reisezeiten und weiterer Verkehrskenngrößen wie querschnittsbezogener Verkehrsstärke und Geschwindigkeit vorgenommen. In der folgenden Tabelle und Übersichtskarte sind die Start- und Zielpunkte für die Routenberechnungen angegeben.

ID	QZ	NAME	NLINK	BREITE	LÄNGE	X_KOORD	Y_KOORD
1	A	Kreuz A2/A14	551688870	52,167348	11,546921	4469000	5782061
2	B	Barleben/Hirtentor	53450263	52,201058	11,619376	4473977	5785783
3	C	MD-Wiedersdorfer Str.	77308085	52,213270	11,663361	4476990	5787127
4	D	MD-Ehlegrund	53452506	52,134746	11,715817	4480542	5778375
5	E	Dodendorf/Im Winkel	541369157	52,040047	11,615979	4473650	5767869
6	Z	MD-Materlikstr	53453229	52,128041	11,640265	4475365	5777652

Tabelle 11: Verortung der Start- und Zielpunkte im Testfeld Magdeburg

Die Wahl der Start- und Zielpunkte berücksichtigte den beschriebenen Umgriff des Testfeldes sowie alle relevanten Hauptverkehrsrichtungen sowohl für den Quell- und Zielverkehr als auch für die Stadt passierende Durchgangsverkehre. Ebenso wurden durch die vorgenommene Verortung die vorhandenen und potenziellen Störungen

sowie die von den städtischen Partnern festgesetzten Umleitungsvarianten einbezogen.

In der Spalte *NAME* ist der angegebene Straßename der betreffenden Ortschaft angegeben, um die eindeutige Referenzierung des Punktes unabhängig von einer bestimmten digitalen Karte zu ermöglichen. Für die im Teilprojekt NIV von den Partnern des Testfelds zu verwendende Navteq-Karte konnte der Link auch über über das Feld *NTLINK* ermittelt werden. Neben der geographischen Länge und Breite, basierend auf dem WGS84-System, waren ebenso die rechtwinkligen Gauß-Krüger-Koordinaten mit *X_KOORD* (Rechtswert) und *Y_KOORD* (Hochwert) bezogen auf das in Magdeburg verwendete Kartendatum angegeben, um die Punkte in der Routing-Applikation des Testfeldes (siehe Abschnitt 2.4) zu referenzieren.

Um die Bewertung der in der Experimentsteuerung geplanten Untersuchung der statischen, dynamischen und modellgestützten Navigation vorzunehmen, werden typische Beziehungen von Einkaufs- und Durchgangsverkehren untersucht. Die Startpunkte bezeichnen ausgewählte Zufahrten zum Stadtgebiet. Die zu ermittelnden Routen führen über das definierte Vorzugsnetz zu einem Zielpunkt im Stadtgebiet bzw. durch das Stadtgebiet hindurch zu einem Start-/Zielpunkt außerhalb der Stadt. Innerhalb des Vorzugsnetzes sind die kurzfristigen und langfristigen Ereignisse einschließlich der Umleitungsempfehlungen sowie die Verkehrslage entsprechend der gewählten Fälle (Referenzfälle, F1, F2, F3) hinterlegt.

Für die verkehrliche Bewertung wurde ein Experimentplan entwickelt, der dadurch gekennzeichnet ist, dass für jeweils ausgewählte Zeitabschnitte des morgendlichen und abendlichen Spitzenverkehrs für die ausgewählten Fälle gemäß Tabelle 1 (Referenzfall, F1, F2, F3) sowie für die zulässigen Relationen der ausgewählten Start-Ziel-Beziehungen (Tabelle 3) eine Routensuche für die kürzeste Reisezeit vorgenommen wird.

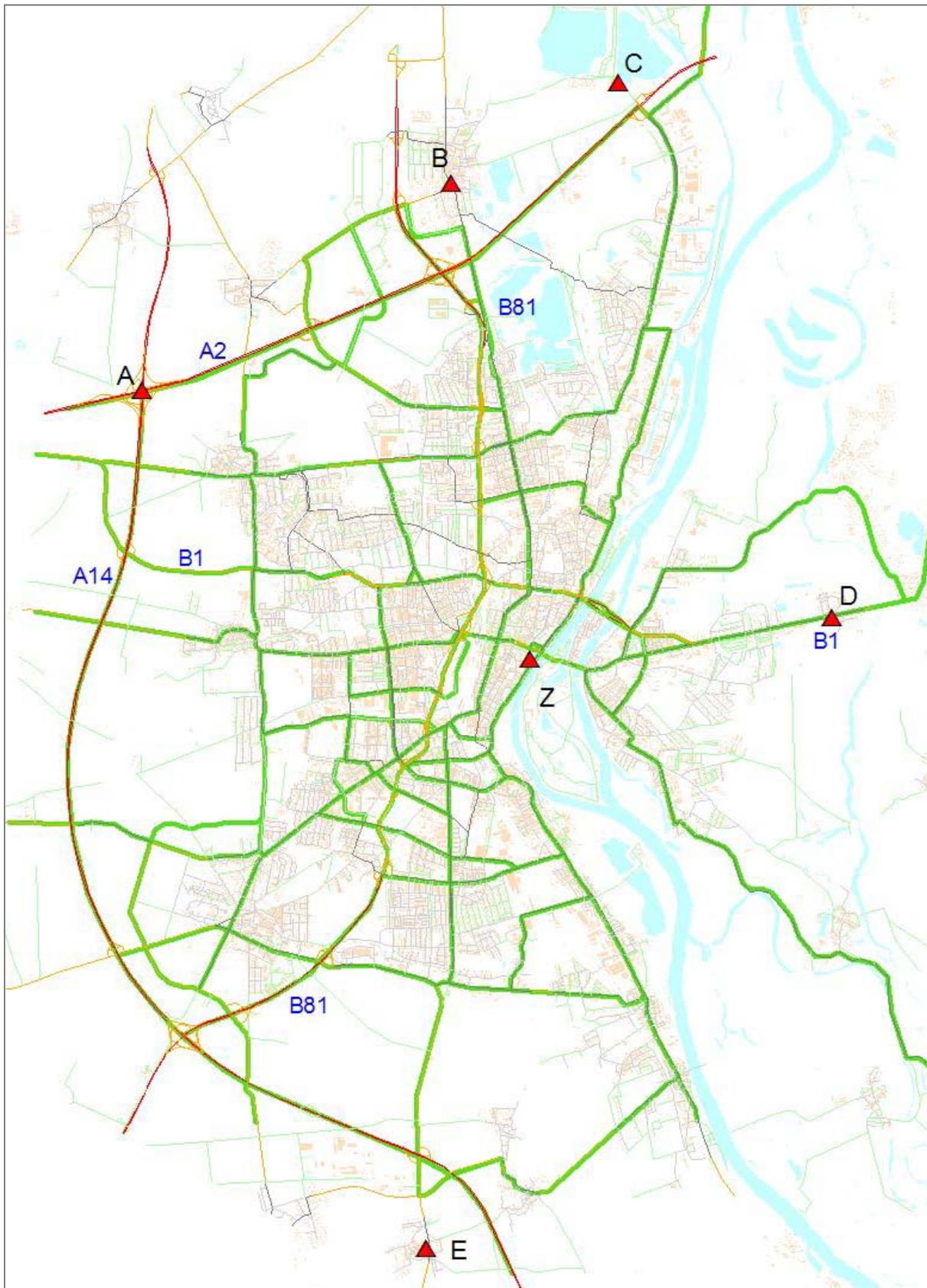


Abbildung 37: Start- und Zielpunkte für die verkehrliche Bewertung im Vorzugsnetz

Die ermittelten Parameter und Ergebnisse in Form der Folgen der Streckenabschnitte und Reisezeiten werden in Tabellenform für die Speicherung in der Testfeld-Wissensbasis bereitgestellt.

		NACH					
		A	B	C	D	E	Z
VON	A	-			X		X
	B		-	X	X		
	C		X	-			X
	D	X			-		X
	E			X	X	-	X
	Z		X			X	-

Tabelle 12: Matrix der Start-/Ziel-Beziehungen im Testfeld Magdeburg

Der beschriebene experimentelle Ablauf der verkehrlichen Bewertung erfolgt vollständig rechnergestützt. Dazu wurde der Zugang zu den zur Anwendung kommenden Routingverfahren bezüglich der Wahl der Start-/Ziel-Relationen und der Fallauswahl als ein entsprechendes webbasiertes Interface gestaltet.

5.2.5 Ermittlung der Reisezeiten je Relation und Routen mittels Testfeldrouter

Die im vorangegangenen Abschnitt erläuterte Experimentplanung wurde mit der Auswahl der verkehrlichen Bewertungsszenarien in Form einer Java-Applikation für die Bewertung der Testrouten implementiert, die in diesem Abschnitt beschrieben wird.

Der Testfeldrouter (Abbildung 38) wurde mit den Wissensbasen des Testfeldes verbunden, in denen Infrastrukturdaten wie digitale Karten, Lichtsignalanlagen in Form von GIS-Daten sowie sämtliche Verkehrsdaten als historische, aktuelle oder Prognosedaten gespeichert sind.

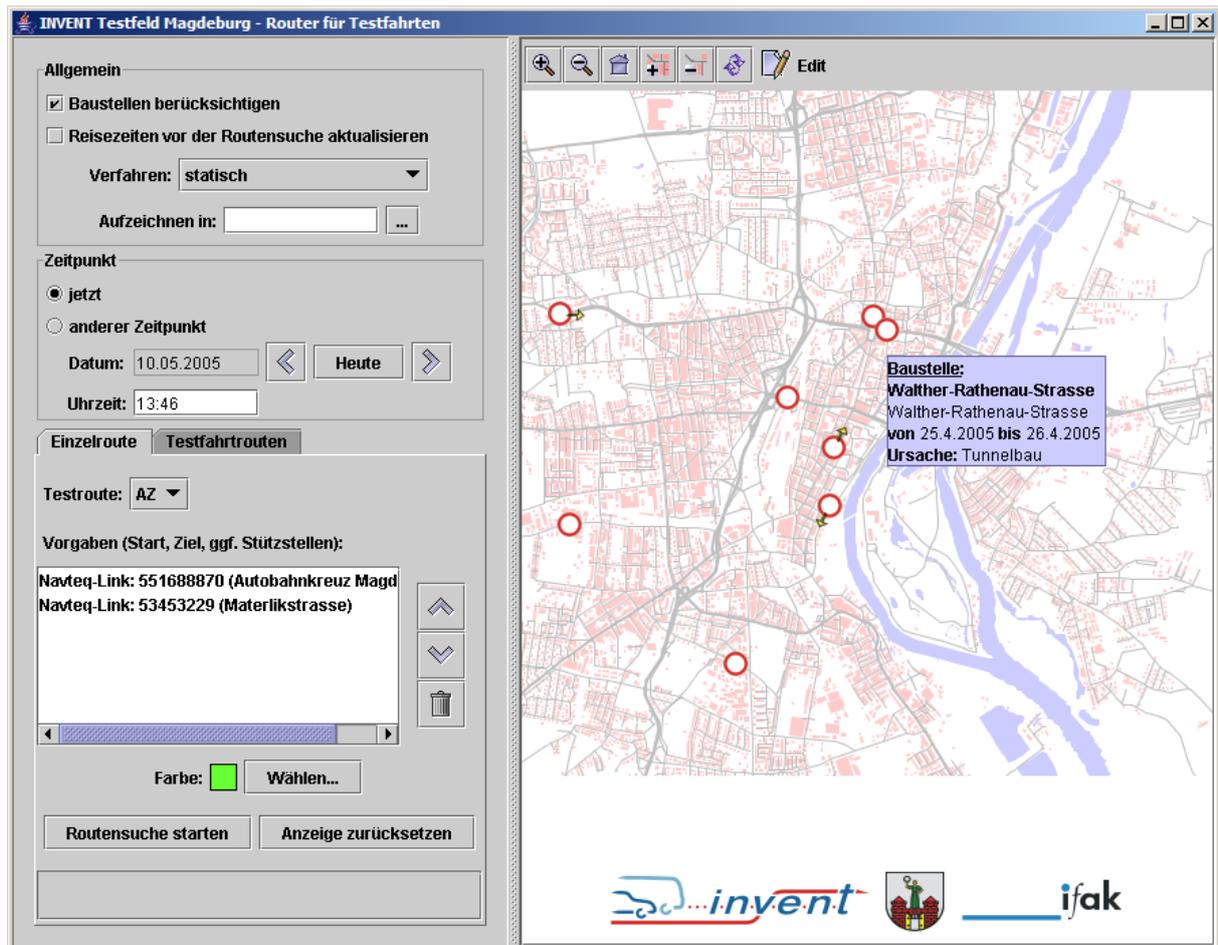


Abbildung 38: Testfeldrouter des ifak Magdeburg

So wurden zum Beispiel im Testfeldrouter die aktuellen Baustellen, die aus der entsprechenden Baustellen-Datenbank gewonnen werden, gemäß der geografischen Lage im Kartenfenster der digitalen Stadtkarte dargestellt (Abbildung 21) und konnten bei der Routensuche berücksichtigt werden. Die innerhalb von NIV als gemeinsame Basis aller Partner verwendete Straßenkarte des Partners Navteq wurde in den Testfeldrouter als routingfähige Kartengrundlage eingebunden.

Zur Auswahl der Varianten der Bewertungsszenarien bestanden für den Anwender die Möglichkeit, die folgenden Parameter einzustellen:

- *Berücksichtigung der Baustellensituation*

Die Berücksichtigung der Baustellen wurde für die betroffenen Streckenabschnitte des Navteq-Netzes je nach Art der Baustelle entweder durch eine richtungsbezogene Sperrung oder durch eine aus der verbleibenden Kapazität abgeleitete Erhöhung der Reisezeit auf diesem Abschnitt erzielt.

– *Aktualisierung der Reisezeiten vor Routensuche*

Die Reisezeiten wurden als Prognosewerte für jeden verfügbaren Streckenabschnitt, für den eine Reisezeit vorliegt, aus der Datenbank ausgelesen und in den Router übertragen.

– *Verfahren*

Es wurden die in der Wissensbasis hinterlegten Reisezeitprognosedaten der Verfahren ausgewählt, die zur Routensuche verwendet werden sollten. Es standen zur Auswahl:

- Statische Reisezeiten gemäß Streckenlänge und vorgeschriebener Geschwindigkeit
- NeuroMonet (SIEMENS)
- VISSIM/Visum Online (PTV)
- ASDA/FOTO (DaimlerChrysler)
- Strategiedetektoren (ifak)

– *Aufzeichnung*

Für den Vergleich der Reisezeiten von Routenverläufen verschiedener Verfahren konnten diese für Bewertungszwecke in eine Datei gespeichert werden.

– *Zeitpunkt*

Es konnten sowohl der aktuelle Zeitpunkt als auch ein beliebiger Zeitpunkt in der Vergangenheit für den Startzeitpunkt der Routensuche angegeben werden, für den Daten in der Wissensbasis gespeichert sind.

– *Einzelroute*

Die Wahl einer beliebigen Einzelroute konnte durch die freie Auswahl von Streckenabschnitten im Kartenfenster erfolgen. Aus der Menge bereits vordefinierter Einzel-Testrouten konnte mit einem Listenfeld ausgewählt werden.

– *Testfahrt Routen*

Bei Auswahl dieser Option wurden die über die Start-/Ziel-Beziehungen festgelegten Testrouten für die Routensuche verwendet. Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in Form einer Tabelle oder Textdatei, die für eine Weiterverarbeitung in Datenbank- bzw. Geografischen Informationssystemen (GIS) geeignet ist.

Mit dieser für die verkehrliche Bewertung im Testfeld Magdeburg geschaffenen Applikation konnten alle definierten Routen des Bewertungsszenarios auf Knopfdruck für einen definierten Zeitpunkt unter Berücksichtigung des gewünschten Verfahrens erzeugt werden.

Das Ergebnis der Routensuche konnte auf diese Weise mit Mitteln wie dem geographischen Informationssystem ArcView dargestellt und weiterverarbeitet werden. Dazu enthielt jede der ermittelten Routen eine Liste der zugehörigen Navteq-Streckenabschnitten (Links). Mit einem für ArcView-GIS entwickelten Algorithmus wurden diese Navteq-Links der jeweiligen Route zugeordnet und eine ArcView-Shape-Datei erzeugt, die im GIS dargestellt werden konnte (Abbildung 39).

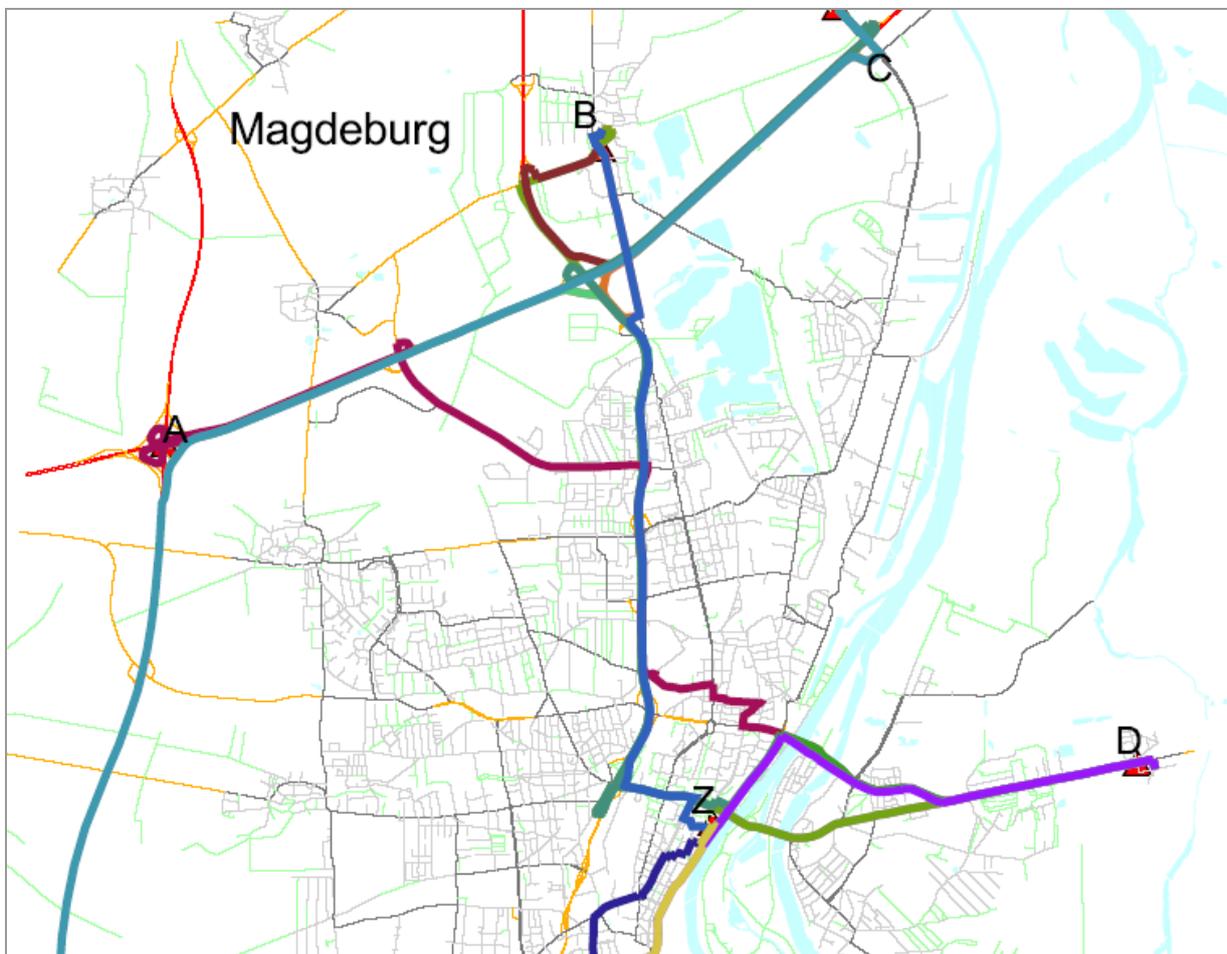


Abbildung 39: Testroutenverläufe (Übersicht)

Durch die Weiterverarbeitung im GIS wurde sowohl die räumliche und zeitliche Bewertung der Routenwahl als auch der direkte Vergleich der Verfahren untereinander ermöglicht (Abbildung 40).

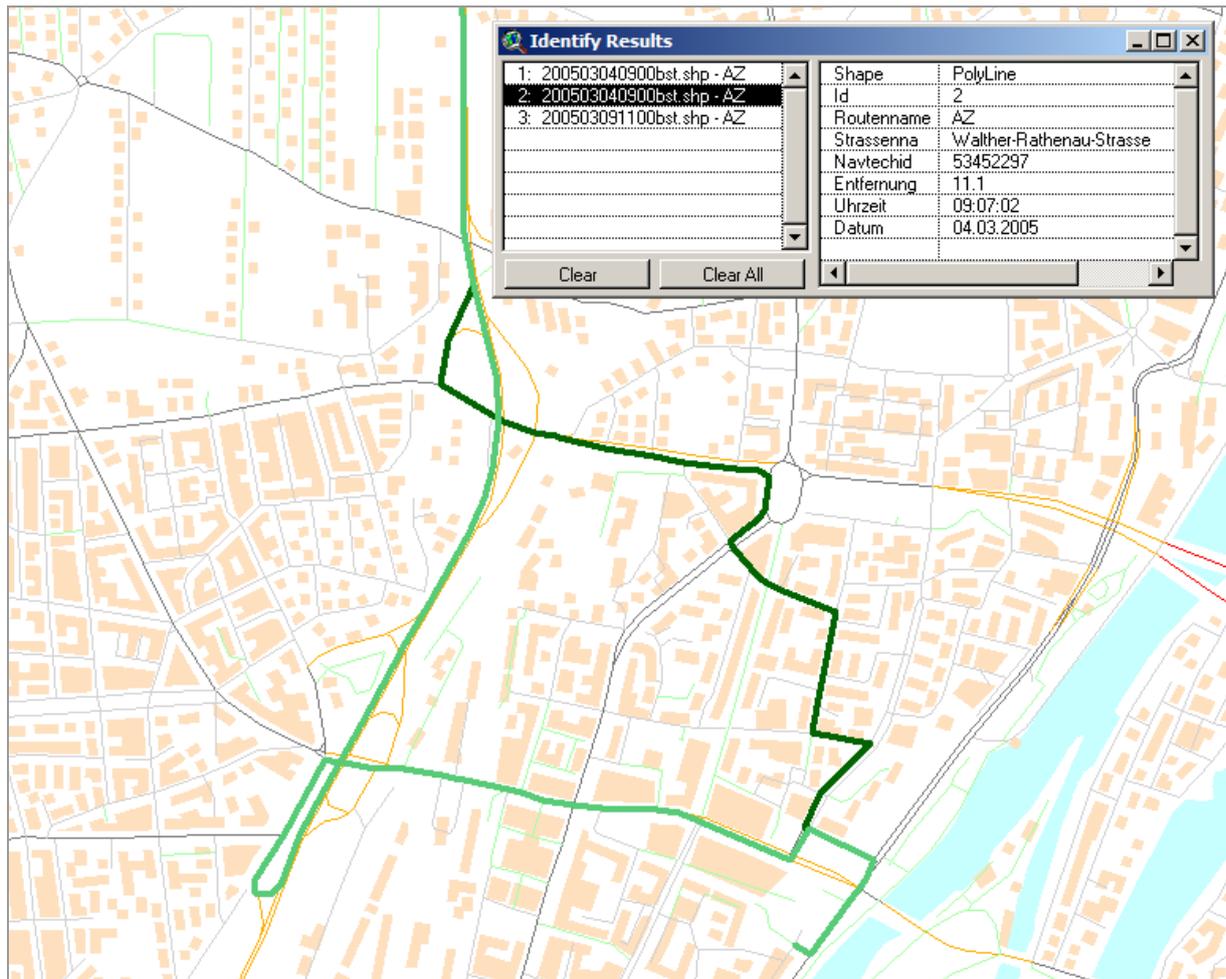


Abbildung 40: Vergleich der Testroutenverläufe im GIS (Ausschnitt)

Um den Verlauf von gleichen Start-/Ziel-Beziehungen unter verschiedenen Ausgangsbedingungen, wie Wahl des Verfahrens (NeuroMonet, VISUM, ASDA/FOTO), Berücksichtigung von Baustellen, Verkehrsbelastung und Prognosewerte vergleichen zu können, wurden die in den verschiedenen Verfahren ermittelten Routenverläufe für die ausschließliche Darstellung im GIS selektiert. Dabei wurden Attribute wie Straßennamen des gewählten Routenabschnitts, Navteq-ID, Entfernung vom Ziel sowie beispielsweise die Reisezeit angezeigt und können somit für den direkten Verfahrenvergleich herangezogen werden.

5.2.6 Anforderung von Wegepunkten über Routing-Frontend

Die Offline-Routenermittlung über das Wegepunktverfahren erfolgte im Testfeld Magdeburg mittels einer webbasierten Applikation unter Einbeziehung des übermittelten Magdeburger Strategielayers und der exportierten Verkehrsdaten.

Der vom Partner PTV außerhalb des Testfeldes bereitgestellte Routingserver konnte sowohl unter Nutzung eines webbasierten Frontends (HTML-Formular) als auch direkt über XML-Formulare aufgerufen werden. Dem Routingverfahren wurde als Anfrage der Start- und Zielpunkt in Form von XML-Elementen und Attributen übergeben. Start- und Zielpunkte wurden als WGS84-Koordinaten kodiert.

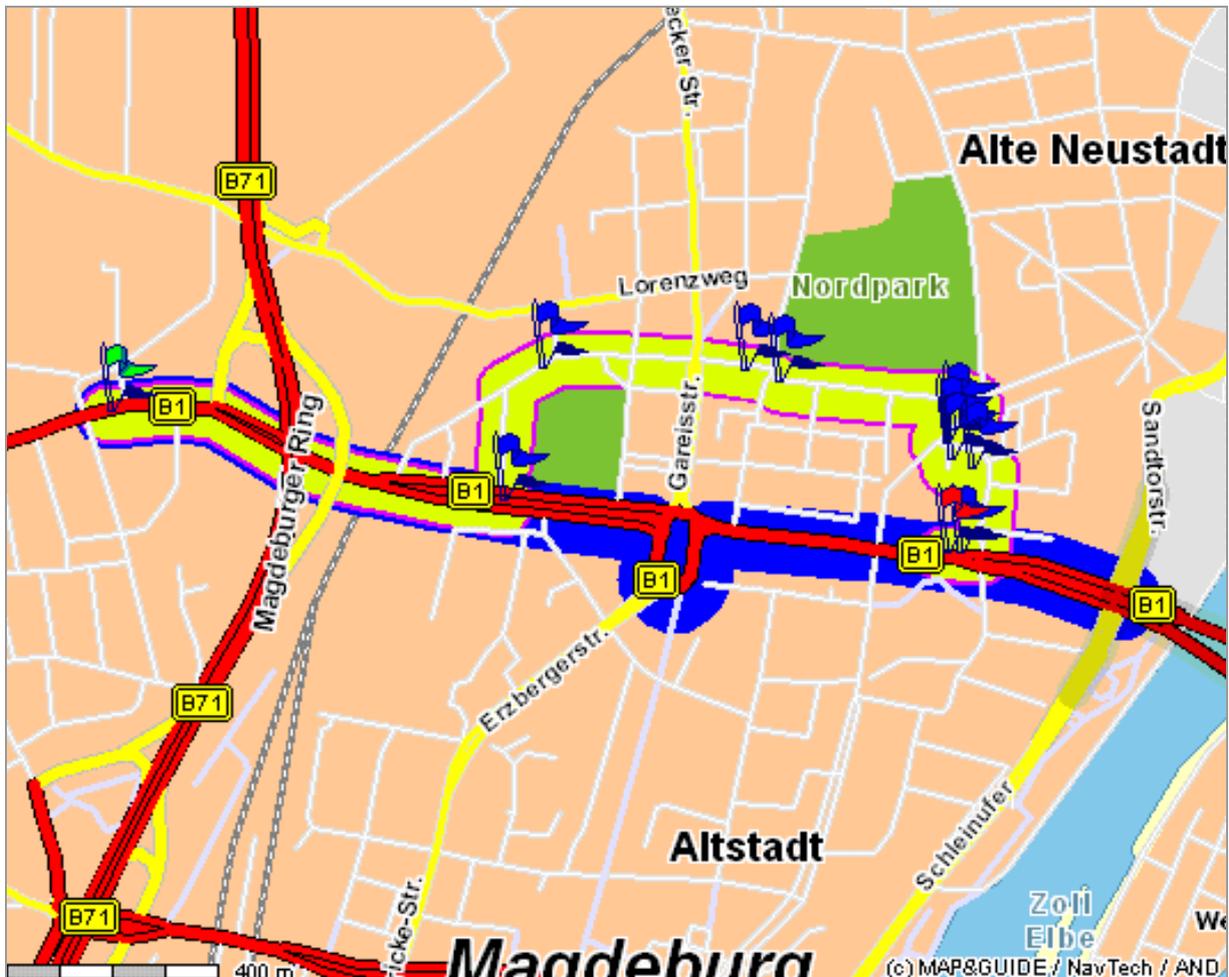


Abbildung 41: Wegepunkte einer Baustellen-Umleitungsstrecke im Vorzugsnetz

Es war möglich, im Routingverfahren die Verwendung des vom Testfeld bereitgestellten Strategielayers als eine Option auszuwählen. Weiterhin konnten sowohl akzeptanzsteigernde Maßnahmen wie Hinweise zu Ursachen und Umleitungsempfehlungen als auch die Verwendung von aktuellen Verkehrsdaten beim Routing initiiert werden. Die Rückgabe des Ergebnisses der Zielführung erfolgte alternativ als Wegepunkte in Form von WGS84-Koordinaten, als Streckensegmente zwischen den Wegepunkten in Form von Navteq-Link-IDs oder als Kartengrafik mit Anzeige der Routen als farbige markierte Wegstrecke (siehe Abbildung 41).

Der Einbindung des Strategielayers erfolgte durch die Auswahl der entsprechenden Routing-Option im XML-Request und führte im Falle einer Baustelle (hier am Beispiel Universitätsplatz) zur Anzeige der Umleitung einschließlich markanter Wegepunkte auf der Umleitungsstrecke.

5.2.7 Testfeldbefahrungen

Im Rahmen der Eigenevaluierung der Modelle und Verfahren wurden mit der Zielstellung der Erprobung der vordefinierten Strategien und Szenarien, Befahrungen im Testfeld Magdeburg durchgeführt. Anhand der Testfahrten für den definierten Fall des Veranstaltungsverkehres zur Bördelandhalle werden exemplarisch die Vorgehensweise und die erzielten Ergebnisse beschrieben.

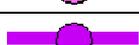
Testfahrten Veranstaltungsverkehr Bördelandhalle		
	Streckenverlauf	Länge
	Irxleben (A2) – Uniplatz (Nord) – Bördelandhalle	19,6 km
	Irxleben (A2) – Uniplatz (Süd) – Bördelandhalle	19,3 km
	Irxleben (A2) – Mittagstraße – Bördelandhalle	20,5 km
	Irxleben (A2) – Damaschkeplatz – Bördelandhalle	20,5 km
	Irxleben (A2) – A14 – A.-Vater-Str. (B1) – Bördelandhalle	17,4 km
	Irxleben (A2) – AS Rothensee – Bördelandhalle	25,4 km

Tabelle 13: Testfahrten Veranstaltungsverkehr Bördelandhalle

Die Testfahrten hatten als gemeinsamen Startpunkt die westlich von Magdeburg gelegene Auffahrt zur A2 Richtung Berlin in Irxleben. Nach einer für alle Fahrzeuge gemeinsamen Wegstrecke erfolgte die Aufteilung der Routenverläufe auf unterschiedliche Teilstrecken bis zum gemeinsamen Zielpunkt Bördelandhalle. Dabei wurden von den geplanten Einzelrouten verschiedene Streckenabschnitte tangiert, die von vordefinierten Strategien und Szenarien betroffen waren.

Die in Tabelle 13 dargestellte Route „Irxleben (A2) – Uniplatz (Nord) – Bördelandhalle“ (hellgrün) beinhaltet die im Rahmen von INVENT-NIV definierte und mit der städtischen Verkehrsplanung abgestimmte Umleitungsstrecke für den Bau des Universitätsplatztunnels. Diese Umleitungsstrecke war somit Gegenstand der im Strategieforum abgestimmten Maßnahme und Bestandteil der im Strategielayer definierten

Wegpunkte für ein dynamisches Routing im Rahmen des Netzausgleiches für den Individualverkehr.

Eine weitere Variante mit südlicher Umfahrung der Baustelle stellte die Route „Irxleben (A2) – Uniplatz (Süd) – Bördelandhalle“ (dunkelgrün) dar, die eine typische Routenvorgabe eines statischen Navigationsgerätes, nach baustellenbedingt notwendigem Abweichen von der berechneten direkten Route darstellen könnte. Beide Routenverläufe führten über den Nordbrückenzug zum Ziel.

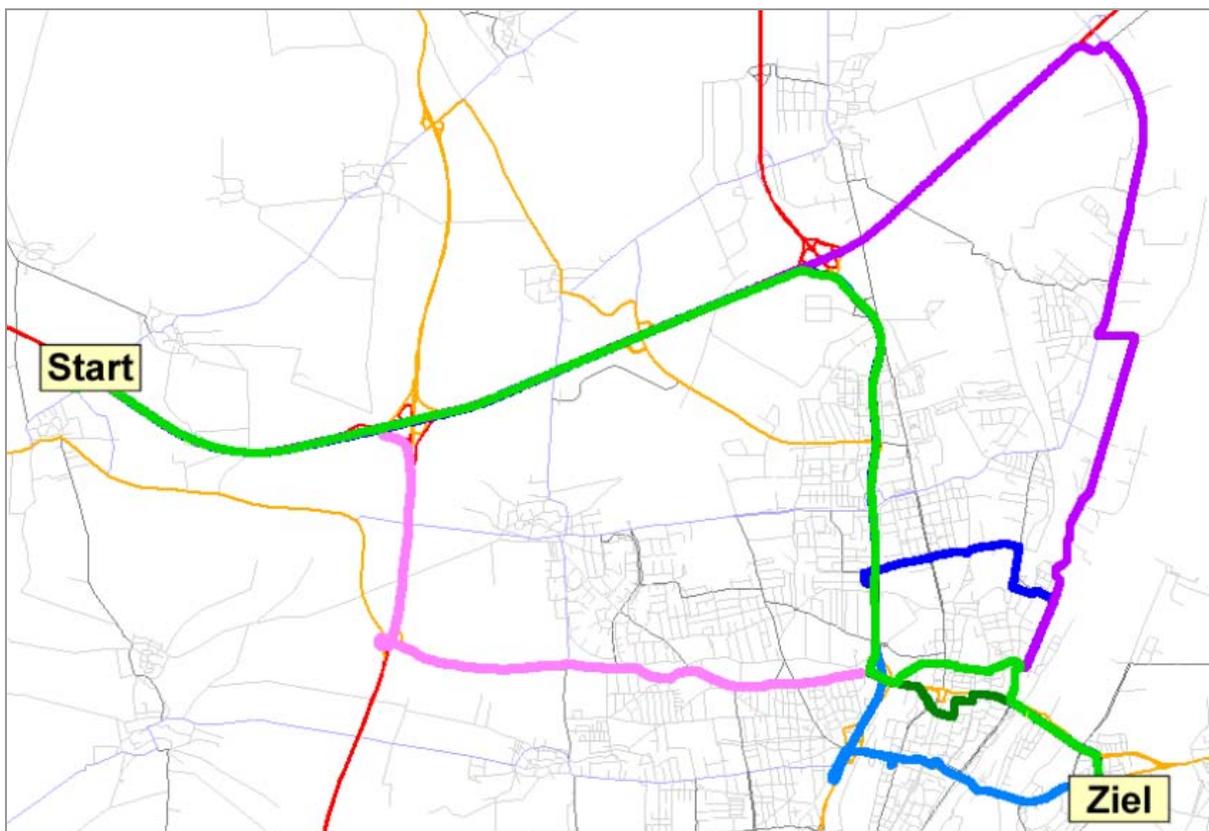


Abbildung 42: Routenverläufe der Testfahrten Veranstaltungsverkehr

Die Route „Irxleben (A2) – Mittagstraße – Bördelandhalle“ (dunkelblau) stellte eine weiträumige Umfahrung der Baustelle, etwa durch einen Ortskundigen dar. Eine Alternative zum Nordbrückenzug bot sich durch den Routenverlauf „Irxleben (A2) – Damaschkeplatz – Bördelandhalle“ (hellblau) über den südlich gelegenen Brückenzug der Strombrücke an. In Höhe des Damaschkeplatzes wurde mit den Unterführungen am Hauptbahnhof ein von starkem Berufsverkehr betroffener Streckenabschnitt mit häufigen Stauerscheinungen berührt.

Auf der Route „Irxleben (A2) – A14 – A.-Vater-Str. (B1) – Bördelandhalle“ (hellrosa) erfolgte die Streckenführung über die Umleitungsstrecken bei einem Störfall auf der A2 zwischen den Anschlussstellen „Kreuz Magdeburg“ und „Magdeburg Zentrum“. Die Lichtsignalanlagen entlang des Abschnittes im innerstädtischen Verlauf der B1 auf der Albert-Vater-Straße sind als „Grüne Welle“ miteinander koordiniert.

Der längste Routenverlauf „Irxleben (A2) – AS Rothensee – Bördelandhalle“ (rosa) bezog eine innerstädtische Umleitungstrecke über den August-Bebel-Damm beim Störfall auf der A2 zwischen den Anschlussstellen „Magdeburg Rothensee“ und „Lostau-Hohenwarthe“ ein.

Die Dislozierung der Routenverläufe entlang des Magdeburger Vorzugnetzes wird in Abbildung 42 sichtbar.

Jedes der Testfahrzeuge war mit einem FCD-Onboard-Gerät ausgestattet, um den Routenverlauf mittels GPS-Ortung erfassen und nachträglich auswerten zu können. Der Start aller Fahrzeuge erfolgte zeitgleich an der Anschlussstelle Irxleben.

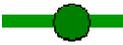
Testfahrt Veranstaltungsverkehr Bördehalle		
	Streckenverlauf	Reisezeit
	Irxleben (A2) – Uniplatz (Nord) – Bördelandhalle	$t_R=17:21$ min
	Irxleben (A2) – Uniplatz (Süd) – Bördelandhalle	$t_R=18:52$ min
	Irxleben (A2) – Mittagstraße – Bördelandhalle	$t_R=21:27$ min
	Irxleben (A2) – Damaschkeplatz – Bördelandhalle	$t_R=22:02$ min
	Irxleben (A2) – A14 – A.-Vater-Str. (B1) – Bördelandhalle	$t_R=23:09$ min
	Irxleben (A2) – AS Rothensee – Bördelandhalle	$t_R=24:36$ min

Tabelle 14: Reisezeiten für die Testfahrten Veranstaltungsverkehr Bördehalle

Die Auswertung der ermittelten Reisezeiten (Abbildung 43) über die Routenverläufe ergab das in Tabelle 14 dargestellte Bild.

Die Grafiken verdeutlichen die unterschiedlichen Längen der Streckenverläufe bei denen insbesondere der Verlauf über Rothensee als längste Wegstrecke hervortritt. Anhand der mittleren Geschwindigkeiten, die durch den Fahrtverlauf auf einem relativ langen Autobahnabschnitt und dem Magdeburger Ring beeinflusst waren, wurde deutlich, dass die Route über die nördliche Umfahrung des Universitätsplatzes die

höchste mittlere Geschwindigkeit aufwies. Die geringste mittlere Geschwindigkeit war bei der Route über die Albert-Vater-Straße festzustellen, da diese über eine weite Strecke im innerstädtischen Hauptstraßennetz führte. Die mittlere Geschwindigkeit der Route über Rothensee war ebenfalls relativ hoch, da ein großer Anteil der Wegstrecke über die BAB A2 und anschließend über die Schnellstraße „August-Bebel-Damm“ mit einer dort geltenden Geschwindigkeitsbegrenzung von 70 km/h sowie einer koordinierten Lichtsignalsteuerung führte.

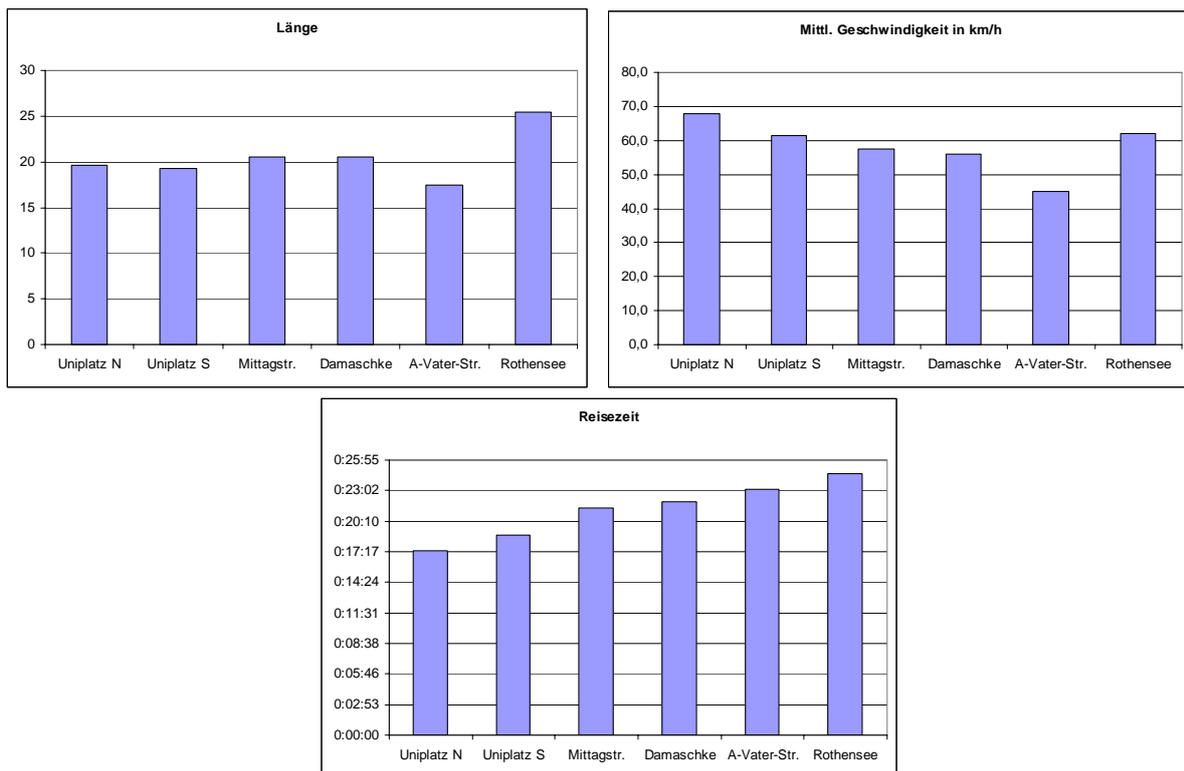


Abbildung 43: Auswertung der FCD-Messfahrten im Testfeld Magdeburg

Die Reisezeiten belegten, dass die Route über die nördliche Umfahrung die günstigste Route für den vorgegebenen Fall des Veranstaltungsverkehrs zur Bördelandhalle darstellte, was ebenfalls im nachfolgenden Weg-Zeit-Diagramm (Abbildung 44) dargestellt ist. Die Ankünfte der Fahrzeuge am Zielort sind durch senkrechte Linien markiert. Die Fahrlinien ließen darüber hinaus verkehrsbedingte Halte an Knotenpunkten deutlich erkennen.

Für die Auswertung und Darstellung der während der Testfeldbefahrung erfassten FCD-Daten wurde eine Applikation entwickelt, mit der die Fahrtverläufe visuell und quantitativ bewertet werden können.

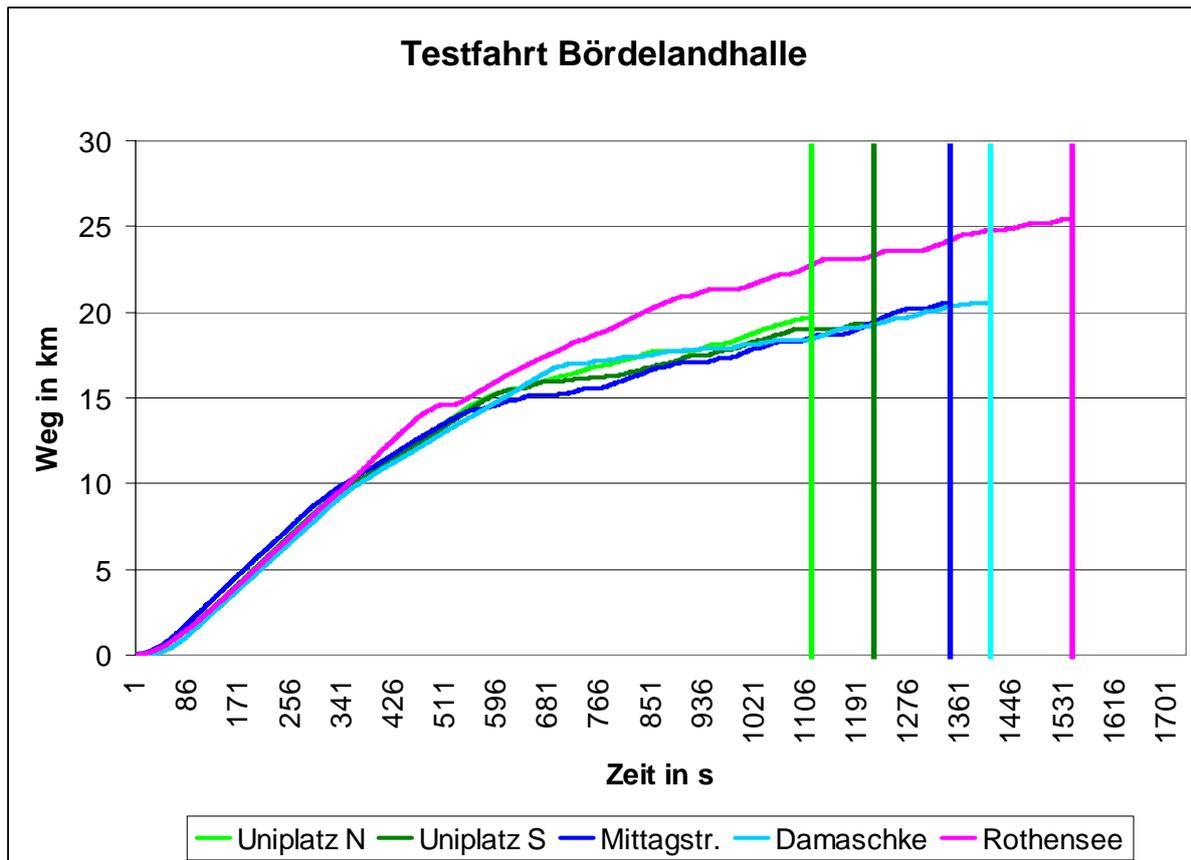


Abbildung 44: Weg-Zeit-Diagramm der Testfeldbefahrung

Die Applikation animiert den Fahrtverlauf der von den Messfahrzeugen erfassten FCD-Daten in Form der standardisierten NMEA-Datensätze vor dem Hintergrund einer in WGS-84 oder im Gauß-Krüger-Format vorliegenden Stadtkarte. Es können eine beliebige Anzahl von Fahrzeugen zeitgleich in synchronisierter Bewegung dargestellt werden. In Abbildung 45 wird der Zeitpunkt vor der Einfahrt der Fahrzeuge in das Zielgebiet gezeigt. Hier ist bereits zu erkennen, dass sich das Fahrzeug auf der Route der nördlichen Umfahrung des Universitätsplatzes, als der für INVENT offiziell ausgewiesenen Umleitungsrouten, am nächsten in Bezug zum Zielort befindet.

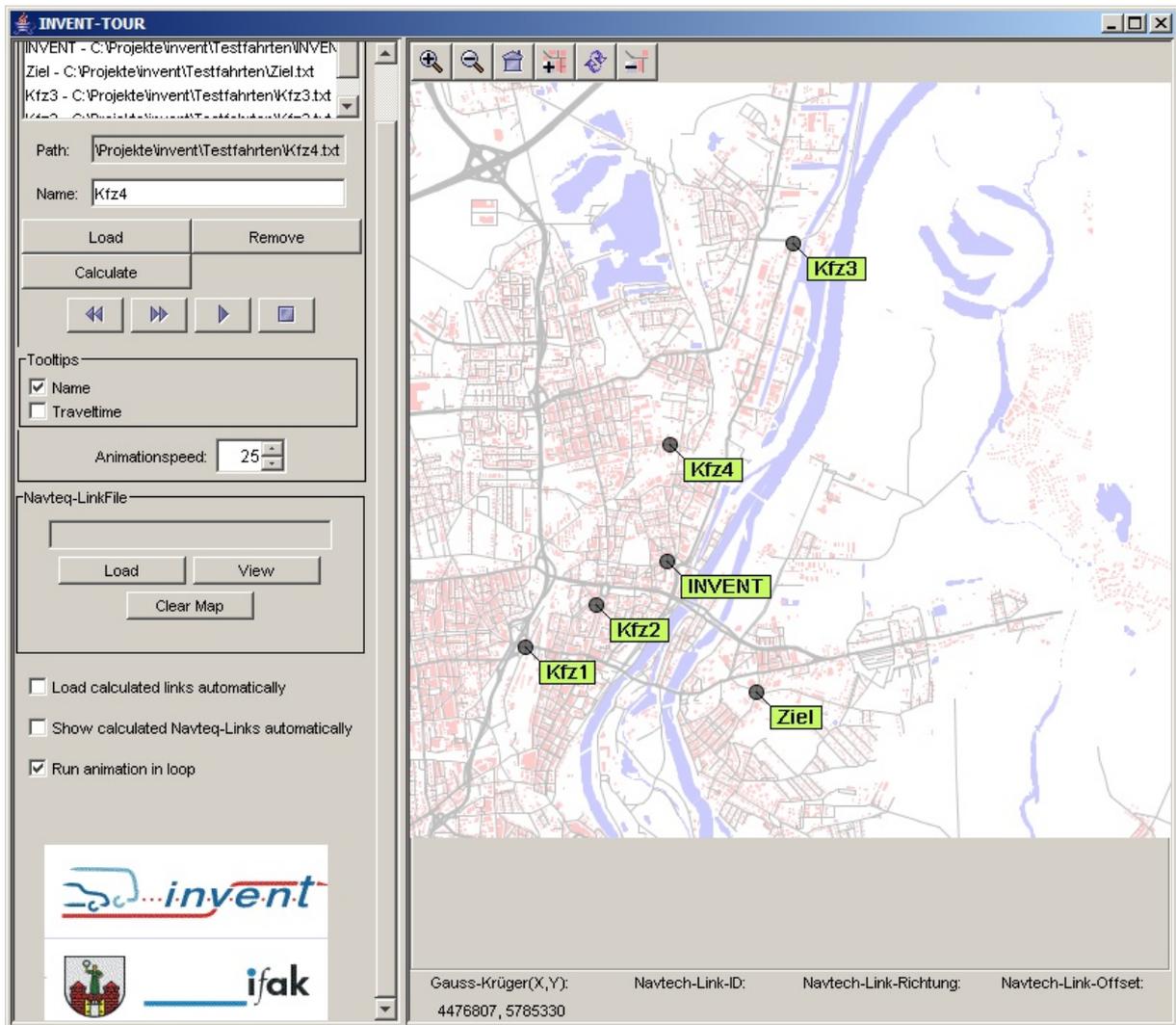


Abbildung 45: Einfahrt der FCD-Messfahrzeuge in das Zielgebiet

Die Abbildung 46 zeigt den Standort der anderen Fahrzeuge zum Zeitpunkt des Eintreffens des „INVENT“-Fahrzeugs am Zielort Bördelandhalle.

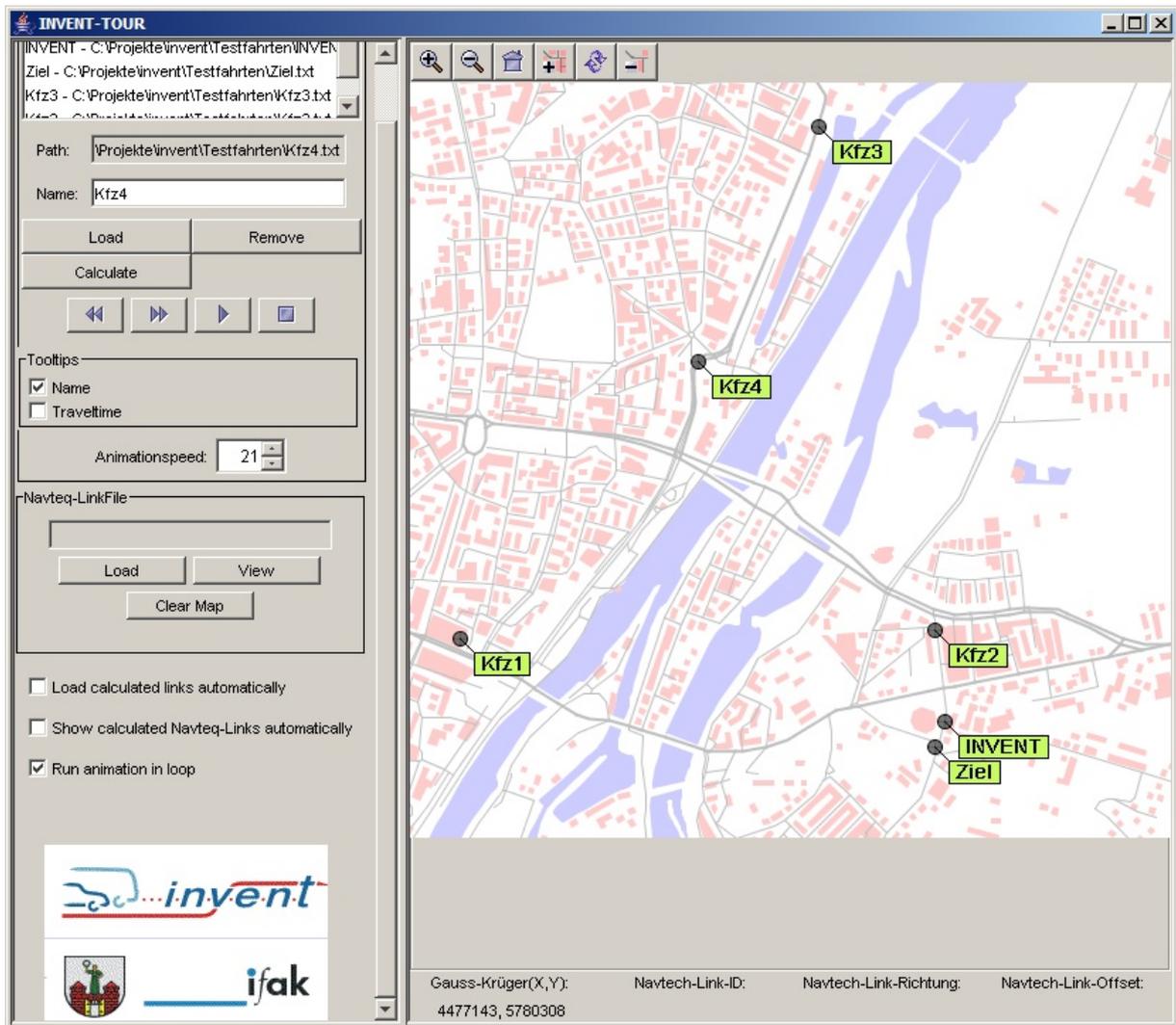


Abbildung 46: Ankunft des „INVENT-Fahrzeugs“ am Zielpunkt

Im Ergebnis der experimentellen Testfeldbefahrungen konnte somit der erste Nachweis über die verkehrliche Leistungsfähigkeit der in INVENT-NIV ausgewiesenen Strategie für der Störfall „Baustelle Universitätsplatz“ erbracht werden. Die erfassten FC-Daten wurden den Testfeldpartnern zur Eigenevaluierung der Modelle und Verfahren im vereinbarten Austauschformat zur Verfügung gestellt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Partner in der Forschungsinitiative INVENT – Teilprojekt NIV haben sich zum Ziel gesetzt, die zur Verfügung stehende Verkehrsinfrastruktur in Zukunft effizienter zu nutzen und so die Leistungsfähigkeit des Straßenverkehrsnetzes zu erhöhen.

Zur Verbesserung der individuellen Information des Autofahrers sowie der strategischen Lenkung der Verkehrsströme wurden dazu neue Zielführungssysteme entwickelt, die auch als dritte Generation von Navigationssystemen bezeichnet werden. Sie basieren auf dem Zusammenspiel zwischen dem Bordnavigationssystem des Fahrzeugs und einem zentralen Informationsdienst, der auch die Verkehrslenkungsstrategien der öffentlichen Hand einbezieht. Durch den Einsatz dieser innovativen Navigationsgeräte, zusammen mit neuartigen Verkehrsleistungsassistenzsystemen, konnten die INVENT-Partner einen gesamtverkehrlichen Nutzen erzielen.

In den zwei Testfeldern in München und Magdeburg wurde die gesamte Infrastruktur für die neu entwickelte Zielführung aufgebaut und in Betrieb genommen. Die abschließend durchgeführten Feldversuche und Evaluierungen zeigten:

- Der Aufbau der technischen Systemarchitektur zur Datenintegration und Datenversorgung der Wissensbasen war erfolgreich. Dabei wurde die bestehende und neue Infrastruktur in den beiden Testfeldern integriert.
- Die weiter entwickelten Verfahren zur Ermittlung der Verkehrslage und -prognose sowie der Umweltlage mit unterschiedlichen räumlichen Bezügen und unterschiedlichen Prognosehorizonten lieferten kontinuierlich gute Ergebnisse. Dies gilt sowohl für den innerstädtischen als auch den Außerorts-Bereich der Testfelder.
- Es wurden geeignete Methoden zur Fusion der unterschiedlichen räumlichen Bezüge und unterschiedlichen Zeithorizonte der Prognoseverfahren entwickelt. Im Ergebnis stand eine Geschwindigkeitsganglinie über die Zeit pro Streckenabschnitt für alle Bereiche der Untersuchungsnetze zur Verfügung.
- Die vorhandenen bzw. im Rahmen der Strategieforen neu entwickelten Verkehrsmanagementstrategien der öffentlichen Hand sowie weitere mittel- und langfristige Änderungen der Verkehrssituation (Baustellen, Sperrungen, Umleitungen)

wurden in einem Strategielayer zusammengefasst und dem dynamischen Routing zur Verfügung gestellt.

- Die Berechnung von Routenempfehlungen in der Zentrale und deren Übermittlung in die Navigationssysteme durch die beiden unterschiedlichen Übertragungsansätze des Wegepunktverfahrens (GSM) und des Teilnetzverfahrens (DAB) waren erfolgreich. Der Einsatz des Wegepunktverfahrens im Fahrzeug steht in den nächsten 2 - 3 Jahren in Aussicht.

Infolge der hohen technischen Innovationsdynamik in der Fahrzeugelektronik und Fahrzeuginformationstechnik werden in Zukunft größere Mengen von Daten im Fahrzeug erfasst, vorgehalten und insbesondere situativ verarbeitet werden können. Das Fahrzeug wird sich von einer reinen Datensinke (Empfänger) weiter zunehmend zu einer Datenquelle (Sender bzw. Aktuator) entwickeln und damit aktiver Partner des Verkehrsmanagements werden. Die zunehmende Vernetzung der Verkehrsinfrastruktur sowie der Aufbau von integrierten zentralseitigen Rechner- und Managementzentralen bietet zudem auch auf der Seite der Infrastrukturbetreiber die Möglichkeit, einen aktiven Part im Rahmen der angestrebten Kooperation einzunehmen.

7 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

7.1 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Das ifak als Institut der angewandten Forschung erwartete als Projektergebnis methodische und verfahrenstechnische Expertise sowie einen wissenschaftlichen Vorlauf, mit dem es sich weiterhin auf dem FuE-Markt behaupten kann. Da die Arbeiten des ifak innerhalb der Forschungsinitiative INVENT – Teilprojekt NIV erfolgreich abgeschlossen wurden, sind die guten Aussichten für die wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit nach wie vor gegeben.

Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit stellt sich bereits mit Beendigung des Vorhabens in Form der Beteiligung des ifak an weiteren Innovations- und Forschungsprojekten auf dem Gebiet der Verkehrstelematik ein. Im viel beachteten Ideenwettbewerb des Bundesforschungsministeriums „Verkehrsmanagement 2010“ konnte sich das ifak als Initiator bzw. Ideengeber und Partner in den drei Projektvorschlägen VAGABUND, Dmotion und MOSAIQUE unter 114 Mitbewerbern behaupten. Diese langfristigen Vorhaben sind die Basis für einen weiteren personellen Ausbau des Forschungsbereichs Verkehrstelematik im ifak.

Die im Vorhaben entwickelten Lösungen sollen nunmehr auch die Grundlage für weitere Forschungsprojekte bilden, bei denen u. a. die verteilte Datenerfassung und Datenverarbeitung, das Informationsmanagement und der Aufbau eines kooperativen Verkehrsmanagementnetzwerks auf Gegenseitigkeit im Mittelpunkt stehen.

Nicht zuletzt durch das vom ifak betriebene und im Rahmen von INVENT signifikant erweiterte Funknetzwerk im Straßenraum sowie weiterer erschlossener und gepflegter Datenquellen wurde und wird die Stadt Magdeburg für Dritte (Industrie und Forschungseinrichtungen) als Test- und Demonstrationsfeld für Innovationsprojekte interessant.

7.2 Bekannt gewordener Fortschritt bei anderen Stellen

Der FGSV-Arbeitskreis 3.16.11 "Datenvervollständigung und Datenaufbereitung" hat unter Leitung von Herrn Dr. Hoyer ein Hinweispapier zur Datenvervollständigung und

Datenaufbereitung in verkehrstechnischen Anwendungen erarbeitet. Das Dokument ist unter dem Titel „Hinweise zur Datenvervollständigung und Datenaufbereitung in verkehrstechnischen Anwendungen“ im FGSV-Verlag Köln im Jahr 2003 erschienen (FGSV 382, ISBN 3-937356-05-3).

Der FGSV-Arbeitskreis 3.16.11 hat sich nach dem Erscheinen des von ihm erstellten Hinweisepapiers aufgelöst. In der Nachfolge wurde der FGSV-Arbeitskreis 3.17.4 "Verkehrsprognose in verkehrstechnischen Anwendungen" gegründet. Dieser Arbeitskreis wird ebenfalls von Herrn Dr. Hoyer geleitet.

Weitere Fortschritte bei anderen Stellen mit unmittelbarem Bezug zum Vorhaben sind nicht bekannt.

7.3 Erfolgte Veröffentlichungen

7.3.1 Fachvorträge, Kongresse

Hoyer, R.: *Verkehrstelematik in kleinen Schritten – erfolgreiche Umsetzung in einer mittleren Großstadt*. Tagung "Telematiksysteme und Anwendungen", 4.12.2002, Tagungsband, Hrsg. Gesamtzentrum für Verkehr Braunschweig, 2002.

Hoyer, R.: *Approach to road safety related in-vehicle route guidance*. 10th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems 2003, Tokyo, Japan, August 4-6, 2003, Preprints pp. 133 – 138.

Hoyer, R.: *Verkehrssicherheit als Bestandteil einer dynamischen Navigation in Straßennetzen*. 19. Verkehrswissenschaftliche Tage, Dresden, 22.9.-23.9.2003, Tagungsband.

Hoyer, R.; Herrmann, A.: *ITS in small innovative steps – successful deployment in a medium-sized city*. 10th World Congress on Intelligent Transport Systems - Madrid, Nov 16-20, 2003, Proceedings.

Kirschfink, H.; Fischer, P.; Schütte, Ch.; Hoyer, R.: *Management of traffic control strategies and measures – Results of a feasibility study*. Proc. 10th World Congress on Intelligent Transport Systems - Madrid, Nov 16-20, 2003, Proceedings.

Benz, T.; Hoyer, R.; Kates, R.; Mathias, P.; Mück, J.; Rehborn, H.; Schell, B.: *Information supply for intelligent routing services – The INVENT traffic network equalizer approach*. 10th World Congress on Intelligent Transport Systems - Madrid, Nov 16-20, 2003, Proceedings.

Hoyer, R.: *Verkehrsmodelle in einer Datenfusionshierarchie für verkehrstechnische Anwendungen*. In: Hohmann, R.: (Editor): Fortschritte in der Simulationstechnik. 17. Symposium ASIM 2003, Society for Modeling and Simulation International SCS-European Publishing House, Delft, Erlangen, San Diego, 2003, S. 215 – 220, ISBN 3-936150-27-3.

Hoyer, R.: *Ergebnisse im INVENT-Testfeld Magdeburg*. Vortrag vor dem Arbeitskreis Verkehrsmanagement des Deutschen Städtetages am 07.04.2005, Magdeburg

Jumar, U.; Hoyer, R.; Herrmann, A.: *Verkehrstelematik aus Sachsen-Anhalt – Wege zum Erfolg*. Verkehrstelematik Kongress „Sachsen-Anhalt auf dem Weg in die Zukunft“, 16.06.2005, Tagungsband S. 14 - 20, Magdeburg, 2005.

Herrmann, A.; Jumar, U.; Hoyer, R.: *Verkehrstelematik aus Sachsen-Anhalt – Wege zum Erfolg*. Gemeinsame Vortragsreihe des Instituts für Maschinenmesstechnik und Kolbenmaschinen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und des VDI-Arbeitskreises „Fahrzeug- und Verkehrstechnik“, 08.12.2005, Magdeburg.

7.3.2 Fachzeitschriften

Hoyer, R.: *Potenziale einer dynamischen Navigation unter Berücksichtigung der Verkehrssicherheitslage in Straßennetzen*. Straßenverkehrstechnik 48 (2004), Nr. 6, S. 289-295, Kirschbaum Verlag, Bonn.

Hoyer, R.: *Eine Datenfusionshierarchie für verkehrstechnische Anwendungen*. Straßenverkehrstechnik 48 (2004) Nr. 3, S. 106-112, Kirschbaum Verlag, Bonn.

Hoyer, R.: *Dynamisches Verkehrsmanagement unter Berücksichtigung zukünftiger Navigationsdienste am Beispiel einer mittleren Großstadt*. Internationales Verkehrswesen 56 (2004) Nr. 10, S. 435-439, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg.

7.3.3 Monografien

FGSV AK 3.16.11: *Hinweise zur Datenvervollständigung und Datenaufbereitung in verkehrstechnischen Anwendungen*. FGSV 382. FGSV Verlag, Köln, 2003. (ISBN 3-937356-05-3).

7.3.4 Ausstellungen, Workshops und Messen

Hoyer, R.: *Magdeburg als Testfeld für die Automobilindustrie*. Workshop "1 Jahr INVENT-Testfeld Magdeburg". 6. November 2002, ifak Magdeburg, Tagungsband.

Hoyer, R.: *Die Rolle von Digital Radio im INVENT-Testfeld Magdeburg*. 4. Workshop "Verkehrslenkung mittels Digital Radio". 13.11.2003, Magdeburg.

Hoyer, R.: *Forschungsarbeiten zur Verkehrstelematik im INVENT-Testfeld Magdeburg*. Vortrag vor dem Arbeitsausschuss 3.16 der FGSV am 24. Februar 2005, Magdeburg.

Hoyer, R.: *Aktivitäten im INVENT-Testfeld Magdeburg*. Vortrag vor dem Arbeitsausschuss 3.17 der FGSV, 15. März 2005, Magdeburg.

8 Quellenangaben

Für die Erstellung des Schlussberichtes des ifak wurden vor allem die Ergebnisse und Zuarbeiten des Zuwendungsempfängers für die verschiedenen nachfolgend aufgeführten gemeinsamen Meilensteinberichte des Teilprojekts NIV

1. Meilensteinbericht: *Anforderungen von Informationsplattform und Routing Service*
2. Meilensteinbericht: *Systemarchitektur und Lastenhefte*
3. Meilensteinbericht: *Strategie- und Umsetzungskonzepten den Testfeldern*
4. Meilensteinbericht: *NIV-Wissensbasis*
5. Meilensteinbericht: *Systemintegration Testfeld und Betrieb Routing Service*
6. Meilensteinbericht: *Bewertung*

sowie die in Abschnitt 7.3 aufgeführten eigenen Veröffentlichungen verwendet.

A.1 Datenblätter Technisch-Funktionale Bewertung

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – LH Magdeburg – Tiefbauamt LSA
<p><i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg</p>
<p><i>Funktion:</i> Übertragung der Detektordaten der Lichtsignalanlagen aus der Abteilung Verkehrsleiteneinrichtungen des Tiefbauamtes der Stadt Magdeburg</p>
<p><i>Funktionsweise:</i> Die mit den Verkehrsrechnern des Tiefbauamtes erfassten Detektordaten der Lichtsignalanlagen des Stadtgebietes von Magdeburg werden unter Nutzung des Intranets der Stadt und des Internets in die Testfelddatenbank übertragen. Die Datenübertragung wird kontinuierlich vorgenommen. In der Abteilung Verkehrsleiteneinrichtungen wurde dazu ein PC-Router installiert, der eine HTTP (POST)-Verbindung mit einem Webserver der Testfeld-Wissensbasis im ifak aufnimmt und ein Datentelegramm mit den aggregierten Zählwerten der LSA-Detektoren sendet. Das Datentelegramm wird in der Wissensbasis des Testfelds für aktuelle Daten in einer Datenbank gespeichert. Nach erfolgter Übertragung wird die HTTP-Verbindung unterbrochen.</p>
<p><i>Inputdaten zur Testfelddatenbank:</i> Verkehrsstärke, Aggregationsintervall: 15 min, Sendezyklus: 15 min, Anzahl der LSA-Detektoren: 614, Größe des Datentelegramms: ca. 25 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 1-2 s einschließlich Verbindungsaufbau</p>
<p><i>Outputdaten aus Testfelddatenbank:</i> n/a</p>
<p><i>Software: Technische Voraussetzung:</i> http-Clientprogramm, Einrichtung eines Internetzuganges für den PC-Router in der TBA-Verkehrsrechnerzentrale, Konfigurierung der Firewall im städtischen Rechnernetzwerk</p>
<p><i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Einbindung des PC-Router in Intranet der LANDESHAUPTSTADT Magdeburg, Internetzugang in der Rechnerzentrale über zusätzliche Netzwerkkarte; Webserver und Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis;</p>
<p><i>Güteindikator(en):</i> Auswertung des Übertragungsprotokolls der Softwarekomponente: Für jedes Datentelegramm wird die Anzahl der gelesenen und importierten Detektoren erfasst und auf Plausibilität, Dauerbetrieb und Datenausfälle geprüft. Datenausfälle sowie Betriebsausfälle werden mit dem beim IFAK installierten Warnsystem erfasst und ausgewertet.</p>
<p><i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erreichbarkeit der Testfeld-Wissensbasis von der Abteilung Verkehrsleiteneinrichtungen des Tiefbauamtes ist durch die zur Datenübertragung geschaffene http-Verbindung fortlaufend gegeben und hat sich im Dauerbetrieb als zuverlässig erwiesen. Der Zeitpunkt des Verbindungsaufbaus sowie Dauer und Ergebnis der Datenübertragung werden im Webserver der Testfeld-Wissensbasis in einer Log-Datei protokolliert. Damit ist die Bewertung der Güte der Datenübertragung und der Systemstabilität jederzeit gegeben.</p>
<p><i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Detektorwerte weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Rohdaten gegeben. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt RDT2 der folgenden Anlage dargestellt.</p>

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – LH Magdeburg – Tiefbauamt Parkhausdaten
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Übermittlung von Parkhausdaten aus der Verkehrsrechnerzentrale des Tiefbauamtes der Stadt Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Die mit dem Parkleitreechner der Abteilung Verkehrsleiteneinrichtungen des Tiefbauamtes erfassten Parkhausdaten des Parkleitsystems der Stadt Magdeburg werden unter Nutzung des Intranets der Stadt und des Internets in das Testfeld übertragen. Die Datenübertragung wird mit einer Taktung von 5 Minuten fortlaufend vorgenommen. In der Verkehrsrechnerzentrale wurde dazu ein PC-Router installiert, der eine HTTP (POST)-Verbindung mit einem Webserver im Testfeld aufnimmt und das Datentelegramm mit den aktuellen Belegungsdaten der Parkeinrichtungen sendet. Das Datentelegramm wird im Testfeld in der Wissensbasis für aktuelle Daten in einer Datenbank gespeichert. Nach erfolgter Übertragung wird die HTTP-Verbindung unterbrochen.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Belegungswerte der 18 am Parkleitsystem angeschlossenen Parkhäuser, Parkplätze und Tiefgaragen: Anzahl der freien Plätze, Anzahl der belegten Plätze, Gesamtkapazität, Aktualisierungszyklus: 5 min, Größe des Datentelegramms: ca. 1 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 1- 2 s einschließlich Verbindungsaufbau
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> n/a
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> http-Clientprogramm, Einrichtung eines Internetzuganges für den PC-Router in der TBA-Verkehrsrechnerzentrale, Konfigurierung der Firewall im städtischen Rechnernetzwerk
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Einbindung des PC-Router in Intranet der LANDESHAUPTSTADT Magdeburg, Internetzugang in der Rechnerzentrale über zusätzliche Netzwerkkarte; Webserver und Datenbankserver in der Wissensbasis des Testfelds
<i>Güteindikator(en):</i> Der Eingang jedes Datentelegramms wird geprüft und in einer Logdatei gespeichert. Mit dieser Logdatei kann die Funktion des Dauerbetriebs sowie Datenausfälle überprüft werden. Datenausfälle sowie Betriebsausfälle können mit dem beim IFAK installierten Warnsystem erfasst und ausgewertet werden.
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erreichbarkeit der Testfeld-Wissensbasis von der Abteilung Verkehrsleiteneinrichtungen des Tiefbauamtes ist durch die zur Datenübertragung geschaffene http-Verbindung fortlaufend gegeben und hat sich im Dauerbetrieb als zuverlässig erwiesen. Der Zeitpunkt des Verbindungsaufbaus sowie Dauer und Ergebnis der Datenübertragung werden im Webserver der Testfeld-Wissensbasis in einer Log-Datei protokolliert. Damit ist die Bewertung der Güte der Datenübertragung und der Systemstabilität jederzeit gegeben.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Parkhausdaten weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Daten gegeben. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt RDP der folgenden Anlage dargestellt.

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Landeshauptstadt Magdeburg – Tiefbauamt Baustellendaten
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Erfassung der Lage, des Zeitraumes und der verkehrlichen Auswirkungen von Baustelleninformationen durch das Tiefbauamt der Stadt Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Im Tiefbauamt erfolgt, eingebettet in den verwaltungstechnischen Ablauf der Meldung von Baustellen an weitere Behörden und Presse, die Erfassung aller Baustellendaten innerhalb des Stadtgebietes von Magdeburg und Speicherung der Daten in der Wissensbasis des Testfeldes. Unter Nutzung einer hierfür bereitgestellten Java-Client Applikation mit integrierter digitaler Karte werden die Daten zum Zeitraum, zur Ursache, zu Umleitungsempfehlungen und zur geografischen Lage von Baustellen einschließlich des Maßes für die zu erwartende verkehrliche Beeinträchtigung eingegeben. Die Erfassung der Daten erfolgt zeitgleich zum Tagungsrhythmus der für die Planung und Freigabe der Baustellen verantwortlichen Gremien, wie z.B. der Sperrkommission oder der Unteren Straßenverkehrsbehörde. Die Übertragung der Daten in die Wissensbasis des Testfeldes erfolgt unter Nutzung des Internets.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Art der Baustellen, Richtung der Wirksamkeit, Ort, Koordinaten, NavTech Link des betroffenen Straßenabschnitts, Umleitungsempfehlung, Zeitraum der Wirksamkeit, Prozentuale Restkapazität, Aktualisierung erfolgt tagesaktuell nach Bedarf ca. 1-2 mal wöchentlich, Größe des Datentelegramms: ca. 1 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 1- 2 s einschließlich Verbindungsaufbau
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> Direkter Abruf von movi.de, Nutzung durch Routingverfahren, Strategielayer
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> Internetzugang auf PC im Tiefbauamt erforderlich, Laufzeitmodul wird einmalig als webbasierte Applikation auf PC im Tiefbauamt installiert, Datenbankserver im Testfeld
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Nutzung der vorhandenen Rechentechnik im Tiefbauamt möglich; Webserver und Datenbankserver in der Wissensbasis des Testfeldes
<i>Güteindikator(en):</i> Vollständigkeit und Aktualität der Baustelleninformationen, Bewertung der verkehrlichen Beeinträchtigungen
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erreichbarkeit der Testfeld-Wissensbasis vom Tiefbauamt aus ist durch die Nutzung der Internetverbindung fortlaufend gegeben und hat sich im Dauerbetrieb als zuverlässig erwiesen.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Baustellendaten weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Daten gegeben.

Applikation Strategiesteuerung Testfeld - Magdeburg – Landeshauptstadt Magdeburg – Tiefbauamt TASS-Steuerung
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Steuerung der Koordinierungsstrategie von Lichtsignalanlagen seitens der Testfeld-Wissensbasis durch Auswahl von Parametern der TASS-Steuerung der Abteilung Verkehrsleiteneinrichtungen des Tiefbauamtes der Stadt Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Die in der Verkehrsrechnerzentrale des Tiefbauamtes betriebene TASS-Steuerung dient der Koordinierung der Lichtsignalanlagen entlang von Streckenabschnitten des Straßennetzes anhand von richtungsbezogenen Messungen der Verkehrsstärke mit Hilfe der an den LSA vorhandenen Detektoren. Die Wahl der Koordinierungsrichtung, der Signalprogramme bzw. der Rahmensignalpläne erfolgt autark innerhalb der TASS-Steuerung. Von der Testfeld-Wissensbasis aus kann die TASS-Steuerung entlang des vereinbarten Streckenabschnittes des Vorzugsnetzes A14-B1-Albert-Vater-Str. für die stadteinwärtige Richtung aktiviert werden. Dadurch wird die Verkehrskapazität in diese Richtung zur verbesserten Führung des Umleitungsverkehres von der A2 im Störfall erhöht. Die Steuerinformation zur Aktivierung der TASS-Steuerung für den angegebenen Streckenabschnitt wird in der Wissensbasis des Testfelds bereitgestellt. Der Zugriff auf diese Information erfolgt über das Internet durch den Aufbau einer HTTP-Verbindung von einem in der Verkehrsrechnerzentrale des Tiefbauamtes installierten Rechner aus. Eine zeitzyklische Abfrage durch eine Client-Anwendung von diesem Rechner ermittelt minütlich den Zustand der Steuerinformation in der Wissensbasis des Testfelds und aktiviert oder deaktiviert dementsprechend die TASS-Steuerung.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Für die Entscheidung zur Aktivierung der Steuerinformation werden die von der Unterzentrale Börde gelieferten Daten über Stau- oder Störfälle der Streckenbeeinflussungsanlage auf der BAB A2 herangezogen.
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> Steuerinformation zur Aktivierung/Deaktivierung der TASS-Steuerung der Koordinierungsstrecke A14-B1-Albert-Vater-Str.
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> HTTP-Clientprogramm für Rechner im TBA mit Kopplung zur TASS-Steuerung, Einrichtung eines Internetzuganges für den PC-Router in der TBA-Verkehrsrechnerzentrale, Konfiguration der Firewall im städtischen Rechnernetzwerk
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Nutzung des im Tiefbauamt installierten PC-Router im Intranet der Landeshauptstadt Magdeburg; Webserver und Datenbankserver in der Wissensbasis des Testfelds
<i>Güteindikator(en):</i> n/a
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> n/a
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> n/a

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Landeshauptstadt Magdeburg – Strategiedetektoren Funknetzwerk
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Erfassung und Übermittlung von Verkehrsdaten verteilter Strategiedetektoren über ein Funknetzwerk
<i>Funktionsweise:</i> Mit Hilfe eines vom ifak entwickelten und betriebenen anmelde- und gebührenfreien Funknetzwerkes sind weite Teile des Magdeburger Straßennetzes funktechnisch erschlossen. Das im Rahmen des Verkehrsinformationsportals www.movi.de aufgebaute Funkkamera-system wird auch zur Übertragung von Verkehrsdaten der an ausgewählten Standorten installierten Strategiedetektoren genutzt. Im Unterschied zu den LSA-Detektoren ist es somit möglich, den Verkehrszustand zwischen Knotenpunkten und unabhängig vom Vorhandensein von Energie oder Datenübertragungsleitungen zu erfassen. Die Strategiedetektoren bestehen aus PIR-Sensoren, die an 6 Querschnitten auf dem Magdeburger Ring sowie an 12 weiteren Querschnitten im Straßennetz zur spurtreuen Verkehrsdatenerfassung eingesetzt werden. Die Verkehrsdaten werden minütlich für 2 Fz-Klassen nach TLS erfasst und beinhalten die Anzahl der Fahrzeuge, die Geschwindigkeit und bei Bedarf die Belegungswerte. Die Werte werden in jeder Detektorstation bis zur Übertragung zwischengespeichert. In der Zentrale steuert ein Masterrechner die Funkdatenübertragung von den Stationen. Dabei werden die Datenpakete von den verteilten Detektorstationen nach einem vom Regime der Funkübertragung abhängigen Zyklus abgerufen.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Aggregationsintervall: 1 min, Zwischenspeicherung in Detektorstation, Sendezyklus: variabel 2-5 min, Größe des Datentelegramms: ca. 2-3 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 1-2 s
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> n/a
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> Proprietäres Datenübertragungsprotokoll im Funknetzwerk, zyklische Abfrage der Stationen
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Verteilte Detektorstationen mit Stromversorgung, Masterrechner am Standort der Testfeld-Wissensbasis; Datenbankserver in der Wissensbasis des Testfelds
<i>Güteindikator(en):</i> Für jedes Datentelegramm wird die Anzahl der aus den Stationen übertragenen und in die Wissensbasis importierten Daten erfasst und auf Plausibilität geprüft. Mit diesem Protokoll kann der Dauerbetrieb sowie Datenausfälle überprüft werden. Datenausfälle sowie Betriebsausfälle werden mit dem im ifak installierten Warnsystem erfasst und ausgewertet.
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erfassung und Funkübertragung der Strategiedetektoren im Testfeld hat sich im Dauerbetrieb als zuverlässig erwiesen. Damit ist die Bewertung der Güte der Datenübertragung und der Systemstabilität jederzeit gegeben.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Detektorwerte weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Rohdaten gegeben. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt RDT1 der folgenden Anlage dargestellt.

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Luftüberwachungssystem Sachsen-Anhalt - LÜSA
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Datenimport aus dem Luftüberwachungssystem Sachsen-Anhalt (LÜSA) in die Testfeldwissensbasis Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Das Luftüberwachungssystem Sachsen-Anhalt (LÜSA) ist ein Mess- und Informationssystem zur kontinuierlichen Erfassung von Luftverunreinigungen im Land Sachsen-Anhalt, das im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (MLU) vom Landesamt für Umweltschutz (LAU) betrieben wird. Die in Mehrkomponenten-Messstationen im Magdeburger Stadtgebiet erfassten Daten werden vom LAU im Internet tagesaktuell zur Verfügung gestellt. Die Übertragung in die Testfeldwissensbasis erfolgt durch einen automatischen Download direkt von der Webseite des LÜSA-Systems. Der Download wird stündlich zur 30. Minute kontinuierlich vorgenommen und in tabellarischer Form in der Testfelddatenbank abgespeichert.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Ozon, Stickstoffdioxid, Partikel PM10, Schwebstaub, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Benzol, Stickstoffmonoxid, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung als Ein-Stunden-Mittelwerte und Tagesmittelwerte, Größe des Datentelegramms: ca. 50 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 15 s
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> Zeitreihen von ausgewählten Messwerten, Zuordnung der Umweltdaten zu zugehörigen Straßensegmenten
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> PHP-Script zur Abfrage der Messwerte über Internet und Abspeicherung in Datenbank
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Datenbankserver in der Wissensbasis des Testfelds
<i>Güteindikator(en):</i> Auswertung eines Protokolls der Softwarekomponente: Für jeden Importvorgang wird die Anzahl der gelesenen und importierten Werte erfasst und gespeichert. Datenausfälle sowie Betriebsausfälle können mit dem beim IFAK installierten Warnsystem erfasst und ausgewertet werden.
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität wird durch die kontinuierliche Überwachung der Testfelddatenbank gewährleistet.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Messwerte des Luftüberwachungssystems weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Rohdaten gegeben. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt RDE1 der folgenden Anlage dargestellt.

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Unterzentrale Börde
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Datenimport aus der Unterzentrale Börde der Autobahndirektion Halle in die Testfelddatenbank Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Die in der Unterzentrale Börde erfassten Daten der Streckenbeeinflussungsanlage der A2 im Bereich von Sachsen-Anhalt werden über eine ISDN-Wählverbindung aus der Unterzentrale in das Testfeld übertragen. Die Datenübertragung wird mit einer Taktung von 5 Minuten fortlaufend vorgenommen. Der ISDN Router im Testfeld nimmt dazu die Verbindung mit der Unterzentrale auf und fordert das Datentelegramm an. Das Datentelegramm wird von der Gegenstelle gesendet und in der Testfelddatenbank gespeichert. Nach erfolgter Übertragung wird die ISDN-Verbindung unterbrochen.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Fahrzeugklassen (2) nach TLS, Belegungswert, Aggregationsintervall: 1 min, Importzyklus: 5 min, Größe des Datentelegramms: ca. 50 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 15 s einschließlich Verbindungsauf- und -abbau
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> wie Inputdaten für die Verfahren zur Bildung von Verkehrslage und –prognose und als Entscheidungskriterium für die Aktivierung der TASS-Steuerung
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> Serielle Schnittstelle, Erweiterung der Systemsoftware der Unterzentrale (QSG)
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> LINUX basierte ISDN-Router in der Testfeld-Wissensbasis sowie in der Unterzentrale Börde; Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Die Auswertung der Log-Datei des ISDN-Routers erfolgt, indem für jeden Importvorgang wird die Anzahl der gelesenen und importierten Detektor erfasst und auf Plausibilität geprüft. Mit dieser Prüfung kann der Dauerbetrieb sowie einzelne Datenausfälle überprüft und Betriebsausfälle mit dem beim IFAK installierten Warnsystem erfasst und ausgewertet werden.
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erreichbarkeit der Unterzentrale ist durch die zur Datenübertragung geschaffene Punkt-zu-Punkt-Verbindung fortlaufend gegeben und hat sich im Dauerbetrieb als zuverlässig erwiesen. Der Zeitpunkt des Verbindungsaufbau sowie Dauer und Ergebnis der Datenübertragung werden im ISDN Router in einer Log-Datei protokolliert. Damit ist die Bewertung der Güte der Datenübertragung und der Systemstabilität jederzeit gegeben.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Detektorwerte weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Rohdaten gegeben. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt RDT3 der folgenden Anlage dargestellt.

Applikation Datenexport Testfeld - Magdeburg – Verkehrsdaten (Rohdaten)
<p><i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg</p>
<p><i>Funktion:</i> Übertragung der Verkehrsdaten in Form der von den Detektoren / Strategiedetektoren erfassten Rohdaten aus dem Testfeld Magdeburg zu den Testfeldpartnern SIEMENS, PTV und DaimlerChrysler</p>
<p><i>Funktionsweise:</i> Sämtliche in der Testfeld-Wissensbasis gespeicherten Verkehrslagedaten des Stadtgebietes von Magdeburg stehen für den Zugriff durch Testfeldpartner zur Verfügung. Der Zugriff erfolgt durch die Absendung einer Anforderung durch den externen Partner unter Nutzung des bereitgestellten XML-Webservice. Die Anforderung enthält eine Identifikationsbezeichnung der betreffenden Detektoren und die Angabe des Zeitintervalls, für den Daten angefordert werden sollen. Nach Abfrage der Testfelddatenbank und Bereitstellung der benötigten Daten werden diese wahlweise in komprimierter Form an die anfordernde Gegenstelle zurückgesendet.</p>
<p><i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Anforderung durch Partner in Form eines XML-Webservice-Requests durch Angabe von Startzeit und Endzeitpunkt, Detektor-ID</p>
<p><i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> Verkehrsstärke (QKfz), (bei Strategiedetektoren auch Geschwindigkeit: VKfz) Aggregationintervall: 15 min, möglicher Abfragezyklus: 2 min, Größe des komprimierten Datentelegramms: entsprechend der Anzahl der gewählten Detektoren, Dauer der Datenübertragung ca. 1-2 s einschließlich Verbindungsaufbau</p>
<p><i>Software: Technische Voraussetzung:</i> XML-Webservice für Datenexport über Router und Firewall</p>
<p><i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Internetverbindung, Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis;</p>
<p><i>Güteindikator(en):</i> Aktualität und Vollständigkeit der Exportdaten, Geographische Referenzierung der verkehrlichen Merkmale auf Basis der Navteq-Link-Identifikatoren mit Angabe der Wirkrichtung in Bezug auf die in der Kartengrundlage vorhandene Kantenrichtung.</p>
<p><i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität ist bei Datenbankbetrieb und während des Exportvorganges gewährleistet. Die kontinuierliche Bereitstellung der Verkehrslagedaten und die anhaltende Gewährleistung des Zugriffs auf die XML-Schnittstelle ist ein weiteres Merkmal der Systemstabilität.</p>
<p><i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Detektorwerte weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist Voraussetzung eine quantitativ und qualitativ hochwertige Auswertung, Aggregation und Weiterverarbeitung der erfassten Rohdaten gegeben. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt ER der folgenden Anlage dargestellt.</p>

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Prognoseganglinien
<i>Partner:</i> Siemens
<i>Funktion:</i> Datenimport von Reisezeitprognoseganglinien des Verfahrens NeuroMonet der SIEMENS AG in die Testfelddatenbank Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Die beim Partner SIEMENS AG mit dem Verfahren NeuroMonet gewonnenen Prognoseganglinien für die Straßenabschnitte des Stadtgebietes von Magdeburg werden unter Nutzung der Rohdaten aus der Wissensbasis zurück in die Testfelddatenbank übertragen. Das Verfahren nutzt die vom Testfeld bereitgestellten Messdaten der TBA-Detektoren und Strategiedetektoren und errechnet daraus die Verkehrsprognose für einen Prognosehorizont von 15 min. Mittels eines XML-Webservice werden die Daten gefiltert und in der Datenbank des Testfeldes abgespeichert. Die Datenübertragung wird mit einer Taktung von 15 Minuten fortlaufend vorgenommen. Die mit Neuromonet verbundene Client-Anwendung beim Partner SIEMENS steuert den Datentransfer in das Testfeld nimmt die Verbindung mit dem Datenbankserver auf. Das Datentelegramm wird gesendet und im Testfeld durch eine im Server hinterlegte Prozedur empfangen und gespeichert.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Reisezeitprognoseganglinien, Reisezeit in Sekunden für den betreffenden Streckenabschnitt (Navteq-Link), Importzyklus: 15 min, Größe des komprimierten Datentelegramms: ca. 50 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 3 s
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> n/a
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> XML-Webservice für Datenimport über Router und Firewall
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Internetverbindung; Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Vollständigkeit der Inputdaten, Geographische Verteilung der Inputdaten über das Straßennetz, Aktualität und Plausibilität der Reisezeitprognosedaten
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität ist während des Importvorganges gewährleistet.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Partielle Verfügbarkeit von Inputdaten in Bezug auf räumliche Verteilung des Straßennetzes aufgrund der punktwweisen Zuordnung von Straßensegmenten verschiedenener digitaler Kartengrundlagen der verwendeten Netze (Visumnetz zur Propagierung bzw. Navteq-Netz zur Referenz). Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt EF der folgenden Anlage dargestellt.

Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Prognoseganglinien
<i>Partner:</i> PTV AG
<i>Funktion:</i> Datenimport von Reisezeitprognoseganglinien des VISUM-Propagierungsverfahrens der PTV AG in die Testfelddatenbank Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Die beim Partner PTV mit dem Verfahren VISUM-Propagierung gewonnenen Prognoseganglinien für die Straßenabschnitte des Stadtgebietes von Magdeburg werden unter Nutzung des Internet in das Testfeld übertragen. Das Verfahren nutzt die vom Testfeld bereitgestellten Verkehrsdaten und errechnet daraus die Verkehrsprognose für einen Prognosehorizont von 15 min. Mittels eines XML-Webservice werden die Daten empfangen und in der Datenbank des Testfeldes abgespeichert. Die Datenübertragung wird mit einer Taktung von 15 Minuten fortlaufend vorgenommen. Die mit VISUM-Propagierung verbundene Client-Anwendung beim Partner PTV steuert den Datentransfer in das Testfeld nimmt die Verbindung mit dem Datenbankserver auf. Das Datentelegramm wird gesendet und im Testfeld durch eine im Server hinterlegte Prozedur empfangen und gespeichert.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Reisezeitprognoseganglinien, Reisezeit in Sekunden für den betreffenden Streckenabschnitt (Navteq-Link), 3 x 5 Minutenwerte, Importzyklus: 15 min, Größe des unkomprimierten Datentelegramms: ca. 3,5 MB, Dauer der Datenübertragung ca. 50 s
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> n/a
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> XML-Webservice für Datenimport über Router und Firewall
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Internetverbindung; Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Zeitliche und räumliche Vollständigkeit der Inputdaten, Geographische Verteilung der Inputdaten über das Straßennetz, Aktualität und Plausibilität der Reisezeitprognosedaten
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität ist während des Importvorganges gewährleistet.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Partielle Verfügbarkeit von Inputdaten in Bezug auf räumliche Verteilung des Straßennetzes aufgrund der punktwisen Zuordnung von Straßensegmenten verschiedenener digitaler Kartengrundlagen der verwendeten Netze (Visumnetz zur Propagierung bzw. Navteq-Netz zur Referenz). Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt I2 der folgenden Anlage dargestellt.

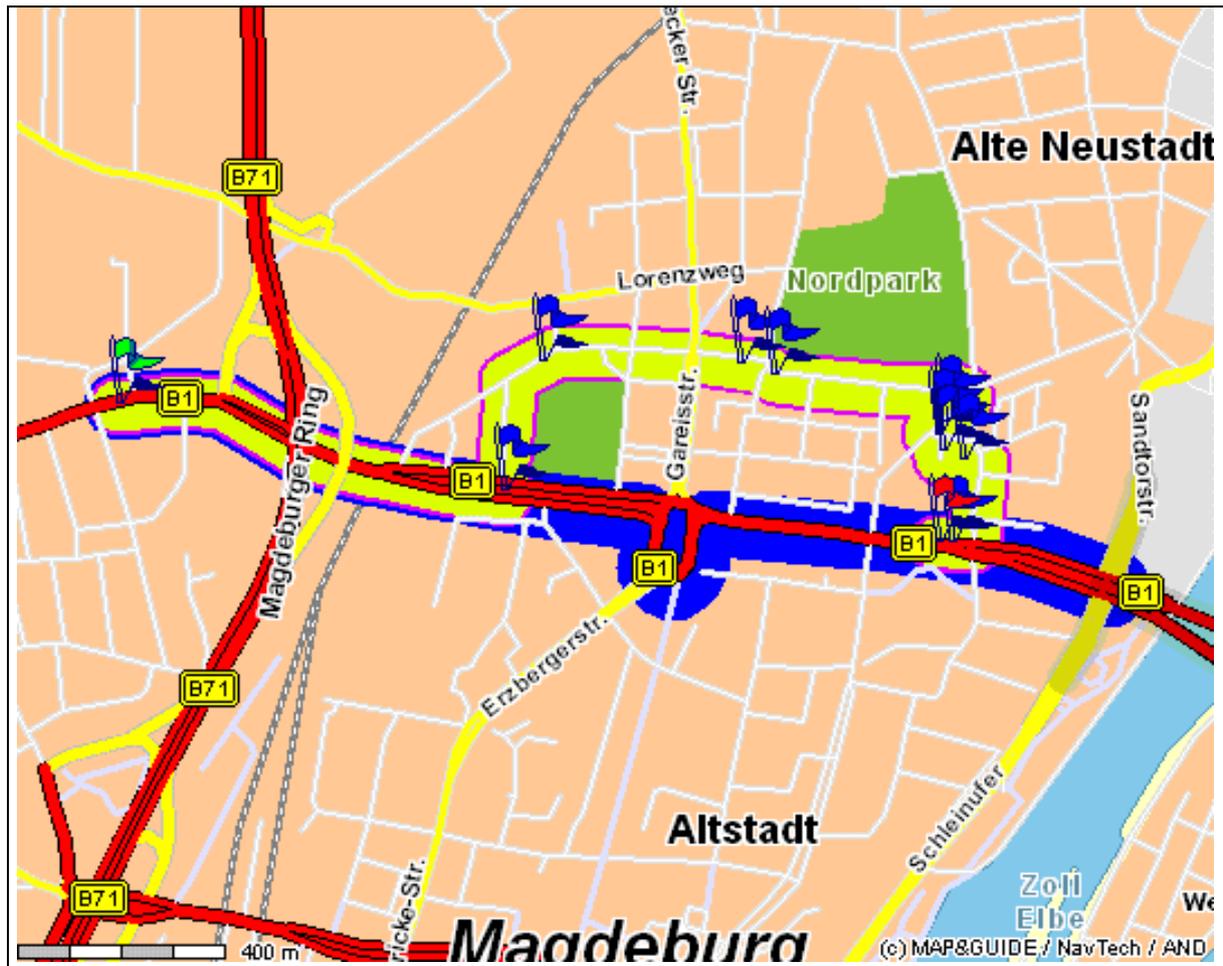
Applikation Datenimport Testfeld - Magdeburg – Landeshauptstadt Magdeburg – Tiefbauamt LSA
<i>Partner:</i> DaimlerChrysler
<i>Funktion:</i> Datenimport von Reisezeitprognoseganglinien des Verfahrens ASDA-FOTO der DaimlerChrysler AG in die Testfelddatenbank Magdeburg
<i>Funktionsweise:</i> Die beim Partner DaimlerChrysler mit dem Verfahren ASDA-FOTO gewonnenen Prognoseganglinien für Reisezeiten auf den Schnellstraßenabschnitten des Magdeburger Ringes und Abschnitten der BAB A2 werden unter Nutzung des Internet in das Testfeld übertragen. Das Verfahren nutzt die vom Testfeld bereitgestellten Daten (Verkehrsstärke $q(x_i)$ und Geschwindigkeit $v(x_i)$ an den Messquerschnitten x_i) der Unterzentrale Börde sowie der Strategiedetektoren des Magdeburger Ringes und errechnet daraus in Intervallen von 5 Minuten die Reisezeitprognose für einen Prognosehorizont von 25 min. Mittels eines XML-Webservices werden die Daten empfangen und in der Datenbank des Testfeldes abgespeichert. Die Datenübertragung wird mit einer Taktung von 5 Minuten fortlaufend vorgenommen. Die mit ASDA-FOTO verbundene Client-Anwendung beim Partner DaimlerChrysler steuert den Datentransfer in die Testfeldwissensbasis und nimmt die Verbindung mit dem Datenbankserver auf. Das Datentelegramm wird gesendet und in der Testfelddatenbank durch eine im Server hinterlegte Prozedur empfangen und gespeichert.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Reisezeitprognoseganglinien, Reisezeit in Sekunden für den betreffenden Streckenabschnitt (Navteq-Link), 5 Werte für Prognosehorizont von 25 min, rollierender Importzyklus: 5 min, Größe des komprimierten Datentelegramms: ca. 10-20 kB, Dauer der Datenübertragung ca. 3 s
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> n/a
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> XML-Webservice für Datenimport über Router und Firewall
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Internetverbindung; Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Vollständigkeit der Inputdaten, Geographische Verteilung der Inputdaten über das Straßennetz, Aktualität und Plausibilität der Reisezeitprognosedaten
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität ist während des Importvorganges gewährleistet.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die Verfügbarkeit von Inputdaten ist über den innerörtlichen Bereich des Magdeburger Ringes und den außerörtlichen Bereich der BAB A2 gewährleistet. Die Plausibilität der Prognosewerte wird anhand des Vergleichs mit historischen Verkehrsdaten für alle Streckenabschnitte überprüft. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt I1 der folgenden Anlage dargestellt.

Applikation Datenexport Testfeld - Magdeburg – Prognoseganglinien
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Übertragung der Prognoseganglinien für Reisezeiten aus dem Testfeld Magdeburg zur Verwendung im Routingverfahren des Partners PTV
<i>Funktionsweise:</i> Die in der Testfeld-Wissensbasis durch die eingesetzten Verfahren ermittelten Prognoseganglinien für Reisezeiten im Stadtgebietes von Magdeburg stehen für den Zugriff durch den Testfeldpartner PTV zur Verfügung. Der Zugriff erfolgt durch die Absendung einer Anforderung durch den externen Partner unter Nutzung des bereitgestellten XML-Webservice. Die Anforderung enthält eine Identifikationsbezeichnung der betreffenden Detektoren und die Angabe des Zeitintervalls, für den Daten angefordert werden sollen. Nach Abfrage der Testfelddatenbank und Bereitstellung der benötigten Daten werden diese wahlweise in komprimierter Form an die anfordernde Gegenstelle zurückgesendet.
<i>Inputdaten zur Testfelddatenbasis:</i> Anforderung durch Partner in Form eines XML-Webservice-Requests durch Angabe von Startzeit und Endzeitpunkt, Navteq-Kanten-ID, Art des Verfahrens
<i>Outputdaten aus Testfelddatenbasis:</i> Reisezeiten-Ganglinien für einen Prognosehorizont von 15 min, möglicher Abfragezyklus: 15 min, Größe des komprimierten Datentelegramms: entsprechend der Anzahl der gewählten Detektoren, Dauer der Datenübertragung ca. 1-2 s einschließlich Verbindungsaufbau
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> XML-Webservice für Datenexport über Router und Firewall
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Internetverbindung, Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Aktualität und Vollständigkeit der Exportdaten, Geographische Referenzierung der verkehrlichen Merkmale auf Basis der Navteq-Link-Identifikatoren mit Angabe der Wirkrichtung in Bezug auf die in der Kartengrundlage vorhandene Kantenrichtung.
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität ist bei Datenbankbetrieb und während des Exportvorganges gewährleistet. Die kontinuierliche Bereitstellung der Prognoseganglinien und die anhaltende Gewährleistung des Zugriffs auf die XML-Schnittstelle sind weitere Merkmale der Systemstabilität.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die in der Testfelddatenbank gespeicherten Ganglinien weisen eine hohe Vollständigkeit und Verfügbarkeit über den betrachteten Zeitraum auf. Damit ist die Voraussetzung für eine quantitativ und qualitativ hochwertige Weiterverarbeitung der bereitgestellten Ganglinien gegeben.

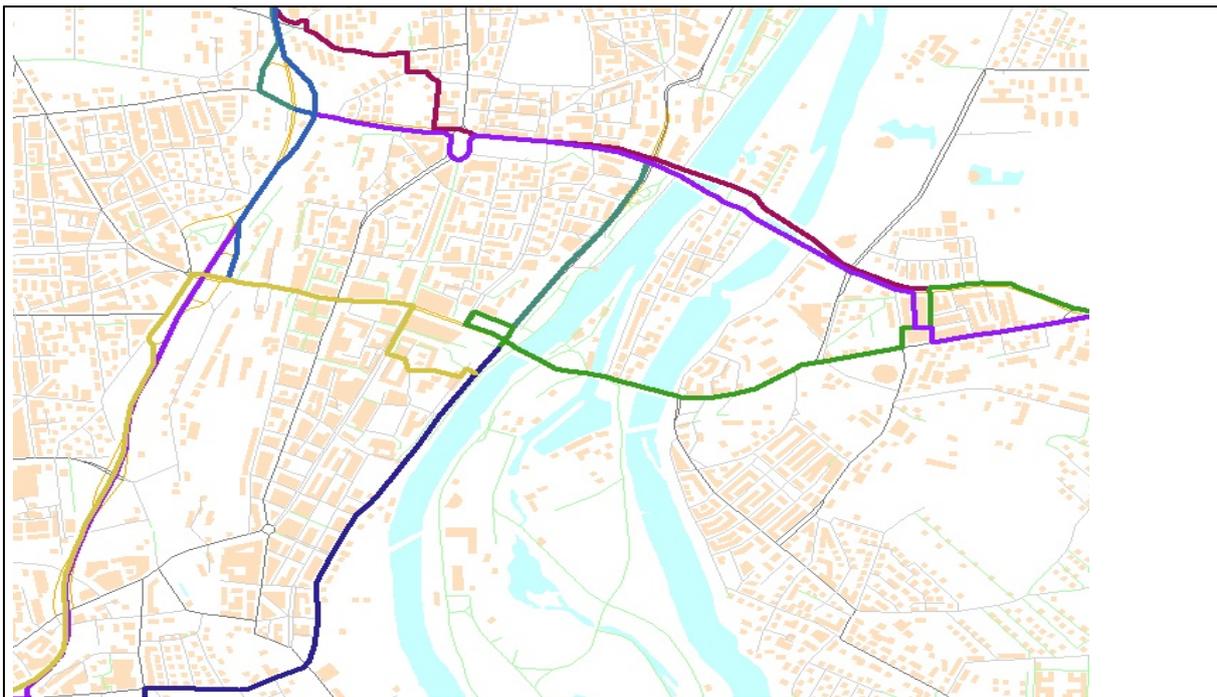
Applikation Datenexport Testfeld - Magdeburg – Strategielayer
<i>Partner:</i> ifak e. V. Magdeburg
<i>Funktion:</i> Datenexport des Strategielayers aus dem Testfeld Magdeburg zur Nutzung in Routingsoftware
<i>Funktionsweise:</i> Im Testfeld Magdeburg wird aus den vorhandenen Informationen zu den verkehrlich relevanten Baustellen, den straßenverkehrsbehördlich vorgegebenen Umleitungsstrecken sowie den in städtischen Verkehrslenkungsstrategien beabsichtigten örtlichen Einschränkungen bzw. gewünschten Erhöhung der Verkehrsnachfrage ein Strategielayer erstellt. Die in das Strategielayer aufzunehmenden Informationen werden in der Testfelddatenbank kontinuierlich aktualisiert. Dazu zählen zum Beispiel Straßensperrungen mit Richtungsangabe, Bewertung der Durchlassfähigkeit von Straßenabschnitten mit Bezug zu Navteq-Link-Schlüsseln zur Referenzierung auf das von allen Partnern für Routingzwecke genutzte digitale Kartenwerk. Zum Zeitpunkt der Abfrage des Strategielayers durch einen Testfeldpartner werden die in der Datenbank hinterlegten Informationen in XML-Notation codiert und Datei gesendet. Die XML-Datei wird unmittelbar nach dem Abruf vom externen Partner PTV in dem für die Routensuche genutzten System als Strategielayer eingebunden.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Manuell erfasste Sperrungen, Baustellen, bevorzugte Umleitungsrouten
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> Strategielayer in Form einer XML-Datei
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> XML-Webservice für Datenexport über Router und Firewall
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Internetverbindung; Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Aktualität und Vollständigkeit der Exportdaten, Geographische Referenzierung der verkehrlichen Merkmale auf Basis der Navteq-Link-Identifikatoren mit Angabe der Wirkrichtung in Bezug auf die in der Kartengrundlage vorhandene Kantenrichtung.
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Systemstabilität ist bei Datenbankbetrieb und während des Exportvorganges gewährleistet. Die kontinuierliche Bereitstellung der Strategielayer-Daten und die anhaltende Gewährleistung des Zugriffs auf die XML-Schnittstelle ist ein weiteres Merkmal der Systemstabilität.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Die XML-Datei wird bei Abfrage erstellt und bildet den Zustand der Strategielayer-Daten zum gewünschten Zeitpunkt ab. Dadurch wird die Aktualität der Baustelleninformation als Bestandteil des städtischen Strategiemanagements sichergestellt. Die quantitative Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse ist im Abschnitt ES der folgenden Anlage dargestellt.

A.2 Datenblätter Verkehrliche Bewertung

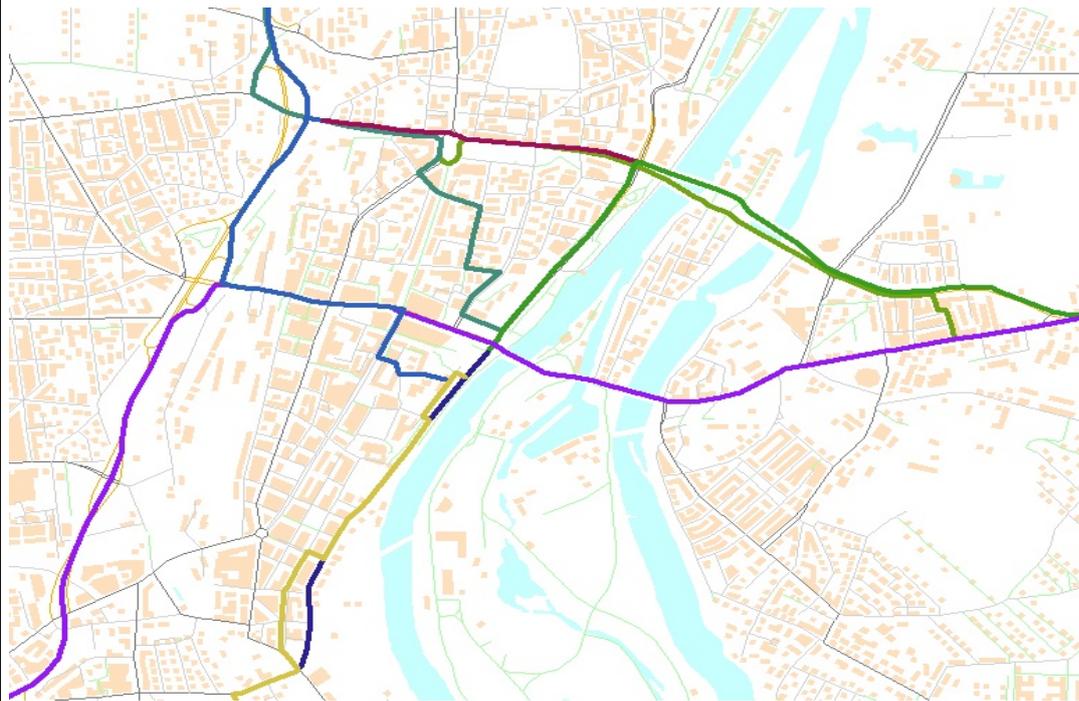
Applikation Testfeld Magdeburg Routing Service PTV – Webbasierte Front-End Anwendung
<i>Partner:</i> PTV AG
<i>Funktion:</i> Routenermittlung im Testfeld Magdeburg mittels webbasiertem Front-End unter Einbeziehung des Strategielayers und von Verkehrsdaten
<i>Funktionsweise:</i> Der von der PTV AG außerhalb des Testfeldes bereitgestellte Routingserver kann sowohl unter Nutzung eines webbasierten Frontends, der als HTML-Formular gestaltet ist, als auch direkt über XML-Forms aufgerufen werden. Dem Routingverfahren wird als Anfrage Start- und Zielpunkt in Form von XML-Elementen und Attributen übergeben. Start- und Zielpunkte werden als WGS84-Koordinaten übergeben. Es ist möglich, im Routingverfahren die Verwendung des vom Testfeld bereitgestellten Strategielayers als Option auszuwählen. Durch weitere Optionen ist es möglich, sowohl akzeptanzsteigernde Maßnahmen, wie Umleitungen, Sperrungen und die Verwendung von Verkehrsdaten beim Routing zu initiieren. Die Rückgabe des Ergebnisses erfolgt alternativ als Wegpunkte in Form von WGS-Koordinaten, als Streckensegmente zwischen den Wegpunkten in Form von Navtech-Link-IDs oder als Kartengrafik mit Anzeige der Routen in Form einer farbig markierten Wegstrecke.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis/Testfeldrouter:</i> Start- und Zielkoordinaten (WGS84), Routingoptionen: Zeit, Dynamikauswahl, Strategielayer, Art der ErgebnISRückgabe; Antwortzeit bis zur Rückgabe der Ergebnisse: ca. 45 s
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis/Testfeldrouter:</i> Wegpunkte, Streckensegmente mit Attributen: Entfernung, Statische Reisezeit, Dynamische Reisezeit, Straßenklasse, Straßename, Fahrtrichtung, NavteqLink-ID, Webadresse für Grafik mit Routendarstellung
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> Webbrowser, XML-Dokumentation
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Routing-Server beim Testfeldpartner PTV
<i>Güteindikator(en):</i> Erreichbarkeit und Antwortzeit des Routingserver
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erreichbarkeit des Routingserver wird als gut bewertet. Die Antwortzeiten für die Beantwortung von Routinganfragen mit ca. 45s für die Suche einer Kurzroute sind im Hinblick auf die Routensuche ausschließlich innerhalb des Testfeldes als hoch einzuschätzen.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Der Einbindung des Strategielayers erfolgt durch die Auswahl der entsprechenden Routingoption im XML-Request und führen im Falle einer Baustelle (Bsp. Uniplatz, siehe Bild) zur Anzeige der Umleitung einschließlich markanter Wegepunkte auf der Umleitungsstrecke. Unterschiede zwischen dynamischer und statischer Reisezeit konnten bisher nicht festgestellt werden.



Applikation Testfeld Magdeburg NEUROMONET - Siemens
<i>Partner:</i> Siemens
<i>Funktion:</i> Routenberechnung im Testfeld Magdeburg mittels Testfeldrouter unter Nutzung der von Neuromonet bereitgestellten Verkehrsdaten
<i>Funktionsweise:</i> Das von der SIEMENS AG außerhalb des Testfeldes bereitgestellte Verfahren Neuromonet liefert für einen definierten Bereich des Straßennetzes Reisezeitprognoseganglinien, die in der Testfeld-Datenbasis gespeichert werden. Mit Hilfe des beschriebenen Testfeldrouters können zu einem gegebenen Zeitpunkt Routenverläufe unter Berücksichtigung der gelieferten Prognoseganglinien ermittelt werden. Das Ergebnis der Routenberechnung wird in Form eines textbasierten Tabellenformats gespeichert, das die ermittelten Streckenabschnitte des Straßennetzes mit Bezug auf den jeweiligen Start- und Zielpunkt enthält. Dieses Tabellenformat wird in ArView GIS importiert und anhand der Streckensegmente zum Vergleich der ermittelten Routenverläufe dargestellt.
<i>Inputdaten zur Testfeldwissensbasis:</i> Reisezeitprognoseganglinien für Streckenabschnitte des Straßennetzes im Testfeld Magdeburg; Zeitpunkt für Routenermittlung; Auswahl der gewünschten Start-/Ziel-Relationen; Berücksichtigung der Baustellen
<i>Outputdaten aus Testfeldwissensbasis:</i> Streckensegmente mit Attributen: Dynamische Reisezeit, NavTech-Link-ID; Start-/Ziel-Relation
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> Testfeldroutingsoftware, ArcView GIS
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Veränderung der ermittelten Routenverläufe auf der Grundlage der berechneten Reisezeitganglinien des Verfahrens Neuromonet unter Berücksichtigung von aktuellen Verkehrsdaten der Testfeld-Wissensbasis
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Erreichbarkeit der Testfeld-Wissensbasis von der Testfeldroutingsoftware aus wird als sehr gut bewertet. Die Antwortzeiten für die Beantwortung von Datenbankabfragen mit ca. 1-3s für die Ermittlung der Reisezeitganglinien sind als gut einzuschätzen. Die Aufbereitung der vom Testfeldrouter bereitgestellten Routenverläufe für die Darstellung im GIS ist durch programmierte Abläufe automatisiert.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Anhand der durchgeführten Untersuchungen wurde die flexible Anpassung des Verfahrens Neuromonet an veränderte Verlehrsbedingungen nachgewiesen, die zur Ermittlung verschiedenener Routenverläufe zu unterschiedlichen Tageszeiten und Tagen führt (siehe folgende abgebildete Beispiele, ohne Berücksichtigung aktueller Baustellen). Dabei werden Abschnitte des Vorzugsnetzes, wie des Innenstadtringes, das Schleinufer, Brückenzüge, Magdeburger Ring erwartungsgemäß entsprechend der Verkehrslage bevorzugt oder umgangen (gleiche Farben entsprechen gleichen Start-/Ziel-Relationen).



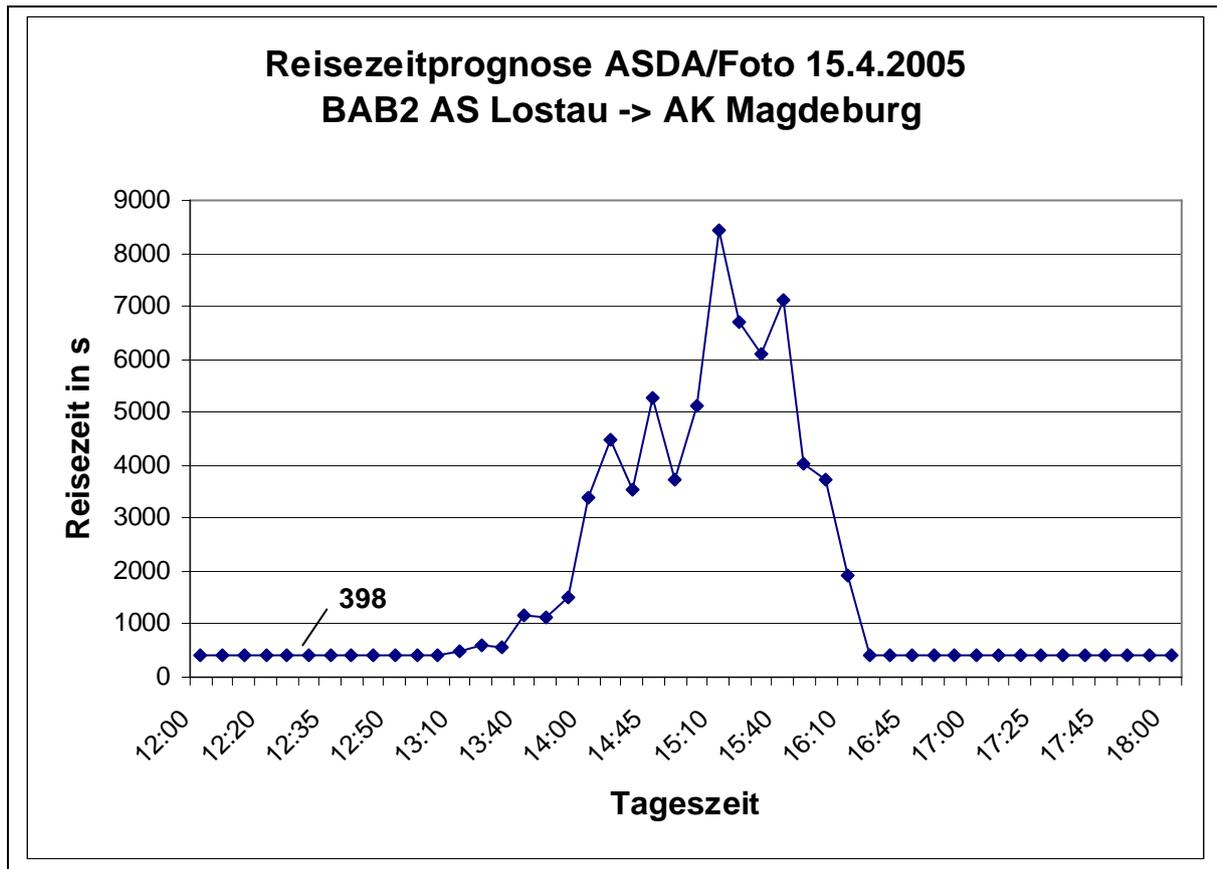
Neuromonet 2005/02/02 09:45 Uhr



Neuromonet 2005/02/28 14:25 Uhr

Beispielweise erfolgt die Routenermittlung für die Relation von West nach Ost (lila) am 02.02.2005 um 9:45 Uhr über den Nordbrückenzug, während für die gleiche Relation am 28.02.2005 um 14:25 Uhr aufgrund der prognostizierten Reisezeiten eine Route über den Südbrückenzug ermittelt wird. Für die entgegengesetzte Relation (von West nach Ost - dunkelgrün) wird am 02.02.2005 aufgrund des erhöhten Verkehrsaufkommen auf dem Nordbrückenzug in Richtung Stadt eine Route über den Südbrückenzug errechnet. Die ermittelten Routenverläufe sind anhand der Reisezeiten entlang jeweils alternativer Streckenverläufe überprüft und als korrekt bewertet worden.

Applikation Testfeld Magdeburg ASDA/FOTO - DaimlerChrysler
<i>Partner:</i> DaimlerChrysler
<i>Funktion:</i> Reisezeitbestimmung auf dem Magdeburger Ring und der BAB A2 mittels ASDA/Foto unter Nutzung von Daten der Streckenbeeinflussungsanlage und Strategiedetektoren
<i>Funktionsweise:</i> Mit Hilfe des von DaimlerChrysler AG außerhalb des Testfeldes bereitgestellten Verfahrens ASDA/Foto werden Reisezeitganglinien ermittelt und in die Testfeld-Wissensbasis übertragen. Anhand der berechneten Reisezeitwerte für jeden Streckenabschnitt entlang der BAB A2 und des Magdeburger Ringes im Bereich des Stadtgebietes können Reisezeitprognosen für diese Abschnitte erstellt werden. Die Ermittlung der richtungsbezogenen Reisezeiten erfolgt durch programmierte Abfragen der Testfeld-Datenbank.
<i>Inputdaten zum Verfahren:</i> Strategiedetektordaten des Magdeburger Ring und der BAB A2; Verkehrsstärke (QKfz), Geschwindigkeit: (VKfz) Aggregationsintervall: 15 min
<i>Outputdaten vom Verfahren:</i> Reisezeitprognoseganglinien für Streckenabschnitte des Magdeburger Ring und der BAB A2; Reisezeit in Sekunden für den betreffenden Streckenabschnitt (Navteq-Link), 5 Werte für Prognosehorizont von 25 min
<i>Software: Technische Voraussetzung:</i> Verfahren ASDA Foto
<i>Hardware: Technische Voraussetzung:</i> Datenbankserver in der Testfeld-Wissensbasis
<i>Güteindikator(en):</i> Veränderung der Reisezeitprognose bei vorliegender Störung auf einem in die Prognose einbezogenen Streckenabschnitt unter Berücksichtigung der von Strategiedetektoren gelieferten Werte für Geschwindigkeit und Verkehrsstärke, Verfügbarkeit der Prognoseganglinien
<i>Gütebewertung Systemstabilität:</i> Die Verfügbarkeit des Verfahrens ASDA/Foto wird als sehr gut bewertet. Die Antwortzeiten für die Beantwortung von Datenbankabfragen mit ca. 1-3s für die Ermittlung der Reisezeitganglinien sind als gut einzuschätzen.
<i>Gütebewertung der Applikations-Ergebnisse:</i> Anhand von Daten der Streckenbeeinflussungsanlage auf der BAB A2 im Abschnitt zwischen der Anschlussstelle Magdeburg-Lostau und dem Autobahnkreuz Magdeburg A2/A14 wurde die Bewertung der Reisezeitprognose auf diesem Abschnitt vorgenommen. In Fahrtrichtung zum AK Magdeburg führte eine Störung, verursacht durch einen Unfall, am 15.4.2005 zwischen 14:00 und 16:00 Uhr zu einer erheblichen Verzögerung der Reisezeit mit einer Dauer von bis zu zwei Stunden. Die Entfernung zwischen der AS Magdeburg-Lostau und dem AK Magdeburg beträgt ca. 13 km. Bei Annahme der Richtgeschwindigkeit von 125-130km/h beträgt die Reisezeit ca. 6,5 Minuten (400s). Die eingetretene Störung wird durch ASDA/Foto gegen 13:40 unverzüglich detektiert, in deren Verlauf die vom Verfahren geschätzte Reisezeitverzögerung einen Spitzenwert von bis zu 126 Minuten einnimmt. Nach Beseitigung der Störung gegen 16:00 wird die Auflösung des Staus mit der Abnahme der Reisezeitprognose zuverlässig erkannt und durch den Vergleich mit den Daten der Streckenbeeinflussungsanlage als zutreffend bewertet.



A.3 Formatdefinitionen für Datenimport und -export

Rohdaten (Messdaten)

Wird durch den oben beschriebenen Parameter-Filter über den Webservice eine Abfrage von Rohdaten initiiert, werden die Rohdaten im folgenden Format zurückgeliefert:

```
<Response>
  <DataKind>RTD</DataKind>
  <Timestamp>
    <StartDateTime>dd.mm.yyyy hh:mm:ss </StartDateTime>
    <Data>
      <Origin>Datenquelle</Origin>
      <Device>DeviceID</Device>
      <Interval>Aggregationsstufe</Interval>
      <QKfz>Wert</QKfz>
      <QPkw> Wert </QPkw>
      <QLkw> Wert </QLkw>
      <VKfz> Wert </VKfz>
      <VPkw> Wert </VPkw>
      <VLkw> Wert </VLkw>
      <SKfz> Wert </SKfz>
      <Occupancy> Wert </Occupancy>
    </Data>
    <Data>
      ...
    </Data>
  </Timestamp>
  <Timestamp>
    ...
  </Timestamp>
</Response>
```

Standardganglinien

Wird durch den oben beschriebenen Parameter-Filter über den Webservice eine Abfrage von Standardganglinien initiiert, werden die Ganglinien im folgenden Format zurückgeliefert:

```
<Response>
  <DataKind>SGL</DataKind>
  <Object>
    <ObjectID>DeviceID /KanteID</ObjectID>
    <Origin>Datenquelle/Verfahren</Origin>
    <DayCount>Anzahl der berechnete Tage</DayCount>
    <Rate_QLkw>Lkw-Anteil in % </Rate_QLkw>
  <Data>
```

```
        <TimeSegment>Wert in [0..95]</TimeSegment>
        <EG>Wert(exponentielles Glätten)</EG>
        <GM>Wert(glättende Mittelwerte)</GM>
    </Data>
    <Data>
        ...
    </Data>
</Object >
<Object >
    ...
</Object>
</Response>
```

Prognoseganglinien

Wird durch den oben beschriebenen Parameter-Filter über den Webservice der Import oder Export von Prognoseganglinien initiiert, werden die Ganglinien im folgenden Format entgegengenommen bzw. zurückgeliefert:

```
<Response>
  <DataKind>FGL</DataKind>
  <Object>
    <ObjectID>Kante</ObjectID>
    <Origin>Verfahren</Origin>
    <DataType>Datentyp</DataType>
    <StartDateTime>dd.mm.yyyy hh:mm:ss</StartDateTime>
    <Interval>Gültigkeit ab StartDateTIme in Minuten</Interval>
    <ValuesInterval>Raster in Minuten</ValuesInterval>
    <Data>
      <TimeSegment>Wert in [0..n]</TimeSegment>
      <Value>Schätzwert</Value>
    </Data>
    <Data>
      ...
    </Data>
  </Object >
  <Object>
    ...
  </Object>
</Response>
```

Verkehrslage

Wird durch den oben beschriebenen Parameter-Filter über den Webservice der Import oder Export von Verkehrslageinformationen initiiert, wird die Verkehrslage im folgenden Format entgegengenommen bzw. zurückgeliefert:

```

<Response>
  <DataKind>TS</DataKind>
  <Timestamp>
    <StartDateTime> dd.mm.yyyy hh:mm:ss </StartDateTime>
    <Data>
      <Origin>Verfahren</Origin>
      <ObjectId>LinkID</ObjectID>
      <Interval>Aggregationsstufe</Interval>
    <QueueLength>Staulänge</ QueueLength >
      <Density>Verkehrsdichte</ Density >
      <Flow>Verkehrsstärke</Flow>
      <TravelTime>Reisezeit</ TravelTime >
    <Speed>Durchschn.Geschwindigkeit</Speed>
    </Data>
    <Data>
      ....
    </Data>
  </Timestamp>
<Timestamp>
  ...
</Timestamp>
</Response>

```

Umweltdaten

Wird durch den oben beschriebenen Parameter-Filter über den Webservice der Import von Umweltdaten initiiert, werden die Umweltdaten im folgenden Format entgegengenommen:

```

<EnvironmentRawDatas ErrorCode="0" ErrorDescription="String">
  <EnvironmentRawData Timestamp="Datum" Interval="Zeit"
Wgs84X="Wert" Wgs84Y=" Wert " EnvironmentIndex="Zahl" Temperatu-
re="Zahl" Humidity="Zahl" RainIndex="Zahl"/>
  ...
</EnvironmentRawDatas>

```

Strategielayer

Wird durch den oben beschriebenen Parameter-Filter über den Webservice der Export des dynamischen Strategielayers initiiert, wird der Strategielayer im folgenden Format zurückgeliefert:

```

<Strategylayer ID="Zahl" Name="Text" Version="Zahl" CreateDateTi-
me="Datum" ChangeDateTime="Datum" Author="Text" MapVersion="Text">
  <Strategy ID="Zahl" Name="Text" FreeText="Text" EventCode="Zahl"
Wgs84X="Zahl" Wgs84Y="Zahl">

```

```
<Section ID="Zahl" Name="Text">
  <Link ID="Zahl" DirTravel=" Bool " Value="Zahl" Trig-
    ger="Bool" StreetName="Name"/>
  <Link ID="Zahl" DirTravel="Bool" Value="Zahl" Trig-
    ger="Bool" StreetName="Name"/>
</Section>
<Section ID=...>
...
</Section>
</Strategy>
<Strategy ID=...>
...
</Strategy>
</Strategylayer>
```

A.4 Tabellen

	Aufgabe / Maßnahme																
	Baustellen			Veranstaltungen			Verkehrsinfos			Erfassung							
	verkehrliche Baustellenabwicklung (Verursachen der Angebotsreduktion)	Umleitungsplanung bei temporären Sperrungen ^{A)} (Erarbeitung von Alternativangeboten)	Baustellen-Veröffentlichung (Erarbeitung der Meldungsinhalte)	verkehrliche Abwicklung von Großveranstaltungen	Wegweisung zu Großveranstaltungen bzw. zu Parkplätzen	Veröffentlichung zur Verkehrsregelung von Großveranstaltungen	Störungsmanagement	Unfallmeldungen	Info-Parkbelegungen	ÖV-Meldungen	LSA-Planung	LSA-Betrieb	BAE-Steuerung	ÖPNV-Management	Erfassung Verkehrsdaten manuell ^{B)}	Erfassung Verkehrsdaten automatisch ^{B)}	Erfassung ÖPNV (Fahrzeugverfolgung)
Tiefbauamt Lichtsignalanlagen (LSA)	x	x		x ⁵			x		x ⁷		x	x					x
Tiefbauamt Straßenverkehrsbehörde	x ¹	x	x ⁴	x ⁵	x	x ¹³											
Stadtplanungsamt		(x)									(x) ⁸				x ³	x ¹²	
Polizeidirektion Magdeburg (PD MD)	(x) ¹	(x)		x ⁶	x ⁶		x ⁶	x									
Lage- und Führungszentrum der PD							x	x									
Magdeburger Verkehrsbetriebe	(x) ¹	(x)		x	x ⁹		x	x		x	(x) ¹¹		x				x
Autobahnamt, Unterzentrale Börde (UZ)		(x)					x						x				x
Staatl. Amt für Umweltschutz (STAU)		(x) ¹⁰					x ¹⁰										
Straßenbauamt Magdeburg	(x) ²	(x)															

x Verantwortliche Stelle (x) Involvierte Stelle

- 1 Sitz in der Sperrkommission mit Vetorecht
 - 2 nur bei Auswirkungen auf Bundesstraßen
 - 3 erforderlich, da LSA-Detektoren keine Fahrzeugklassen liefern
 - 4 Baubetrieb muss 1 bis 2 Tage vor Baubeginn die Verkehrsregelung zur Baumaßnahme veröffentlichen und die Anwohner informieren, darüber hinaus Eingabearbeitsplatz für WEB-, WAP-, DAB- und Pressemeldungen zu Baustelleninfos bei TBA
 - 5 Veranstalter wird zur Beschilderung verpflichtet, Beschilderung durch TBA LSA nur in seltenen Ausnahmefällen, Verkehrsorganisation durch Straßenverkehrsbehörde
 - 6 manuelle Verkehrsregelung
 - 7 vom Betreiber der Parkierungseinrichtung geliefert
 - 8 SPA liefert Aufgabenstellung, Berücksichtigung benachbarter Knoten, bauliche Knotenpunktgestaltung
 - 9 ggf. geänderte ÖV-Routenführung
 - 10 Hochwasserschutz, Entscheidung über Ziehen des Pretziner Wehrs und Flutung des Magdeburger Umflutkanals
 - 11 Mitwirkung bei der Planung, Berücksichtigung der Belange des ÖV-Betriebs
 - 12 temporäre Erfassung durch Messplatten
 - 13 Ausrichter von Großveranstaltungen weisen in eigener Pressemitteilung ebenfalls auf Verkehrsregelung bei An- und Abfahrt mit IV und ÖPNV hin
- ^{A)} Verantwortliche Stelle; die eigentliche Planung und ggf. zusätzliche Untersuchungen einschließlich LSA-Errichtungen werden vom projektierenden Bauträger an Verkehrsingenieurbüros und Signalanlagenbauer vergeben
- ^{B)} Hintergrund: Daten für die Strategieplanung und automatische Auslösung von Maßnahmen

Tabelle 15: Beteiligung öffentlicher Stellen an strategierelevanten Maßnahmen

Pin	Bedeutung	Art
1,2	Spannungsversorgung	I
3-6	PortB.4 – PortB.7	I/O
7,8	RS485 A,B	I/O
9,10	GND	I
11-14	PortD.2 – PortD.5	I/O
15,16	I2C SCL, SDA	I/O
17	JTAG TCK	Debug
18	JTAG TMS	Debug
19	PortD.7	I/O
20	/Res	I
21,22	3,3V oder 5V Spannungsausgang	O
23	JTAG TDO	Debug
24	JTAG TDI	Debug
25-28	ADC.7 – ADC.4	I
29	AVCC	O
30	AREF	I
31,32	GND	I
33-36	ADC.3 – ADC.0	I
37-40	PortB.0 – PortB.3	I/O

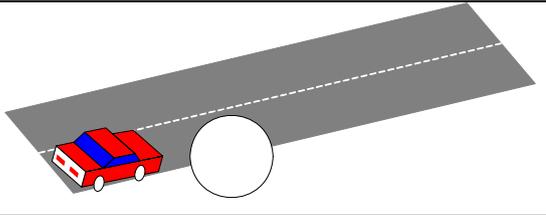
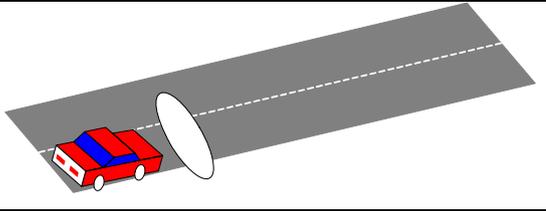
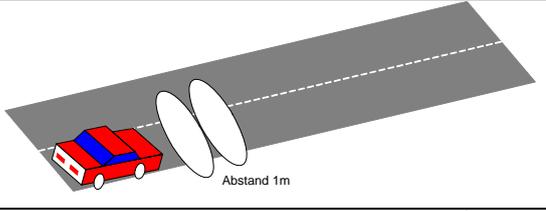
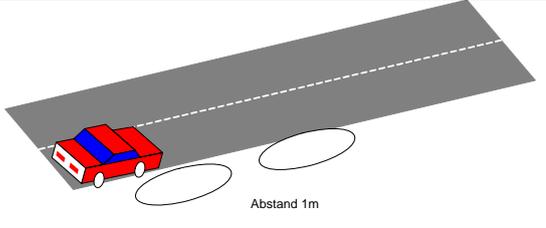
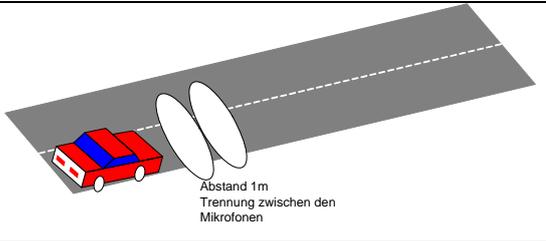
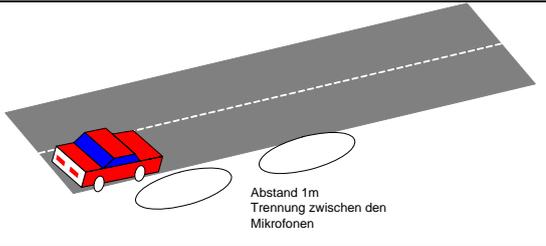
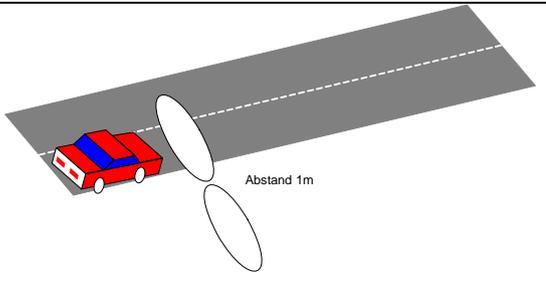
Tabelle 16: Pinbelegung für den Prozessorkern des Universalinterfaces

Byte Nr.	Wertebe- reich	Bedeutung
1	E5h	Kurzquittung

Byte Nr.	Wertebe- reich	Bedeutung
1	10h	Startzeichen
2	00..FFh	Steuerbyte (siehe unten)
3	00..FFh	Adressbyte
4	00..FFh	Prüfsumme (Steuerbyte+Adressbyte modulo 256)
5	16h	Endezeichen

Byte Nr.	Wertebe- reich	Bedeutung
1	68h	Startzeichen
2	02..26h	Längenbyte
3	02..26h	Längenbyte
4	68h	Startzeichen
5	00..FFh	Steuerbyte (siehe unten)
6	00..FFh	Adressbyte
7..n	00..FFh	Datenfeld (siehe unten, n maximal 30)
n+1	00..FFh	Prüfsumme (Steuerbyte+Adressbyte+Datenfeld mod 256)
n+2	16h	Endezeichen

Tabelle 17: Kurz- und Langtelegramme und Kurzquittungen des Sensor-Protokolls

Nr.	Messanordnung	Beschreibung
1.		<ul style="list-style-type: none"> • 1 Mikrofon mit Kugelcharakteristik • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn
2.		<ul style="list-style-type: none"> • 1 Mikrofon mit Richtcharakteristik • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn
3.		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 1m
4.		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung längst zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 1m
5.		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 1m • Trennwand zwischen Mikrofonen
6.		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung längst zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 1m • Trennwand zwischen Mikrofonen
7.		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 1m

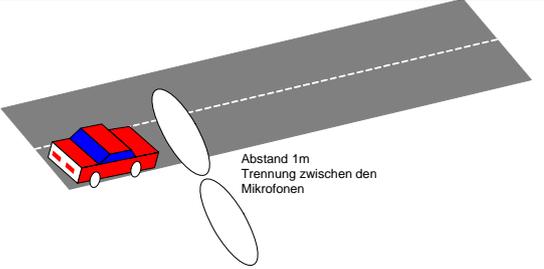
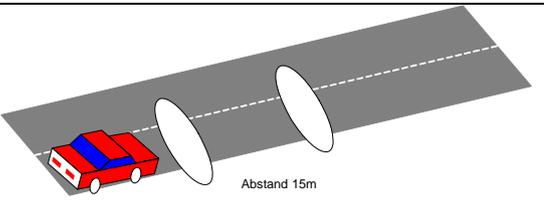
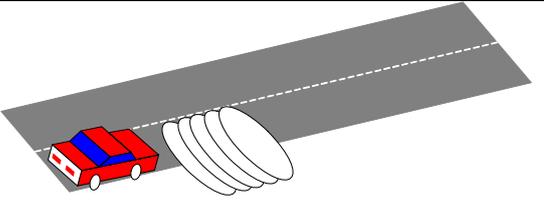
<p>8.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 15m • Trennung zwischen Mikrofonen
<p>9.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Stereoanordnung mit zwei Richtmikrofonen • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn • Abstand der Mikrofone 15m
<p>10.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Mikrofon-Array • Anordnung rechtwinklig zur Fahrbahn

Tabelle 18: Messanordnungen für die Schallmessung im Straßenraum

A.5 Zusätzliche Abbildungen

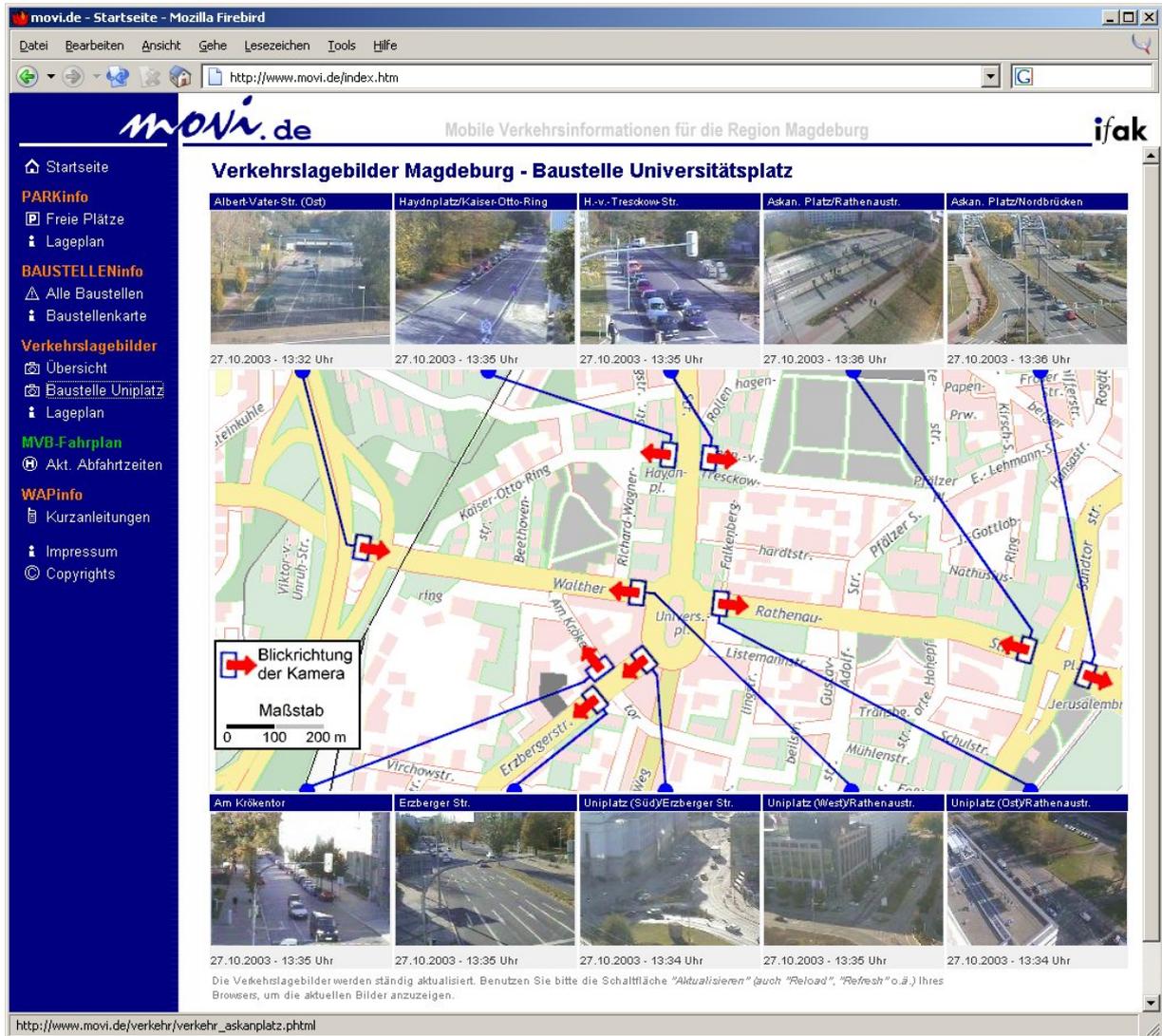


Abbildung 47: Verkehrslagebilder von den Umleitungsstrecken am Universitätsplatz Magdeburg



Abbildung 48: Aktuelle Verkehrslagebilder im Internetportal movi.de des ifak

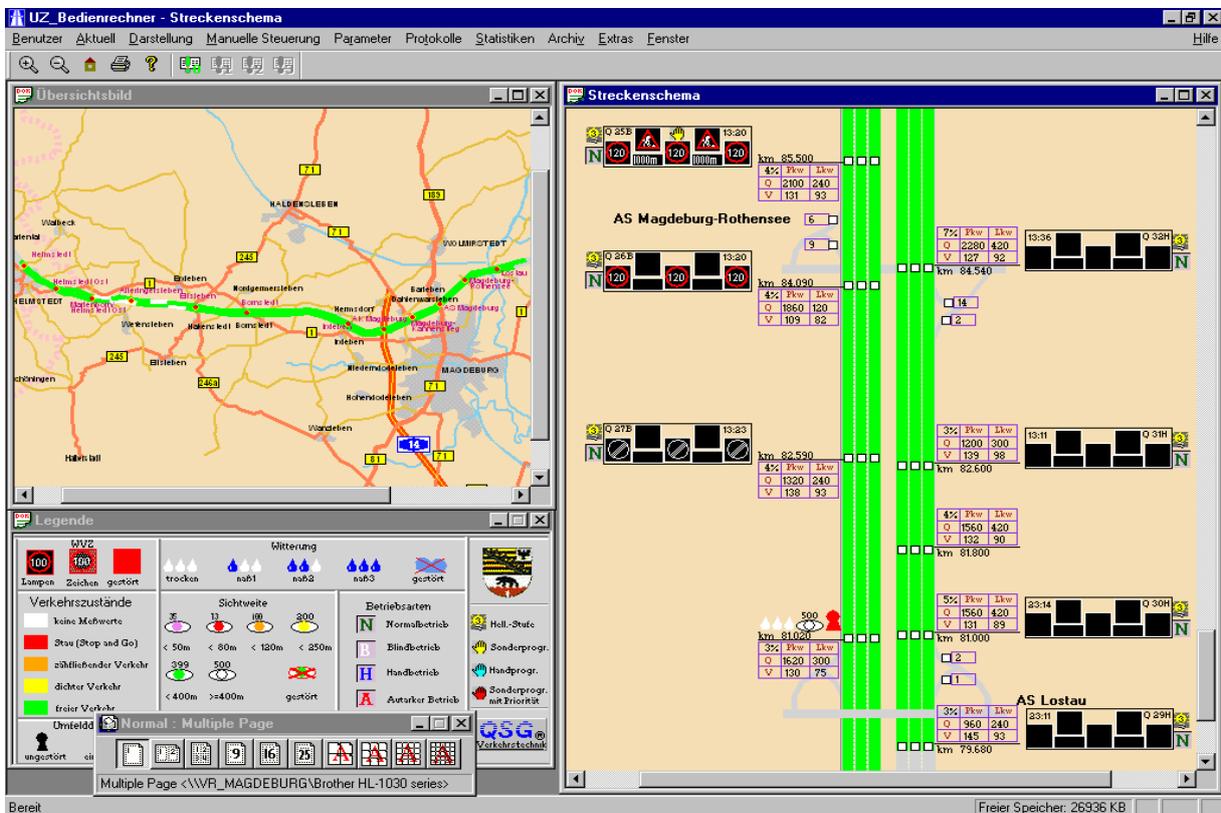


Abbildung 49: Bedienstation der SBA der BAB 2 in der Unterzentrale Börde